

Publiceerbare aanvraag/melding omgevingsvergunning

Behoort bij besluit van
burgemeester en wethouders
van de gemeente Katwijk

d.d. 10-02-2022

no. 2721128

Mij bekend, hoofd cluster
vergunningen, toezicht &
handhaving

Formuliersversie
2020.01

Aanvraaggegevens

Algemeen

Aanvraagnummer	6386361
Aanvraagnaam	Nieuwbouw kwekerij
Uw referentiecode	21.5366
Ingediend op	21-09-2021
Soort procedure	Reguliere procedure
Projectomschrijving	Nieuwbouw kwekerij a/d Kwakelwei te Katwijk a/d Rijn
Opmerking	-
Gefaseerd	Nee
Blokkerende onderdelen weglaten	Nee
Kosten openbaar maken	Nee
Bijlagen die later komen	Nader te bepalen
Bijlagen n.v.t. of al bekend	Nader te bepalen

Bevoegd gezag

Naam:	Gemeente Katwijk
Bezoekadres:	Koningin Julianalaan 3 2224 EW KATWIJK ZH
Postadres:	Postbus 589 2220 AN KATWIJK ZH
Telefoonnummer:	0714065000
Faxnummer:	0714065065
E-mailadres:	info@katwijk.nl
Website:	www.katwijk.nl
Contactpersoon:	Team vergunningen
Bereikbaar op:	Ma. t/m Vr. 09.00 - 17.00 uur

Overzicht bijgevoegde modulebladen

Aanvraaggegevens

Locatie van de werkzaamheden

Werkzaamheden en onderdelen

Overig bouwwerk bouwen

- Bouwen

Overig bouwwerk bouwen 2

- Bouwen

Bijlagen



Locatie

1 Kadastraal perceelnummer

Burgerlijke gemeente	Katwijk
Kadastrale gemeente	Katwijk
Kadastrale sectie	D
Kadastraal perceelnummer	344
Bouwplannaam	Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Bouwnummer	-
Gelden de werkzaamheden in deze aanvraag/melding voor meerdere adressen of percelen?	☐ Ja ☒ Nee



Bouwen

Overig bouwwerk bouwen

1 De bouwwerkzaamheden

Wat is er op het bouwwerk van toepassing?

- ☐ Het wordt geheel vervangen
☐ Het wordt gedeeltelijk vervangen
☒ Het wordt nieuw geplaatst

Eventuele toelichting

Het geheel plaatsen van kassen

Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?

- ☐ Ja
☒ Nee

2 Plaats van het bouwwerk

Waar gaat u bouwen?

Terrein

3 Bruto vloeroppervlakte bouwwerk

Verandert de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?

- ☒ Ja
☐ Nee

Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

585

Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

5416

4 Bruto inhoud bouwwerk

Verandert de bruto inhoud van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?

- ☒ Ja
☐ Nee

Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

3070

Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

25437

5 Oppervlakte bebouwd terrein

Verandert de bebouwde oppervlakte van het terrein na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

- ☒ Ja
☐ Nee

Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden? 585

Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden? 5673

6 Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

Gaat het om een seizoengebonden bouwwerk? ☐ Ja ☒ Nee

Gaat het om een tijdelijk bouwwerk? ☐ Ja ☒ Nee

7 Gebruik

Waar gebruikt u het bouwwerk en/of terrein momenteel voor? ☐ Wonen ☒ Overige gebruiksfuncties

Geef aan waar u het bouwwerk en/of terrein momenteel voor gebruikt. Agrarisch

Waar gaat u het bouwwerk voor gebruiken? ☐ Wonen ☒ Overige gebruiksfuncties

Geef aan waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken. Agrarisch

8 Gebruiksfuncties

In onderstaande tabel staan in de eerste kolom mogelijke gebruiksfuncties die in een bouwwerk kunnen voorkomen. Vul voor alle gebruiksfuncties die voor u van toepassing zijn het aantal personen, de totale gebruiksoppervlakte en de totale vloeroppervlakte van het verblijfsgebied in m2 in hele getallen in.

Gebruiksfunctie	Aantal personen	Gebruiksoppervlakte (m2)	Verblijfsoppervlakte (m2)
Bijeenkomst	-	-	-
Cel	-	-	-
Gezondheidszorg	-	-	-
Industrie	10	5416	5416
Kantoor	-	-	-
Logies	-	-	-
Onderwijs	-	-	-
Sport	-	-	-
Winkel	-	-	-
Overige gebruiksfuncties	-	-	-

9 Uiterlijk bouwwerk/welstand

Beschrijf van de onderstaande onderdelen de materialen en kleuren die u voor het bouwwerk gebruikt. U mag het veld leeg laten als u materialen en kleuren in de bijlagen vermeldt

Onderdelen	Materiaal	Kleur
Gevels	-	-
- Plint gebouw	-	-
- Gevelbekleding	-	-
- Borstweringen	-	-
- Voegwerk	-	-
Kozijnen	-	-
- Ramen	-	-
- Deuren	-	-
- Luiken	-	-
Dakgoten en boeidelen	-	-
Dakbedekking	-	-

Vul hier overige onderdelen en
bijbehorende materialen en kleuren
in.

zie tekening B.X.01/B.202/B.1.02

10 Mondeling toelichten

Ik wil mijn bouwplan
mondeling toelichten voor
de welstandscommissie/
stadsbouwmeester.

- ☐ Ja
☒ Nee



Bouwen

Overig bouwwerk bouwen 2

1 De bouwwerkzaamheden

Wat is er op het bouwwerk van toepassing?

- ☐ Het wordt geheel vervangen
☐ Het wordt gedeeltelijk vervangen
☒ Het wordt nieuw geplaatst

Eventuele toelichting

Het geheel plaatsen van 4 bedrijfsruimten

Hebt u voor deze bouwwerkzaamheden al eerder een vergunning aangevraagd?

- ☐ Ja
☒ Nee

2 Plaats van het bouwwerk

Waar gaat u bouwen?

Terrein

3 Bruto vloeroppervlakte bouwwerk

Verandert de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?

- ☒ Ja
☐ Nee

Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

0

Wat is de bruto vloeroppervlakte van het bouwwerk in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

257

4 Bruto inhoud bouwwerk

Verandert de bruto inhoud van het bouwwerk door de bouwwerkzaamheden?

- ☒ Ja
☐ Nee

Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

0

Wat is de bruto inhoud van het bouwwerk in m3 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

1049

5 Oppervlakte bebouwd terrein

Verandert de bebouwde oppervlakte van het terrein na uitvoering van de bouwwerkzaamheden?

- ☒ Ja
☐ Nee

Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 voor uitvoering van de bouwwerkzaamheden? 585

Wat is de bebouwde oppervlakte van het terrein in m2 na uitvoering van de bouwwerkzaamheden? 842

6 Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

Gaat het om een seizoengebonden bouwwerk? ☐ Ja ☒ Nee

Gaat het om een tijdelijk bouwwerk? ☐ Ja ☒ Nee

7 Gebruik

Waar gebruikt u het bouwwerk en/of terrein momenteel voor? ☐ Wonen ☒ Overige gebruiksfuncties

Geef aan waar u het bouwwerk en/of terrein momenteel voor gebruikt. Agrarisch

Waar gaat u het bouwwerk voor gebruiken? ☐ Wonen ☒ Overige gebruiksfuncties

Geef aan waar u het bouwwerk voor gaat gebruiken. Agrarisch

8 Gebruiksfuncties

In onderstaande tabel staan in de eerste kolom mogelijke gebruiksfuncties die in een bouwwerk kunnen voorkomen. Vul voor alle gebruiksfuncties die voor u van toepassing zijn het aantal personen, de totale gebruiksoppervlakte en de totale vloeroppervlakte van het verblijfsgebied in m2 in hele getallen in.

Gebruiksfunctie	Aantal personen	Gebruiksoppervlakte (m2)	Verblijfsoppervlakte (m2)
Bijeenkomst	-	-	-
Cel	-	-	-
Gezondheidszorg	-	-	-
Industrie	4	257	257
Kantoor	-	-	-
Logies	-	-	-
Onderwijs	-	-	-
Sport	-	-	-
Winkel	-	-	-
Overige gebruiksfuncties	-	-	-

9 Uiterlijk bouwwerk/welstand

Beschrijf van de onderstaande onderdelen de materialen en kleuren die u voor het bouwwerk gebruikt. U mag het veld leeg laten als u materialen en kleuren in de bijlagen vermeldt

Onderdelen	Materiaal	Kleur
Gevels	-	-
- Plint gebouw	-	-
- Gevelbekleding	-	-
- Borstweringen	-	-
- Voegwerk	-	-
Kozijnen	-	-
- Ramen	-	-
- Deuren	-	-
- Luiken	-	-
Dakgoten en boeidelen	-	-
Dakbedekking	-	-

Vul hier overige onderdelen en zie tekening B.2.02/B.X.03
bijbehorende materialen en kleuren
in.

10 Mondeling toelichten

Ik wil mijn bouwplan
mondeling toelichten voor
de welstandscommissie/
stadsbouwmeester.

- ☐ Ja
☒ Nee

Bijlagen

Formele bijlagen

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
5366B001-210921_pdf	5366B001-21092-1.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling
5366B102-210921_pdf	5366B102-21092-1.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling
5366B202-210921_pdf	5366B202-21092-1.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling
5366B501-00-210921_pdf	5366B501-00-21-0921.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling
5366B501-01-210921_pdf	5366B501-01-21-0921.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling
5366B501-02-210921_pdf	5366B501-02-21-0921.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening	21-09-2021	In behandeling

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
		en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand		
5366B501-03-210921_.pdf	5366B501-03-21-0921.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling
5366B501-04-210921_.pdf	5366B501-04-21-0921.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling
5366B501-05-210921_.pdf	5366B501-05-21-0921.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling
5366B501-06-210921_.pdf	5366B501-06-21-0921.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling
5366B501-07-210921_.pdf	5366B501-07-21-0921.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling
5366B501-08-210921_.pdf	5366B501-08-21-0921.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling
5366BX01-210921_.pdf	5366BX01-21092-1.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken	21-09-2021	In behandeling

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
		Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand		
5366BX03-210921_.pdf	5366BX03-21092-1.pdf	Bestemmingsplan, beheersverordening en bouwverordening complexere bouwwerken Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen bouwen complexere bouwwerken Bruikbaarheid bouwwerk Welstand	21-09-2021	In behandeling

Omgevingsvergunning

Zaaknummer 2721128

1. Inleiding

Op 21 september 2021 hebben wij uw aanvraag om een omgevingsvergunning ontvangen voor het realiseren van een nieuwbouw kwekerij in de kwakelwei op het perceel Overrijn 34 te Katwijk bestaande uit het volgende onderdeel:

- Bouwen (art. 2.1 lid 1a) van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (hierna: de Wabo)

2. Procedureel

2.1 Bevoegd gezag

Gelet op de projectomschrijving en op artikel 2.4 van de Wabo zijn wij in dit geval het bevoegde gezag om op de aanvraag te beslissen.

2.2 Ontvankelijkheid

Wij hebben de aanvraag getoetst aan de indieningsvereisten van de Regeling omgevingsrecht (Mor). Daarbij bleek dat de verstrekke gegevens en bescheiden onvoldoende waren om de aanvraag in behandeling te nemen. De aanvrager is daarop bij brief van 28 september 2021 in de gelegenheid gesteld om aanvullende gegevens aan te leveren. Deze zijn op 17 november 2021 ontvangen. Hierdoor is de beslistermijn met 50 dagen opgeschort. De aanvraag en de latere aanvulling bevatten voldoende informatie voor een goede beoordeling van de gevolgen van de activiteit op de fysieke leefomgeving. De aanvraag is daarom ontvankelijk.

2.3 Voorbereidingsprocedure

Wij hebben dit besluit voorbereid overeenkomstig de reguliere voorbereidingsprocedure als bedoeld in paragraaf 3.2 van de Wabo.

Wij beslissen omtrent een aanvraag om omgevingsvergunning, waarbij de reguliere procedure van toepassing is, binnen acht weken na ontvangst van de aanvraag. Op grond van artikel 3.9, lid 2 van de Wabo kunnen wij de beslissing omtrent een aanvraag om een omgevingsvergunning eenmaal met ten hoogste zes weken verlengen. Van deze mogelijkheid is bij verlengingsbesluit van 24 december 2021 gebruik gemaakt. Hierdoor is de fatale termijn waarbinnen moet worden beslist opgeschoven naar 16 februari 2022.

3 Besluit

Gelet op artikel 2.1 van de Wabo besluiten wij de omgevingsvergunning te verlenen voor de volgende activiteit:

- Bouwen (art. 2.1 lid 1a van de Wabo)

Wij verlenen de omgevingsvergunning overeenkomstig de bij dit besluit behorende en als zodanig gewaarmerkte stukken:

1. Aanvraagformulier omgevingsvergunning;
2. Constructieve stukken korte versie;
3. Constructieve stukken uitgebreide versie;
4. Constructieve stukken 1;
5. Details;



6. Gevels en doorsneden;
7. Plattegrond + parkeren;
8. Aanvullende plattegrondtekening verkeer;
9. Situatietekening; en
10. Verkennend bodemonderzoek.

In de bij dit besluit behorende en als zodanig gewaarmerkte bijlage I zijn de op de activiteit betrekking hebbende overwegingen opgenomen. Deze bijlage maakt deel uit van de omgevingsvergunning.

Overwegingen en voorschriften

In de bij dit besluit behorende en als zodanig gewaarmerkte bijlage I zijn de op de activiteit betrekking hebbende overwegingen opgenomen. In de bij dit besluit behorende en als zodanig gewaarmerkte bijlage II zijn de aan de omgevingsvergunning verbonden voorschriften opgenomen. Deze bijlagen maken deel uit van de omgevingsvergunning.

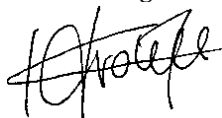
Eigen risico

Voor de goede orde wijzen wij u erop dat gebruik maken van de omgevingsvergunning voordat deze in rechte onaantastbaar is geworden voor eigen risico komt. Belanghebbenden kunnen immers binnen zes weken na de verzenddatum van dit besluit daartegen bezwaar maken. Vervolgens hebben zij na behandeling van hun bezwaarschrift nog de mogelijkheid om in beroep en daarna nog in hoger beroep te gaan.

Katwijk, 10 februari 2022

Hoogachtend,

Namens burgemeester en wethouders van Katwijk,



Mr Drs C.M.C Vrolijk
Clustermanager VTH

Verweermogelijkheden

Het besluit treedt in werking met ingang van de dag na verzending.

Tegen dit besluit kan binnen zes weken na de verzenddatum bezwaar worden gemaakt bij het college van burgemeester en wethouders van de gemeente Katwijk, postbus 589, 2220 AN Katwijk.

Het bezwaarschrift dient te voldoen aan een aantal voorschriften: het dient te worden ondertekend en bevat ten minste de naam en adres van de indiener, een dagtekening, een omschrijving van het besluit waartegen het bezwaar zich richt en de gronden van het bezwaar.

Een bezwaarschrift kan ook digitaal worden ingediend. Kijk hiervoor op www.katwijk.nl.

Het indienen van een bezwaarschrift schorst de werking van het besluit niet. Ingeval van onverwijlde spoed kan een verzoek om voorlopige voorziening worden ingediend bij de voorzieningenrechter van de sector bestuursrecht van de rechtbank Den Haag, postbus 20302, 2500 EH Den Haag. Een dergelijk verzoek dient vergezeld te gaan van een kopie van het bezwaarschrift.

Voor het indienen van een verzoek om voorlopige voorziening wordt een griffierecht geheven.

Digitaal indienen van een verzoek om voorlopige voorziening is ook mogelijk via

<http://loket.rechtspraak.nl/bestuursrecht>. De indiener moet wel beschikken over een elektronische

handtekening (DigiD).

BIJLAGE I

Het volgende onderdeel hoort bij en maakt deel uit van de omgevingsvergunning met zaaknummer 2721128, voor het realiseren van een nieuwbouw kwekerij in de kwakelwei op het perceel Overrijn 34 te Katwijk .

Het bouwen van een bouwwerk

1. Toetsingsgronden

Op grond van artikel 2.10, lid 1, van de Wabo moet de omgevingsvergunning voor deze activiteit worden geweigerd indien:

- a. de aanvraag en de daarbij verstrekte gegevens en bescheiden het naar het oordeel van burgemeester en wethouders niet aannemelijk maken dat het bouwen van een bouwwerk waarop de aanvraag betrekking heeft, voldoet aan de voorschriften die zijn gesteld bij of krachtens het Bouwbesluit;
- b. de aanvraag en de daarbij verstrekte gegevens en bescheiden het naar het oordeel van burgemeester en wethouders niet aannemelijk maken dat het bouwen van een bouwwerk waarop de aanvraag betrekking heeft, voldoet aan de voorschriften die zijn gesteld bij de bouwverordening;
- c. de activiteit in strijd is met het bestemmingsplan, de beheersverordening of het exploitatieplan, of de regels die zijn gesteld krachtens een provinciale verordening of aanwijzingen van het Rijk, tenzij de activiteit niet in strijd is met een omgevingsvergunning die is verleend met toepassing van artikel 2.12;
- d. het uiterlijk of de plaatsing van het bouwwerk waarop de aanvraag betrekking heeft, met uitzondering van een tijdelijk bouwwerk dat geen seizoensgebonden bouwwerk is, zowel op zichzelf beschouwd als in verband met de omgeving of de te verwachten ontwikkeling daarvan, in strijd is met redelijke eisen van welstand, beoordeeld naar de criteria, bedoeld in de Welstandsnota Katwijk, tenzij burgemeester en wethouders van oordeel zijn dat de omgevingsvergunning niettemin moet worden verleend;
- e. de activiteit een wegtunnel als bedoeld in de Wet aanvullende regels veiligheid wegtunnels betreft en uit de aanvraag en de daarbij verstrekte gegevens en bescheiden blijkt dat niet wordt voldaan aan de in artikel 6, eerste lid, van die wet gestelde norm.

2. Overwegingen

2.1 Bouwbesluit

De aanvraag en de daarbij verstrekte gegevens en bescheiden zijn getoetst aan en in overeenstemming bevonden met het Bouwbesluit.

2.2 Bouwverordening

De aanvraag en de daarbij verstrekte gegevens en bescheiden zijn getoetst aan en in overeenstemming bevonden met de bouwverordening.

2.3 Bestemmingsplan, beheersverordening, exploitatieplan of regels gesteld door de provincie of het Rijk

Bestemmingsplan

De aangevraagde activiteit is in overeenstemming met het ter plaatse geldende bestemmingsplan “Katwijk aan den Rijn 2012”, op grond waarvan op het perceel de bestemming “Enkelbestemming Agrarisch ” rust.

De aangevraagde activiteit is in overeenstemming met het ter plaatse geldende bestemmingsplan “Parapluplan Parkeren Katwijk”.

De aangevraagde activiteit is in overeenstemming met het ter plaatse geldende bestemmingsplan “Parapluplan Standplaatsen Katwijk”.

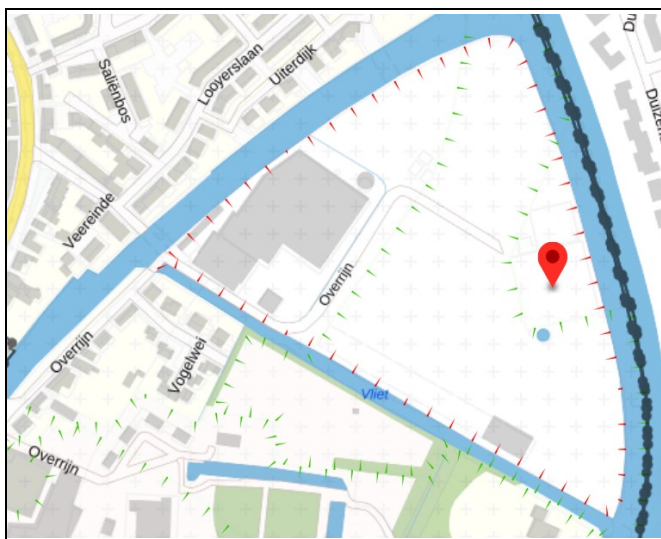
Zie volgende pagina motivering.

Motivering

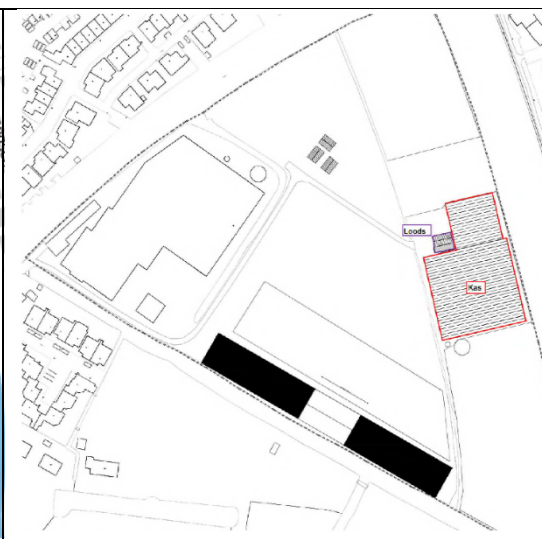
Wij beoordelen aan de hand van beleid, wet- en regelgeving en omgevingsaspecten of wij wel of niet meewerken aan het afwijken van het bestemmingsplan. Hiervoor toetsen en adviseren wij op basis van de huidige activiteiten en ingediende plannen. Eveneens wordt elke aanvraag beoordeeld op zijn eigen omstandigheden en belangen, waarbij het algemeen belang wordt afgewogen tegen individueel belang.

Aanvraag

De aanvraag betreft het realiseren van een nieuwbouw kwekerij in de Kwakelwei bij het adres Overrijn 34 te Katwijk. Het betreft de realisatie van een kas en een loods.



Figuur 1: Beoogde locatie



Figuur 2: Beoogde ontwikkeling

Vigerende planologische regeling

In het bestemmingsplan “Katwijk aan den Rijn 2012” zijn de gronden waar het initiatief wordt gerealiseerd bestemd tot “Agrarisch” en “Archeologisch verwachtingsgebied” met de functieaanduiding “glastuinbouw” en een gebiedsaanduiding “wro-zone-wijzigingsgebied 1”. Ook zijn het Parapluplan Parkeren Gemeente Katwijk, bestemmingsplan Archeologie gemeente Katwijk en het Parapluplan standplaatsen Katwijk vigerend.

Het initiatief is passend binnen de genoemde bestemmingen en valt ook binnen het bouwvlak. Het initiatief voldoet daarmee aan het bestemmingsplan.

Conclusie

Wij staan positief ten opzichte van het realiseren van een nieuwbouw kwekerij in de Kwakelwei, onder voorbehoud van het verloop van de verdere procedure. Het plan voldoet op het gebied van ruimtelijke ordening, milieu en verkeer.

Toelichting

Omgevingsverordening en Omgevingsvisie Zuid-Holland (akkoord)

Het gevraagde is niet in strijd met de regels die zowel de Verordening als de Visie stelt voor dit gebied.

Omgevingsvisie Katwijk (akkoord)

Het plan is niet in strijd met de Omgevingsvisie Katwijk.

Milieu, omgevingskwaliteit (akkoord)

Het plan is getoetst aan de onderwerpen bedrijven en milieuzonering, geluid, luchtkwaliteit, externe veiligheid, natuurbescherming en duurzaamheid. Gelet op de genoemde milieu hygiënische aspecten kan medewerking worden verleend aan de realisatie van de kas.

Mobiliteit (akkoord)

Parkeren

De parkeerbehoede voor het plan is 4 parkeerplaatsen. Er zijn 8 nieuwe parkeerplaatsen op eigen terrein met de juiste maatvoering in het plan opgenomen.

Bereikbaarheid

Deze aanvraag gaat over een uitbreiding van bestaande bedrijfsactiviteiten die wordt uitgevoerd met enkele grote auto's en aanhangwagens. Veel extra verkeersbewegingen zijn niet verwacht.

Conclusie

Voor het realiseren van een nieuwbouw kwekerij in de Kwakelwei zijn er vanuit verkeersaspecten geen belemmeringen.

Archeologie (akkoord)

De werkzaamheden lijken de bodem niet dieper dan 30cm – mv te verstoren. Archeologisch onderzoek is daarmee niet nodig.

Beheersverordening

Op het perceel is geen beheersverordening van kracht, waarmee de aangevraagde activiteit in strijd is.

Exploitatieplan

Omtrent de aangevraagde activiteit zijn geen regels gesteld in een exploitatieplan, waarmee de aangevraagde activiteit in strijd is.

Regels gesteld door provincie of Rijk

Er gelden ter plaatse van de aangevraagde activiteit geen regels die zijn gesteld krachtens een provinciale verordening of aanwijzingen van het Rijk, waarmee de aangevraagde activiteit in strijd is.

Vorbereidingsbesluit

Er geldt ter plaatse van de aangevraagde activiteit geen voorbereidingsbesluit.

2.4 Welstand

De aangevraagde activiteit is 29 september 2021 voor advies voorgelegd aan de Stadsbouwmeester. De Stadsbouwmeester heeft zich bij deze advisering gebaseerd op het beleid van de gemeente zoals dat is vastgelegd in haar welstandsnota. Betreffende aanvraag is gelegen in welstandsgebied 14. Tuindersgebieden.

Motivering

Het bouwplan voldoet mede gelet op de mogelijkheden van het bestemmingsplan aan het door de raad vastgestelde beleid. De vormgeving is voldoende passend voor kwekerijgebouwen en afgestemd op de omgeving.

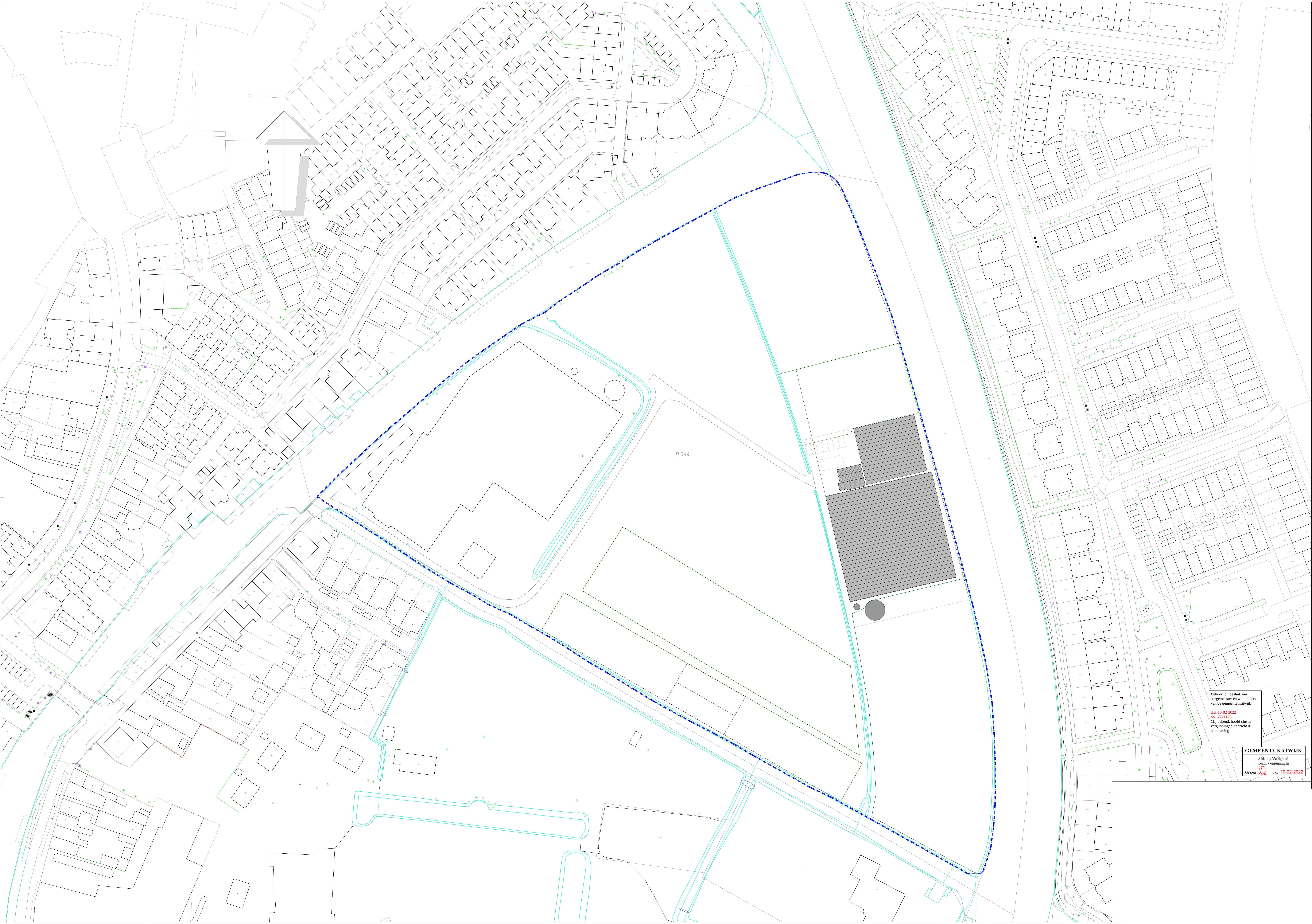
Conclusie

Akkoord, niet strijdig met redelijke eisen van welstand, mede gelet op de mogelijkheden van het bestemmingsplan.

Gelet op de positieve beoordeling van de aangevraagde activiteit volgt dat voldaan wordt aan redelijke eisen van welstand als bedoeld in artikel 12 van de Woningwet.

2.5 Tunnelveiligheid

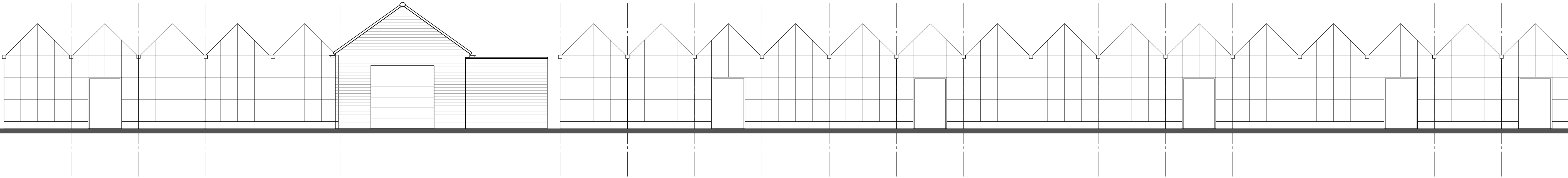
De aangevraagde activiteit betreft geen wegtunnel.



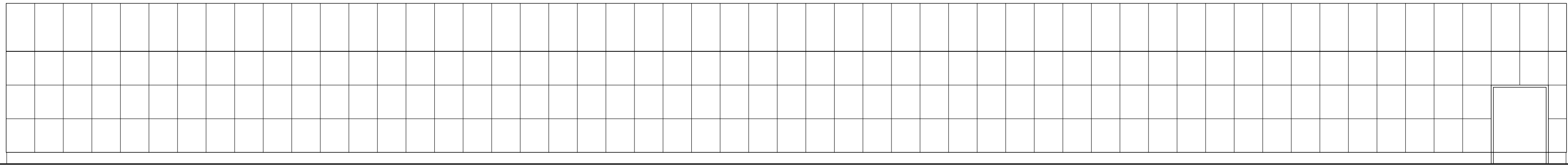
D 344

Behoort bij besluit van
burgemeester en wethouders
van de gemeente Katwijk
d.d. 10-02-2022
nr. 2721128
Mij bekend, hoofd cluster
vergunningen, toezicht &
handhaving

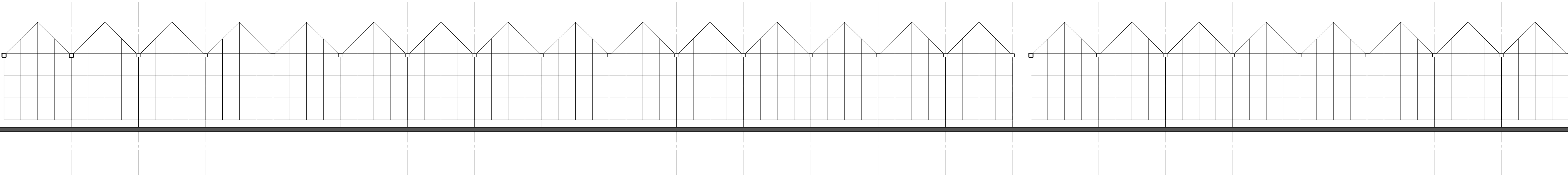
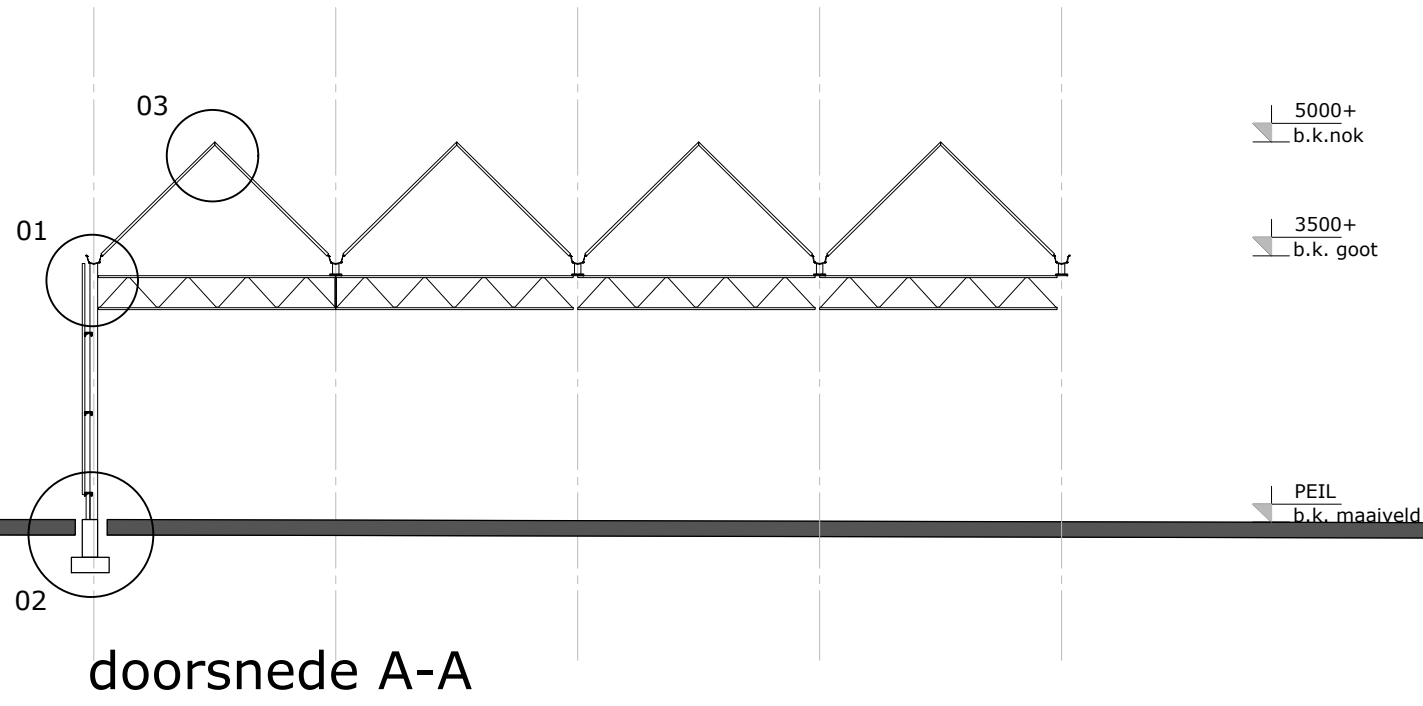
GEMEENTE KATWIJK
Afdeling Veiligheid
Team Vergunningen
Gzien  d.d. 10-02-2022



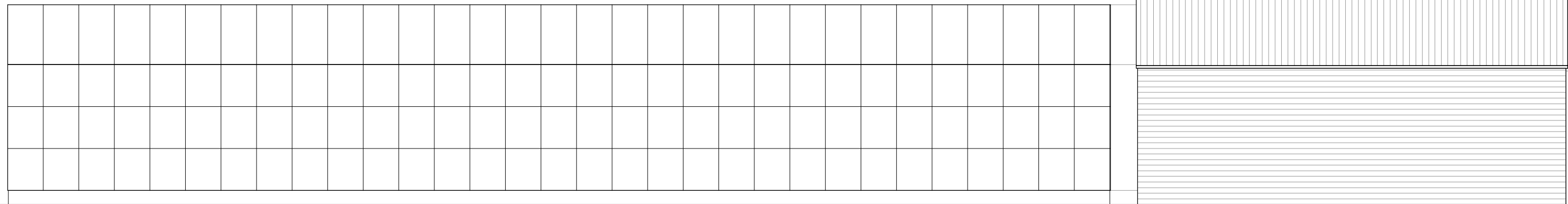
westgevel



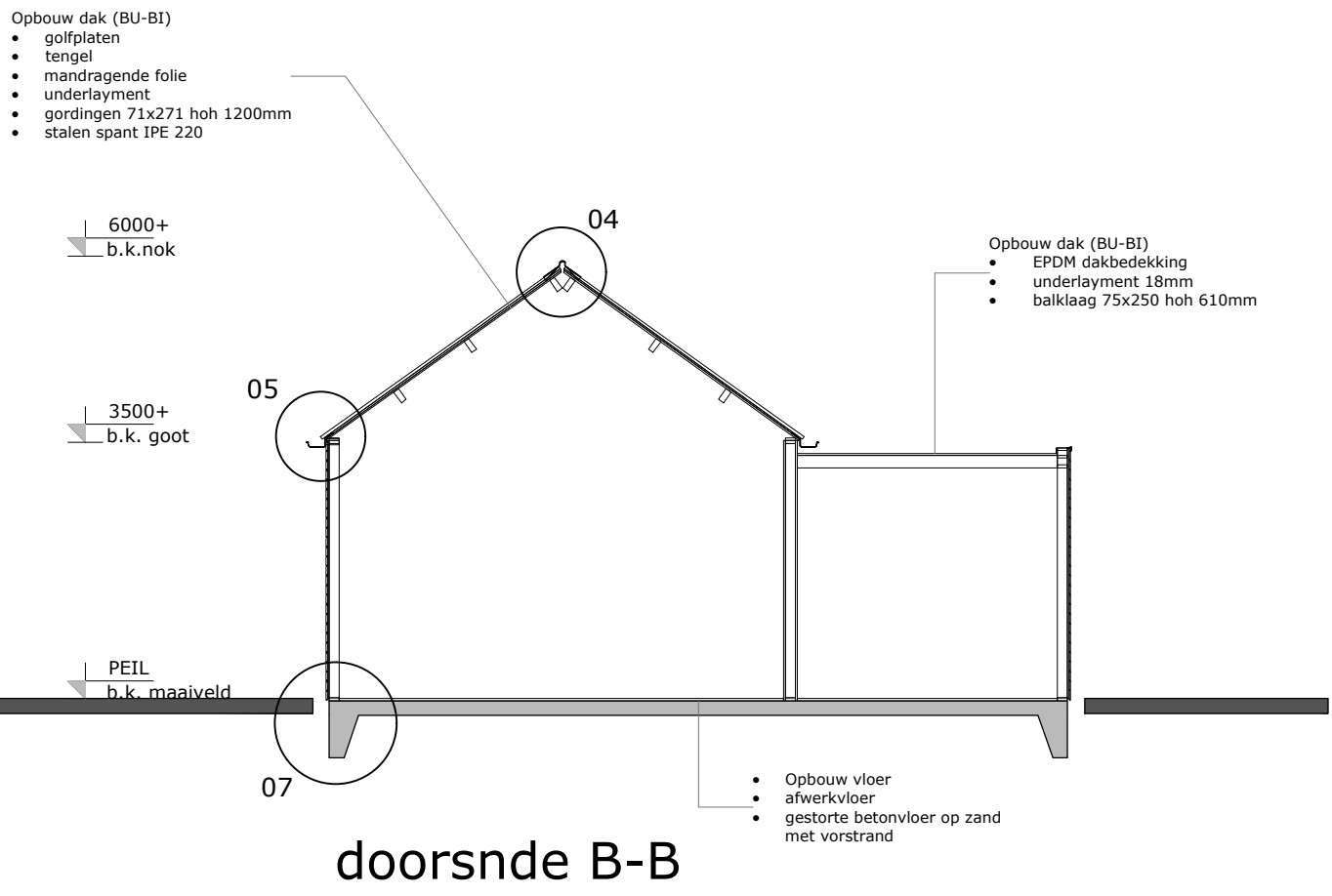
zuidgevel



oostgevel



noordgevel



MATERIALEN EN KLEUREN

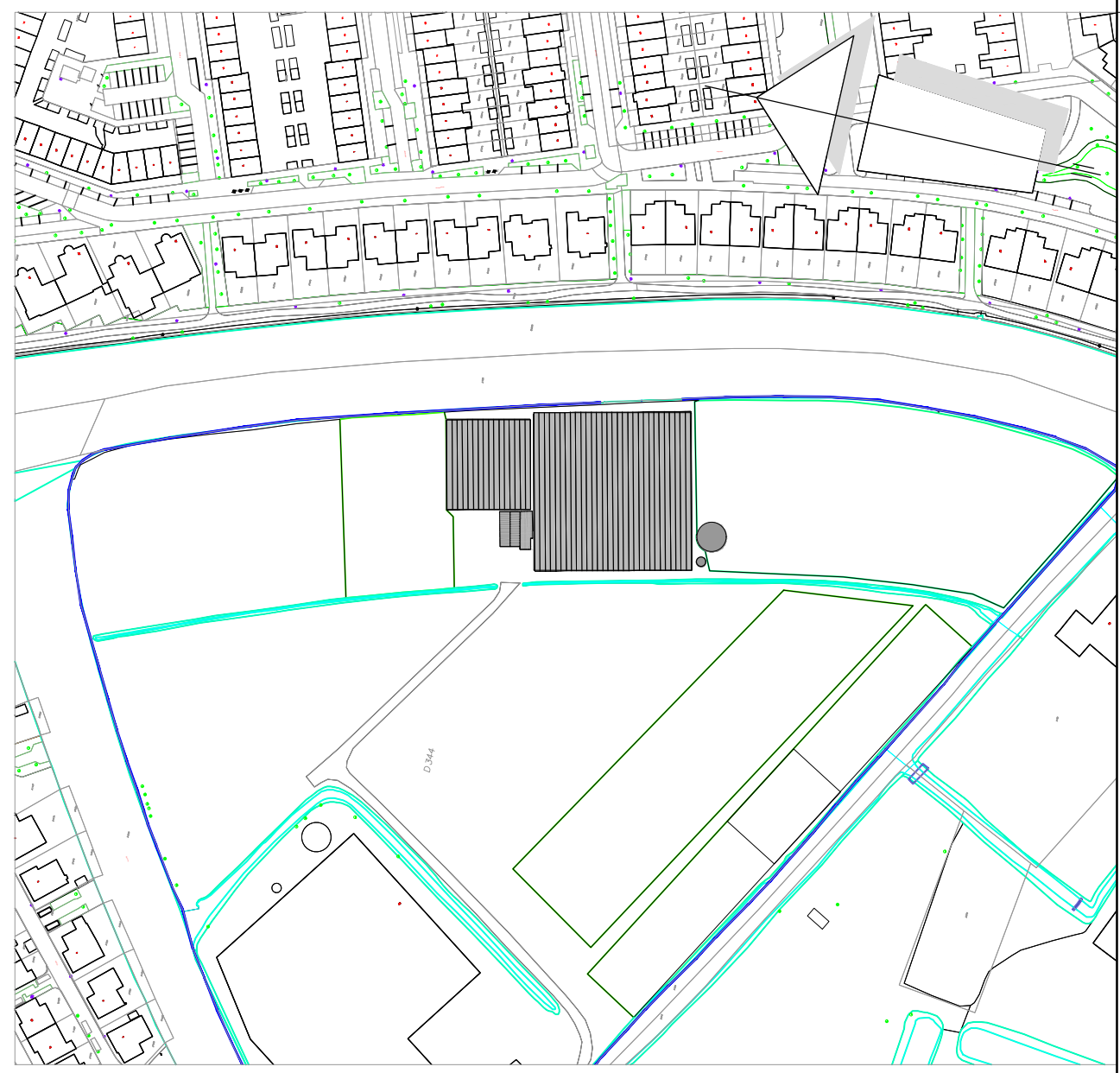
Dakbedekking	Golfplaten	Antraciet
Kozijnen	Hardhout	Wit
Draaiende delen	Hardhout	Wit
Gevels	Rabatdelen	Zwart

Behoort bij besluit van
burgemeester en wethouders
van de gemeente Katwijk
d.d. 10-02-2022
no. 2721129
Mij bekend, hoofd cluster
vergunningen, toezicht &
handhaving

GEMEENTE KATWIJK
Afdeling Veiligheid
Team Vergunningen
Gezien  d.d. 10-02-2022



GEMEENTE KATWIJK
Afdeling Veiligheid
Team Vergunningen
Gezien  d.d. 10-02-2022



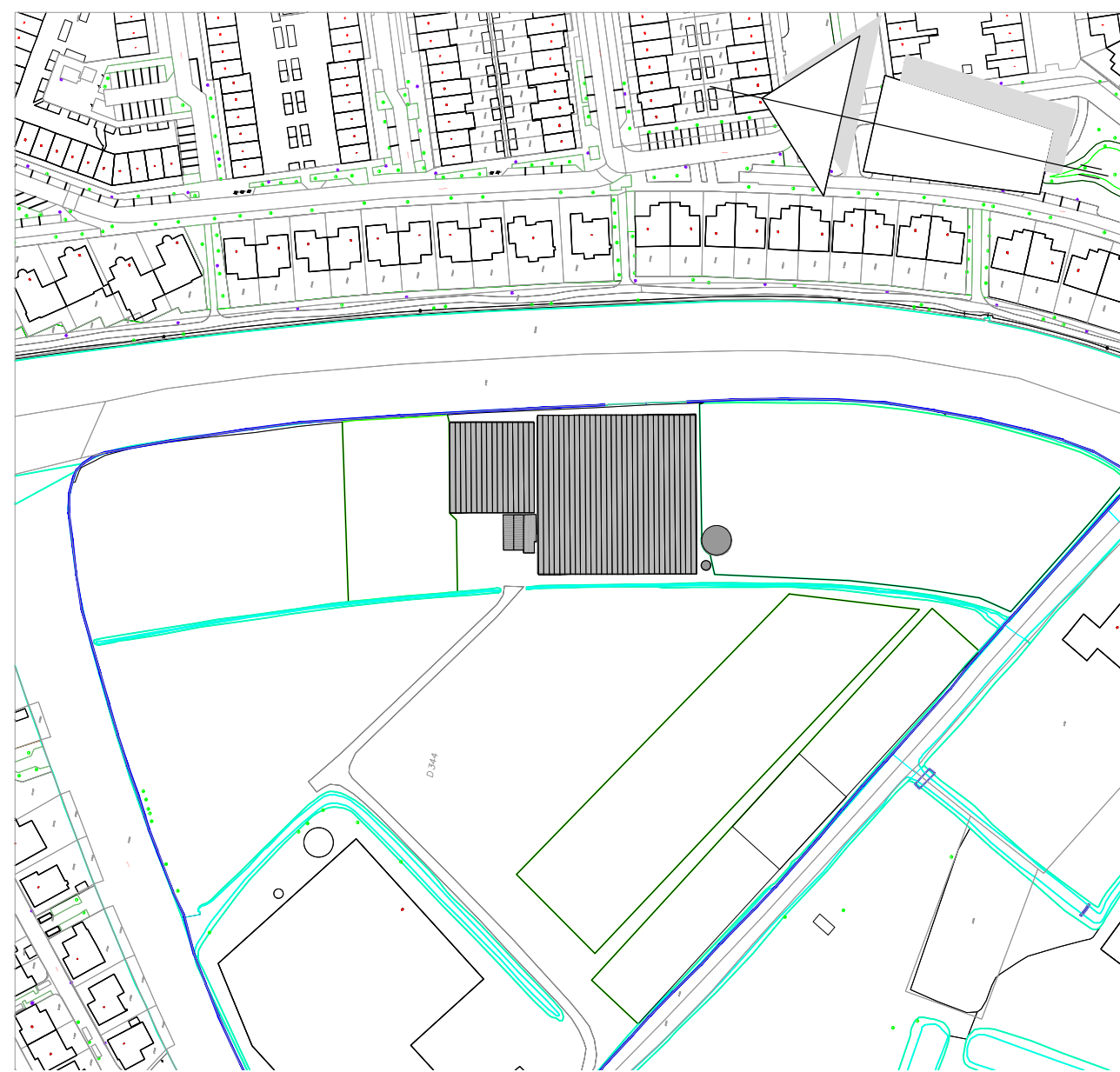


Behoort bij besluit van
burgemeester en wethouders
van de gemeente Katwijk

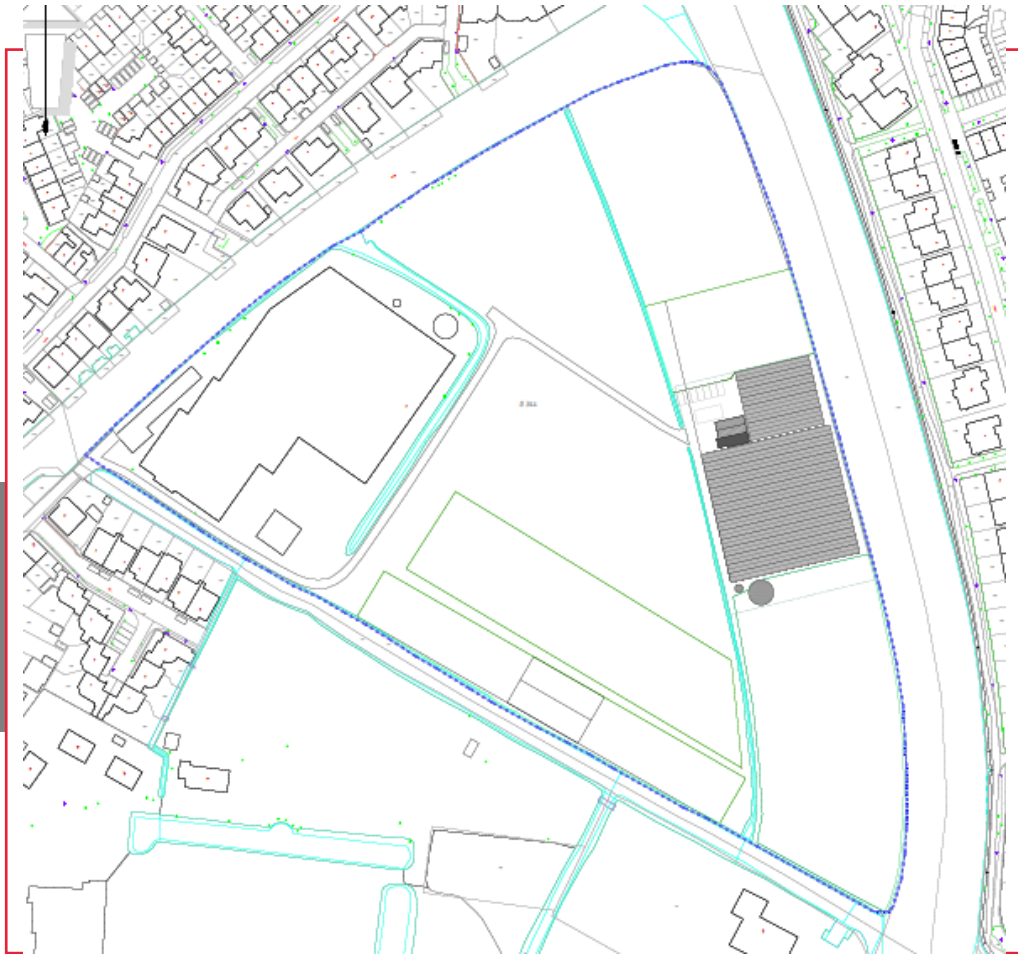
d.d. 10-02-2022
no. 2721128

Mij bekend, hoofd cluster
vergunningen, toezicht &
handhaving

GEMEENTE KATWIJK
Afdeling Veiligheid
Team Vergunningen
Gezien  d.d. 10-02-2022



Nieuwbouw kwekerij Kwakelwei te Katwijk a/d Rijn



GEMEENTE KATWIJK

Afdeling Veiligheid
Team Vergunningen

Gezien  d.d. 10-02-2022

Behoort bij besluit van
burgemeester en wethouders
van de gemeente Katwijk

d.d. 10-02-2022

no. 2721128

Mij bekend, hoofd cluster
vergunningen, toezicht &
handhaving



Inhoudsopgave

1. Projectomschrijving.....2

Bijlage A	Gegevens kas
Bijlage B	Berekening Casta
Bijlage C	Constructieschetsen
Bijlage D	Opmerkingen op tekeningen architect
Bijlage E	tekeningen set architect

Projectomschrijving

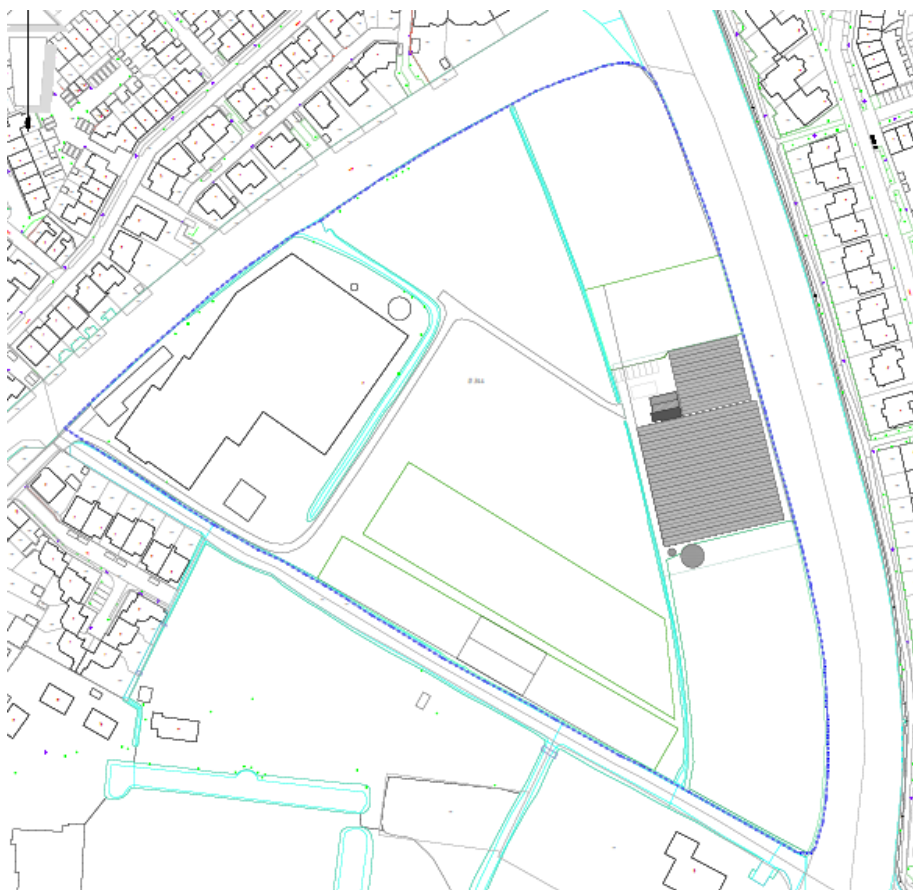
Voor een stuk grond gelegen in de kwakelwei te Katwijk aan den Rijn is voorgenomen om een kas en een loods te realiseren. Dit rapport behandelt de constructieve berekeningen benodigd voor het realiseren van de kas. In rapportage SB02 wordt de loods behandeld.

Voor de kas zijn de volgende onderdelen berekend:

- Tralieliggers
- Kolommen en poeren
- Kruisschoorvakken
- Kopgevels
- Zijgevels.

In bijlage B is een overzicht te vinden van de berekeningen. In bijlage C zijn de principeschetsen te vinden met daarop de dimensionering van de onafhankelijke constructieonderdelen.

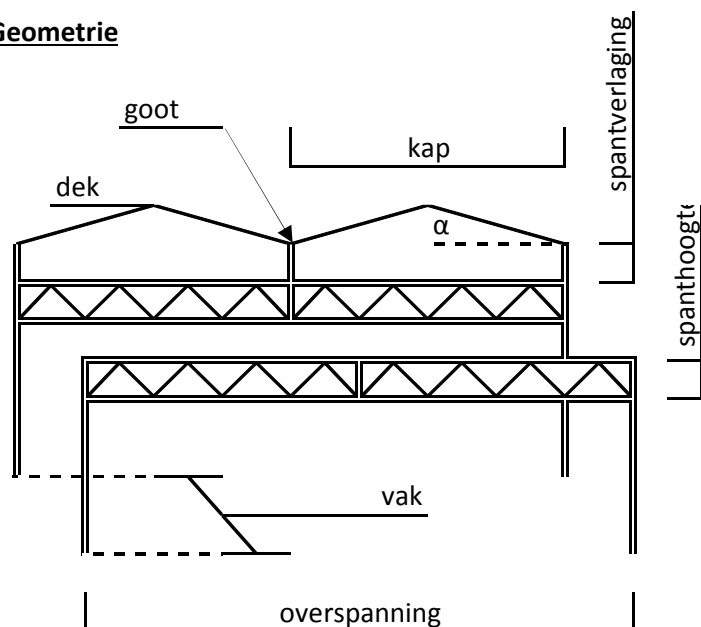
Voor de ondergrond is aan de hand van het Dino-loket een aannamen gedaan. Voor een definitieve dimensionering van de fundatie is een grondonderzoek benodigd die t.z.t. bij de constructeur dient ingediend te worden.



Uitgangspunten Venlo

taal: **Nederlands** land: **Nederland** plaats: **Katwijk a/d Rijn**
norm: **NEN-EN 13031:2020, Greenhouse NL (CC1)** referentieperiode: **15** jaar

Geometrie



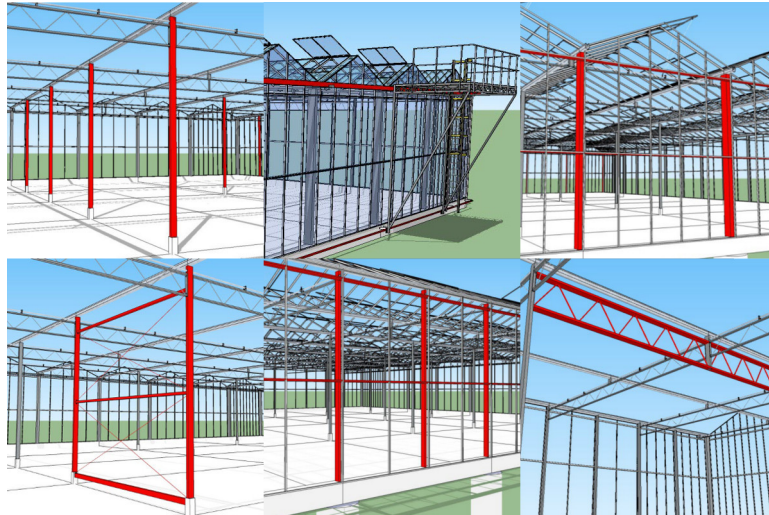
kapbreedte	3200 mm	dekhelling α	$\alpha =$ 30 °
aantal kappen	4 stuk(s)	funderingshoogte	300 mm
vakmaat	4500 mm	spanhoogte	450 mm
kolomhoogte	3200 mm	spantverlaging	100 mm
kaslengte	48 m	glasbreedte dek	1125 mm
aantal spanten	4 stuk(s)	glas kopgevel	800 mm
		glas zijgevel	750 mm

Belastingen

e.g. dek	140 N/m ²	transportlast	
e.g. goot	70 N/m	incident	1250 N
e.g. ligger (autom.)		permanent	N
wind (autom.)	533 N/m ²	positie ophanging	
sneeuw (autom.)	423,5 N/m ²	aantal ophangingen	0 stuk(s)
installaties	100 N/m ²	schoorverbanden	
gewas	0 N/m ²	aantal in tralierij	1 stuk(s)
gewas winter		N / schoorverband	1200 N
belasting	0 N/m ²	kasdekreiniger	
positie ophanging		Gewicht (incl. slang)	600 kg
h.o.h. gewasdraden	mm	Wielbasis	1500 mm
hangende teeltgoot		verhoogde teeltlaag	
belasting	0 N/m ²	permanent	0 N/m ²
positie ophanging		Variabel	0 N/m ²
hoogte teeltgoot	mm		

Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd

De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



BATCH

Kasgegevens:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Aantal gekoppelde spanten : 4 (y-richting)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte (h) : 3.20 m
- Spanthoogte (hspan) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm

De berekeningen zijn in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $S_K = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de tralieliggers voor Venlowarenhuizen wordt verwezen naar TNO rapport: 2006-D-R0529 "Kniklengte berekeningen voor 2D-tralieligger met methode Mouty"

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

1 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

1.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

1.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K1 * \ln(1 / ref)}{1 - K1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$
- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- Windstuwdruk (q_{wind}) : 533 N/m² = 0.533 N/m² dekoppervlak

1.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
EN 13031-1: $R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5 \text{ N/m}^2$

1.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = $U_1 / [1/U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $[20.2634 / ((T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4})] = 70219 \text{ N/m}^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax} / 3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0 * Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

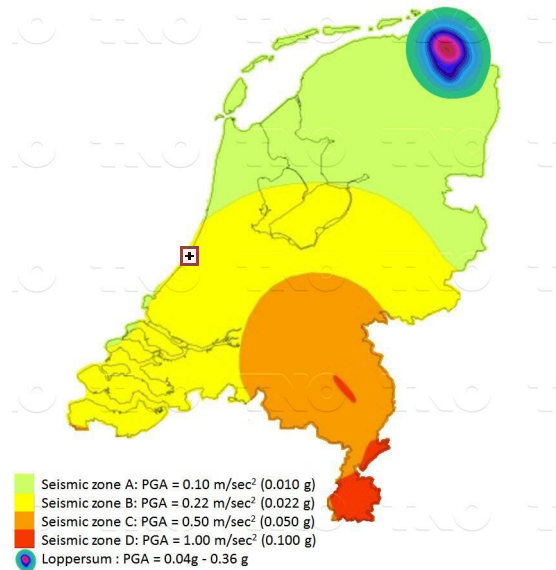
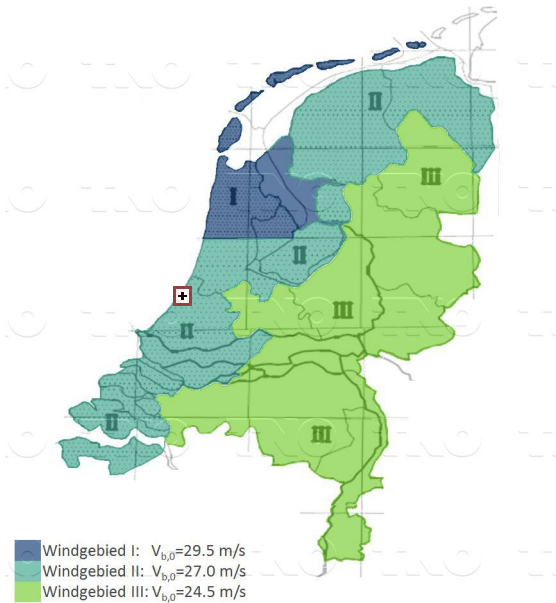
2 Wind, sneeuw en seismische belastingen (door norm bepaald)

GPS gegevens Nederland

adres Netherlands - katwijk aan den rijn (GPS: 52.1945, 4.4191)
 Hoogte boven zeeniveau 1 m

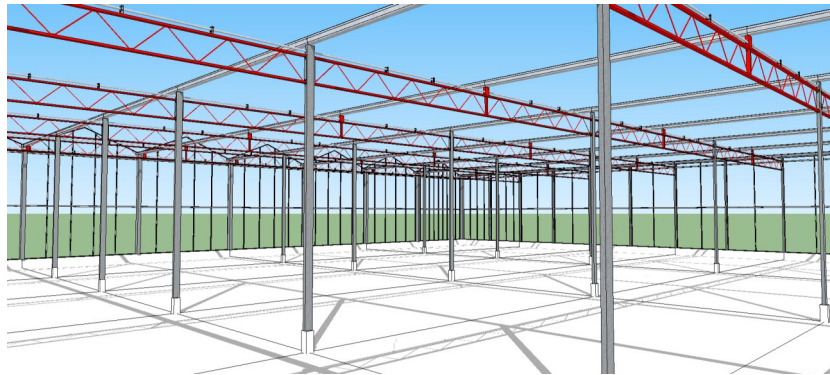
Windkaart ()

Seismische kaart (0.000 x g m/s²)



Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd

De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



3 T R A L I E L I G G E R S

Kasgegevens:

- Kastype : Venlo-warenhuis
 - Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
 - Aantal gekoppelde spanten : 4 (y-richting)
 - Vakmaat (v) : 4.50 m
 - Kolomhoogte (h) : 3.20 m
 - Spanthoogte (hspan) : 450 mm
 - Spantverlaging (vspant) : 100 mm

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de tralieligger van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24): De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de tralieliggers voor Venlowarenhuizen wordt verwezen naar TNO rapport: 2006-D-R0529 "Kniklengte berekeningen voor 2D-tralieligger met methode Mouty"

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

3.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:
 (Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

3.1.1 Liggers 2e rij tralies:

- Stijfheid (B.C.8) :	neerwaarts =	11.0	mm	<	30.0	mm :	voldoet.
- Bovenrand:							
- uit het vlak (3) :		0.30		<	1.00:		voldoet.
- in het vlak (3) :		0.23		<	1.00:		voldoet.
- doorsnede (3) :		0.52		<	1.00:		voldoet.
- Onderrand:							
- uit het vlak (3) :		0.76		<	0.95:		voldoet.
- in het vlak (3) :		0.46		<	1.00:		voldoet.
- doorsnede (3) :		0.52		<	1.00:		voldoet.
- Drukdiagonalen:							
- druk (B.C.3) :		0.32		<	1.00:		voldoet.
- trek (B.C.4) :		0.12		<	1.00:		voldoet.
- Trekdiagonalen:							
- druk (B.C.3) :		0.11		<	1.00:		voldoet.
- trek (B.C.3) :		0.44		<	1.00:		voldoet.
- Verbinding drukdiagonalen:							
- Lassen (B.C.3) :	UClasD =	0.24		<	1.00:		voldoen
- Aansluitingen(1):	UCdiaD =	0.87		<	1.00:		voldoen
- Verbinding trekdiagonalen:							
- Lassen (B.C.3) :	UClasT =	0.33		<	1.00:		voldoen
- Aansluitingen(1):	UCdiaT =	0.87		<	1.00:		voldoen
- Gootverticaal:							
- druk (B.C.3) :	Ndgv =	-10156	N	<	229893	N :	voldoet.
- plaatsvastheid(1):	kbr =	625.7	N/mm	<	3884.6	N/mm:	voldoet.
- plaatsvastheid(3):	kor =	92.6	N/mm	<	135.6	N/mm:	voldoet.
- Bouten eindplaten:							
- bovenste (B.C.3):	Fi,max =	169945	N	<	203328	N :	voldoet.
- onderste (B.C.4):	Fi,max =	49325	N	<	90432	N :	voldoet.
- Eindplaten (zonder onderleggringen)							
- pons boven (3) :	Ft,max =	169292	N	<	226089	N :	voldoet.
- pons onder (4) :	Ft,max =	49203	N	<	134472	N :	voldoet.
- buiging boven(3):	Meindpl =	1913.9	Nm	<	2284.3	Nm:	voldoet.
- buiging onder(4):	Meindpl =	554.7	Nm	<	735.5	Nm:	voldoet.
- Lasaansluiting eindplaten:							
- bovenrand (3) :	UC =	0.60		<	1.00:		voldoet.
- onderrand (4) :	UC =	0.36		<	1.00:		voldoet.

3.1.2 Eindconclusie(s):

- De liggers in de 2e rij tralies voldoen qua sterkte, stijfheid en stabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.	
- Stijfheid:	voldoet
- Bovenrand (RHBK100*40*4.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Onderrand (RHBK100*40*4.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoen
- Verbindingen Drukdiagonalen:	voldoen
- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoen
- Verbindingen Trekdiagonalen:	voldoen
- Gootverticaal (RHBK100*50*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Bouten eindplaten:	
- Bij de bovenrand (1xM24-8.8):	voldoen
- Bij de onderrand (1xM16-8.8):	voldoen
- Eindplaten (ST100*12.0 mm) (zonder onderleggringen):	
- Bij de bovenrand met schotjes:	voldoen
- Bij de onderrand:	voldoen

3.1.3 Liggers 1e rij tralies:

- Stijfheid (B.C.3) :	neerwaarts =	28.6 mm	<	30.0 mm:	voldoet.
- Bovenrand:					
- uit het vlak (3) :	0.58	<	1.00:	voldoet.	
- in het vlak (3) :	0.40	<	1.00:	voldoet.	
- doorsnede (3) :	0.53	<	1.00:	voldoet.	
- Onderrand:					
- uit het vlak (3) :	0.74	<	0.95:	voldoet.	
- in het vlak (3) :	0.46	<	1.00:	voldoet.	
- doorsnede (3) :	0.53	<	1.00:	voldoet.	
- Drukdiagonalen:					
- druk (B.C.3) :	0.37	<	1.00:	voldoet.	
- trek (B.C.4) :	0.13	<	1.00:	voldoet.	
- Trekdiagonalen:					
- druk (B.C.3) :	0.15	<	1.00:	voldoet.	
- trek (B.C.3) :	0.50	<	1.00:	voldoet.	
- Verbinding drukdiagonalen:					
- Lassen (B.C.3) : UClaSD =	0.27	<	1.00:	voldoen	
- Aansluitingen(1) : UCdiaD =	0.87	<	1.00:	voldoen	
- Verbinding trekdiagonalen:					
- Lassen (B.C.3) : UClaST =	0.37	<	1.00:	voldoen	
- Aansluitingen(1) : UCdiaT =	0.87	<	1.00:	voldoen	
- Gootverticaal:					
- druk (B.C.3) : NdgV =	-10156 N	<	229893 N:	voldoet.	
- plaatsvastheid(1): kbr =	625.7 N/mm	<	3884.6 N/mm:	voldoet.	
- plaatsvastheid(3): kor =	89.8 N/mm	<	135.6 N/mm:	voldoet.	
- Bouten eindplaten:					
- bovenste (B.C.3) : Fi,max =	172594 N	<	203328 N:	voldoet.	
- onderste (B.C.4) : Fi,max =	49151 N	<	90432 N:	voldoet.	
- Eindplaten (zonder onderlegringen)					
- pons boven (3) : Ft,max =	171746 N	<	226089 N:	voldoet.	
- pons onder (4) : Ft,max =	48985 N	<	134472 N:	voldoet.	
- buiging boven(3) : Meindpl =	1941.5 Nm	<	2284.3 Nm:	voldoet.	
- buiging onder(4) : Meindpl =	553.8 Nm	<	735.5 Nm:	voldoet.	
- Lasaansluiting eindplaten:					
- bovenrand (3) : UC =	0.61	<	1.00:	voldoet.	
- onderrand (4) : UC =	0.36	<	1.00:	voldoet.	

3.1.4 Eindconclusie(s):

- De liggers in de 1e rij tralies voldoen qua sterkte, stijfheid en stabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.	
- Stijfheid:	voldoet
- Bovenrand (RHBK100*40*4.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Onderrand (RHBK100*40*4.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoen
- Verbindingen Drukdiagonalen:	voldoen
- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoen
- Verbindingen Trekdiagonalen:	voldoen
- Gootverticaal (RHBK100*50*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Bouten eindplaten:	
- Bij de bovenrand (1xM24-8.8):	voldoen
- Bij de onderrand (1xM16-8.8):	voldoen
- Eindplaten (ST100*12.0 mm) (zonder onderlegringen):	
- Bij de bovenrand met schotjes:	voldoen
- Bij de onderrand:	voldoen

3.1.5 Eindconclusie:

- Alle spanten voldoen.

3.1.6 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
 - B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
 - B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
 - B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

'Gap' van de lussen van de diagonaalaansluitingen

+-----+-----+-----+-----+-----+					
		Drukdiagonaal		Trekdiagonaal	
		+-----+-----+		+-----+-----+	
		bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand
+-----+-----+-----+-----+-----+					
2e spant	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm
1e spant	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm
+-----+-----+-----+-----+-----+					

- Bij de stabiliteitsberekeningen van de bovenrand en de onderrand uit het vlak van de tralie wordt uitgegaan van specifieke stabiliteitsvoorzieningen ter plaatse van de zwevende goten (zie paragraaf 4.2 en 5.2 van hoofdstuk 6, 7, 8 en 9).
- In de berekeningen wordt uitgegaan van een adequate krachtsinleiding van de verticale belastingen in de bovenrand van de tralieligger, zowel bij opwaartse alsook bij neerwaartse belasting.
- Uit experimenteel onderzoek is gebleken, dat de werkelijke doorbuiging van de tralieligger 20% tot 100% groter is dan berekend, ten gevolge van locale vervormingen ter plaatse van de diagonaal-aansluitingen. Onder normale omstandigheden is dit echter niet maatgevend.
- De maatgevende belastingen op de kolom-goot verbinding t.p.v. de opzetkolom (alle spanten):
 Bij opwaartse belastingen (B.C.4) = Ntgv = 5498 N
 Bij neerwaartse belastingen (B.C.3) = NdgV = -10156 N
- Voor de controle van de horizontale sterkte van de kolom-gootverbinding, is het volgende moment bepaald (in rekentoestand):
 Mozk(max) = 111.7 Nm (B.C.3)

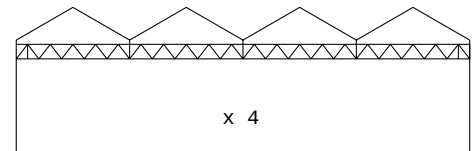
3.2 INVOERGEGEVENS

3.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte gevel : 3.20 m
- Kaslengte (L) : 45.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 4

3.2.2 Overige gegevens van de kas:

- Dekhelling (alfa) : 30.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 300 mm
- Spanthoogte (hspan) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1125 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 800 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 750 mm



3.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK100*100*3.0
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Lengte kolom : 3200 mm

3.2.4 Gegevens van de 2D tralieligger:

3.2.5 2e rij tralies:

- Bovenrand (br) : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Onderrand (or) : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Aantal diagonalen per kap : 10
- Drukdiagonalen (dd) : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Trekdiagonalen (td) : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Plaatsing 1e diagonaal : op onderrand, dus drukdiagonaal
- Diagonaal-aansluitingen : Gezaagd 2-zijdige las
- Verstijfde verbinding : Nee (controle geometrie)
- Controle van de lassen : druk trek
 - Excentriciteit : 0 0 mm
 - Keeldoorsnede : 4.0 4.0 mm
- Gootverticaal (gv) : RHBK100*50*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - plaatsvastheid : 80 %
- Strip in eerste veld : ST100*10.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Eindplaat (ep) : ST100*12.0 met schotjes (S235 (EN10219))
 - Bout bij de bovenrand : M24-8.8
 - onder de rand (3): < 25 mm
 - boven de rand (4): niet aanwezig.
 - Bout bij de onderrand : M16-8.8
 - onder de rand (1): niet aanwezig.
 - boven de rand (2): < 25 mm
- Schotjes :

bovenrand :	2	50 x	5 -	5 mm
onderrand :	0	40 x	5 -	5 mm
- Positie kopplaat : tegen randen

horz. vert. keel				
bovenrand :	2	1	3.0 mm	
onderrand :	1	1	4.0 mm	
- Toog : 0 mm

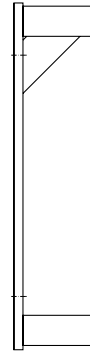


3.2.6 1e rij tralies:

- Bovenrand (br) : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Onderrand (or) : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Aantal diagonalen per kap : 10
- Drukdiagonalen (dd) : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Trekdiagonalen (td) : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Plaatsing 1e diagonaal : op onderrand, dus drukdiagonaal
- Diagonaal-aansluitingen : Gezaagd 2-zijdige las
- Verstijfde verbinding : Nee (controle geometrie)
- Controle van de lassen : druk trek
 - Excentriciteit : 0 0 mm
 - Keeldoorsnede : 4.0 4.0 mm
- Gootverticaal (gv) : RHBK100*50*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - plaatsvastheid : 80 %
- Strip in eerste veld : ST100*10.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Eindplaat (ep) : ST100*12.0 met schotjes (S235 (EN10219))
 - Bout bij de bovenrand : M24-8.8
 - onder de rand (3): < 25 mm
 - boven de rand (4): niet aanwezig.
 - Bout bij de onderrand : M16-8.8
 - onder de rand (1): niet aanwezig.
 - boven de rand (2): < 25 mm
- Schotjes

bovenrand :	2	50 x	5 -	5 mm
onderrand :	0	40 x	5 -	5 mm
- Positie kopplaat : tegen randen
horz. vert. keel
- Lassen

bovenrand :	2	1	3.0 mm
onderrand :	1	1	4.0 mm
- Toog : 0 mm
- Opzetkolom (zonder certificaat)
 - Profiel : RHBK80*50*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - rotatieveerstijfheid : 5000 Nm/rad (normaal)
 - inclusief gat : Nee
 - veerstijfheid horizont. : 6000 Nm/rad (normaal)
- Mechaniekgat : 40 x 30 mm (hoogte x breedte)
- Doorkoppeling bovenrand : niet doorgekoppeld
- Doorkoppeling onderrand : niet doorgekoppeld
- Goot (min. eigenschappen)
 - Iy en Iz kasgoot niet ingevoerd. Onderstaande wordt aangehouden:
 - Iy kasgoot (Iy.g) : 529169 mm⁴ = 53 cm⁴ (verticaal)
 - Iz kasgoot (Iz.g) : 264584 mm⁴ = 26 cm⁴ (horizontaal)
 - Materiaal goot : staal (Eg = 210000 N/mm²)



3.2.7 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 140 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Spant (Fspant 1e rij) : 2764 N
- Spant (Fspant 2e rij) : 2764 N

3.2.8 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

3.2.9 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basic wind velocity : V50 = 27.0 m/s reference V15 = 24.9 m/s
- Basic snowload : SK = 700.0 N/m²
- Berekende afsmeltfactor : Ct = 1.000
- Type kasdekomhulling : Single-layer: 4 mm Soda lime glass
- Temperatuur onder kasdek : Niet verwarmd
- Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
- Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : Rf = 15 year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : AgR = 0.000 x g m/sec²
(Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: gs = 1.30
- Windstuwdruk (qwind) : 533 N/m² dekoppervlak
(N.B.: Nokhoogte: H = 0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * tan 30° = 4.424 m)
Gebouwhoogte: 4.424 m. Eff.hoogte: ze = 4.424 m
- Sneeuwbelasting (qsneeuw) : 423.5 N/m² grondoppervlak

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 11
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

- Installaties : 100 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
 - positie ophanging : willekeurig op onderrand
 - hoh teeltgoot : 1600 mm
 - hoogte teeltgoot (Htgt) : 1000 mm
- Installaties totaal : 100 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (qgewas) : 0 = Max(0 , 0) N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak
 - positie ophanging : diagonaal knooppunt
- Gewassen op onderrand : ja
- Schoorverbanden : 1x1000 N
- Transportlast incidenteel : 1250 N
 - permanent : 0 N
 - positie ophanging : diagonaal knooppunt
- Puntlast onderbouw (Fpunt): 1000 N (geconcentreerde verticale belasting)
- Kasdekreiniger : Gewicht = 6000 N, wielbasis = 1500 mm

3.3 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

3.3.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

3.3.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K1 * \ln(1 / ref)}{1 - K1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$

- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- Reductiefactor $c_{scd} = \max(0.72, (0.83 * 0.85)) = 0.72$ (rekentoestand)
- Reductiefactor $c_{scd}' = 0.83 * 0.85 = 0.70$ (gebruikstoestand)

Voor de reductiefactoren wordt de onderstaande tabel aangehouden
 (tussenliggende waarden via lineaire interpolatie):

+-----+(volgens EN13031-1)

X	Cs 2)	Ccor
[m]	loodrecht	parallel
5	0.92	1.00
10	0.89	0.85
20	0.87	0.85
30	0.85	0.85
50	0.82	0.85
75	0.80	0.85
100	0.78	0.85
150	0.75	0.85
> 200	0.73	0.85

1): de maximale reductie van de
 windstuwdruk is 0.72 (=0.85x0.85)

2): de ondergrens voor $cs=0.85$ (rekentoestand)

Cs;loodrecht = 0.83 (kaslengte 45.0 m)
 Ccor;parallel = 0.85 (kasbreedte 51.2 m)

+-----+

3.3.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
 $EN\ 13031-1: R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5\ N/m^2\ 1)$

3.3.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
 For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
 category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = U1/[1/U-R.se] = 9.530 W/m²*K
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $[20.2634 / ((Ti-5) * (\sin(0.4 * Uo - 0.1))^{3/4})] = 70219\ N/m^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$$C_t = [1 - 0.054(Sk_{max}/3500)^{1/4} * (Ti - 5) * (\sin(0.4 * Uo - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000 \text{ (incl. corrections)}$$

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0*Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

3.3.4 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
- B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
- B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- Combinaties voor dekroeden:
 - BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor de goot:
 - BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
 - BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.3.5 Tabel 7: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen ge- wicht dek a= 140 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 100 N/m ² + 0 N/m ² = 100 N/m ²	Wind- belasting a= 533 N/m ² b= 383 N/m ² c= 533 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 423 N/m ² b= 423 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 6000 N b= 1250 N	Aardbeving AgR = 0.000 [Sd]
1	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	b 1.00(0.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.02(1.00)	1.02(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.02(1.00)	1.02(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	b 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.02(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
7	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
8	1.15(1.00)	1.15(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)
9	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
10	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
11	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exceptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd

(zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 4424	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 3500	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 3500	mm	
- Roof angle	: alpha = 30.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 51200	mm	Ratio h/W = 0.0684
- Greenhouse length	: L = 45000	mm	Ratio h/L = 0.0778
- Bay width gutter to gutter	: S = 3200	mm	Ratio h/S = 1.0938

3.4 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

3.4.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 4.1| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.26 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.20 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.45 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.65 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.39 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.44 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.28 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.38 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.20 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.28 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -8429| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 79.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 145675 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 12841 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 145.1 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1640.3 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.52 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.07 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 12.3| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.49 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.34 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.46 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.64 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.39 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.45 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.32 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.13 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.43 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.23 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.32 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -8429| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 77.2 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 147953 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 14737 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 147.2 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1664.1 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.53 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.08 <= 1.00: voldoet.

3.4.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 3.8 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.17 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.28 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.18 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.08 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.11 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -1581 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 34.1 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 54891 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 5164 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 54.6 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 614.9 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.03 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 9.4| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.16 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.28 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.18 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.12 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.16 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.09 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.12 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -2011| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 33.5 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 52092 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 13049 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 51.8 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 12.9 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 581.3 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 143.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.18 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.10 <= 1.00: voldoet.

3.4.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 9.9 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.30 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.23 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.52 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.76 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.46 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.52 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.32 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.44 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.24 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.33 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -10156 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 92.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 169945 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 14882 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 169.3 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1913.9 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.60 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 28.6| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.58 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.40 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.53 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.74 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.46 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.53 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.37 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.15 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.50 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.27 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.37 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -10156| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 89.8 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 172594 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 17090 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 171.7 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1941.5 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.61 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.09 <= 1.00: voldoet.

3.4.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- opwaarts : | -1.3 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.17 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.16 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.10 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.00 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.12 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.07 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.06 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.09 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.06 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 12.1 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 3472 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 49325 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 0.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 49.2 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 0.0 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 554.7 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.01 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- opwaarts : | -5.4| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.22 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.00 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.13 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.10 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.07 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 27.2 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 13095 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 49151 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 13.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 49.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 147.1 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 553.8 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

3.4.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- opwaarts : | -1.3| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.17 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.16 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.10 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.00 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.12 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.07 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.06 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.09 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.06 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 12.1 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 3472 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 49325 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 0.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 49.2 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 0.0 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 554.7 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.01 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- opwaarts : | -5.4| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.22 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.00 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.13 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.10 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.07 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 27.2 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 13095 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 49151 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 13.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 49.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 147.1 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 553.8 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

3.4.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 2.6 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.04 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.09 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.14 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.09 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.02 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.04 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.05 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -1206 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 17.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 28082 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 2405 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 28.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 314.9 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.01 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 4.6 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.12 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.07 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.08 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.04 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.03 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.04 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.05 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -1382 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 14.5 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 22244 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 15213 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 22.2 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 15.2 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 249.1 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 169.2 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.11 <= 1.00: voldoet.

3.4.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

- 2e rij tralies:
 Niet van toepassing

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- opwaarts : | -3.7| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.15 <= 1.00: voldoet.
 - in het vlak : 0.13 <= 1.00: voldoet.
 - doorsnede : 0.12 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.17 <= 0.95: voldoet.
 - in het vlak : 0.08 <= 1.00: voldoet.
 - doorsnede : 0.12 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.00 <= 1.00: voldoet.
 - trek : 0.11 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.07 <= 1.00: voldoet.
 - trek : 0.06 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.08 <= 1.00: voldoen
 - Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.06 <= 1.00: voldoen
 - Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.
 - plaatsvasth.or: 20.2 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 9364 N < 203328 N: voldoen.
 - onderste : 40270 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 9.3 kN < 226.1 kN: voldoet.
 - pons onder : 40.1 kN < 134.5 kN: voldoet.
 - buiging boven : 105.3 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.
 - buiging onder : 454.2 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.03 <= 1.00: voldoet.
 - onderrand : 0.30 <= 1.00: voldoet.

3.4.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 11.0| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.27 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.31 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.47 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.27 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.31 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.24 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.33 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.18 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.25 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -6181| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 57.2 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 99551 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 10658 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 99.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1117.7 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 21.3| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.42 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.30 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.31 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.46 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.26 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.31 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.27 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.37 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.20 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.27 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -6181| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 55.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 100707 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 11870 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 100.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1129.2 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.06 <= 1.00: voldoet.

3.4.9 B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 5.3 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.14 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.36 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.21 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.12 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.16 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -3551 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 44.0 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 102602 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 9446 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 102.2 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1154.2 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 15.5| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.27 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.25 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.35 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.25 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.18 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.13 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.18 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -3551| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 42.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 104240 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 10797 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 103.7 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1171.2 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.37 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.06 <= 1.00: voldoet.

3.4.10 B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 5.3 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.14 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.36 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.21 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.12 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.16 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -3551 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 44.0 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 102602 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 9445 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 102.2 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1154.2 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 15.5| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.27 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.25 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.35 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.25 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.18 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.13 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.18 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -3551| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 42.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 104240 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 10797 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 103.7 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1171.2 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.37 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.06 <= 1.00: voldoet.

3.4.11 B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 4.1| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.19 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.29 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.17 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.19 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.13 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.17 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.09 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.13 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -2331| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 35.0 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 80909 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 7634 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 80.5 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 909.6 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.29 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.04 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 12.3| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.15 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.19 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.28 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.17 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.20 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.14 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.20 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.11 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.15 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -2331| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 34.0 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 82216 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 8707 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 81.8 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 923.1 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

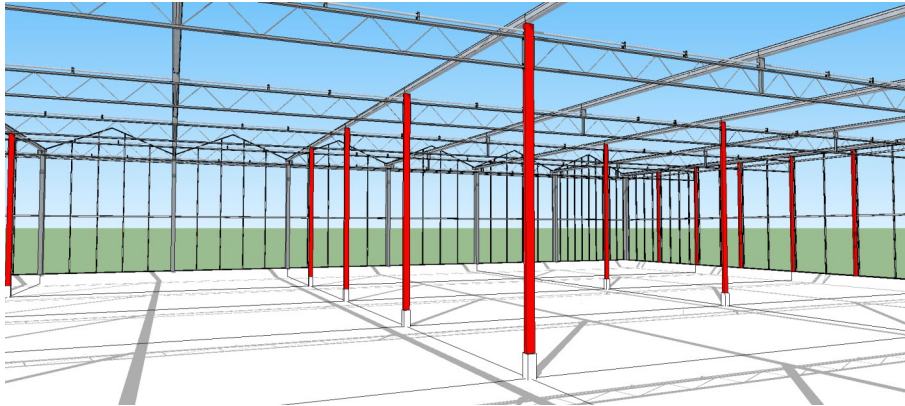
Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.29 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd

De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



4 K O L O M M E N en P O E R E N

Kasgegevens:

- Kastype	: Venlo-warenhuis
- Overspanning (l)	: 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Aantal gekoppelde spanten	: 4 (y-richting)
- Vakmaat (v)	: 4.50 m
- Kolomhoogte (h)	: 3.20 m
- Funderingstype	: niet-onderheide fundering (op staal)
- Grondsoort	: Klei NPR3860

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de kolommen inclusief de fundatie van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
- NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
 - * NEN 9997-1: Algemene regels

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de kolommen wordt verwezen naar TNO rapport: BI-89-116* "Rekenregels voor de dimensionering van de kolommen van Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1989.

Voor een toelichting op de berekening van de poeren wordt verwezen naar TNO rapport: 93-CON-R0304 "Rekenregels voor de dimensionering en de controle van de poeren van de kolommen, schoorvakken en portaalspanten voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1993

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

Design specification of the Columns.

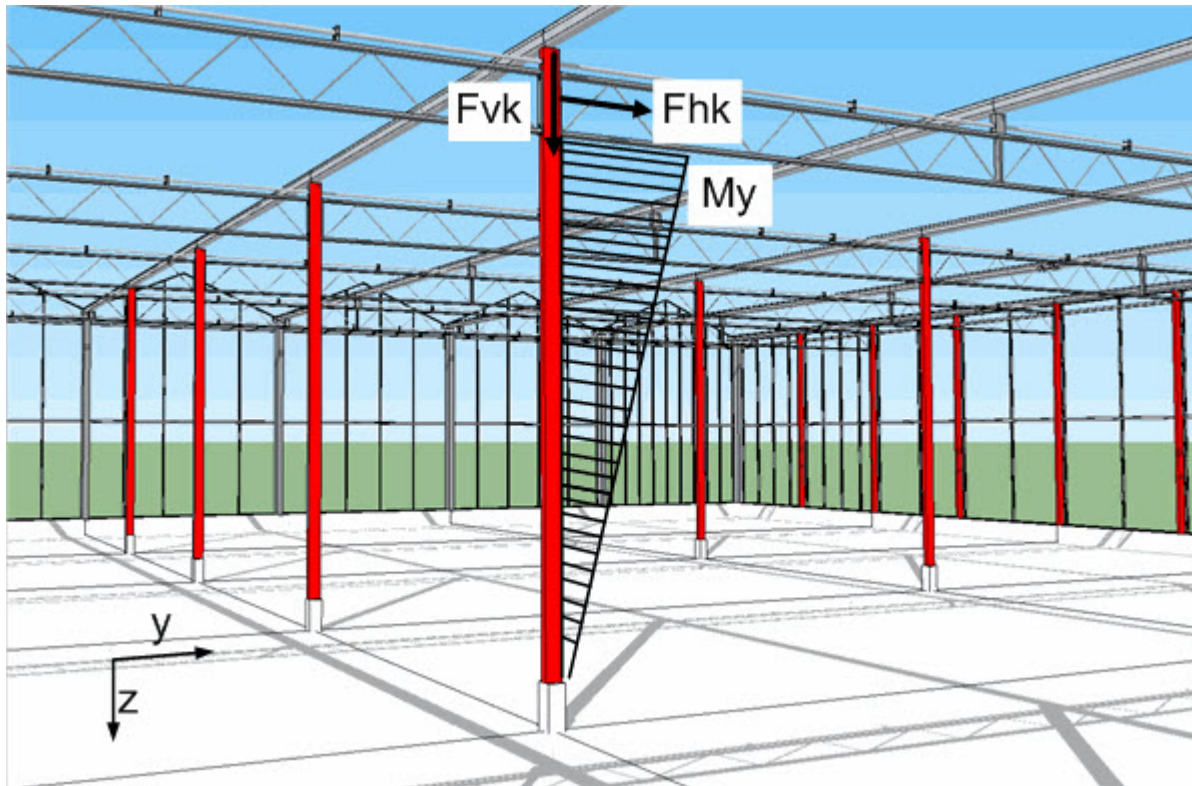


Figure: Schematic representation of a column inside the greenhouse.

Stability of the greenhouse construction with wind load at the side wall.
The stability of the construction with wind load at the side-wall "in truss direction" will be delivered by the columns through a fixed truss-column connection (type: unbraced-framework).
A detailed calculation of the column is made by the computer program CASTA/Kassenbouw.
The calculation with total 5 columns (4 trusses) in one row. The calculations shows that the chosen column RHBK100*100*3.0 mm (S235) with a height of 3.20 m is satisfactory for loadings according NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;

Contents:

0. CONCLUSION
1. INPUT DATA
2. DATA OF THE APPLIED STANDARD
3. SUMMARY OF CALCULATION RESULTS PER LOADING CASE
4. SUMMARY OF LOADINGS AT THE FOUNDATION
5. PROFILE DATA
6. VERIFICATION PER LOAD COMBINATION

4.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

- Kolommen:

- Sterkte (B.C.2) : 0.47 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning (B.C.2) : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit (B.C.2) : 0.57 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid (B.C.2) : 21.6 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

- Kantelstabiliteit fundatie:

- Momenten (B.C.3) n : 26184 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal (B.C.3) : | 58707 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal (B.C.2) : 1153 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting (B.C.2) : 0.088 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.1.1 Eindconclusie(s):

- De kolommen voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Kolommen RHBK100*100*3.0 (S235 (EN10219)) : voldoen
- De fundatie voldoet qua kantelstabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Poeren BPRD1000*600 : voldoen
- Controle van de fundatiepalen is niet uitgevoerd.

4.1.2 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
 - B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
 - B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
 - B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic
- Een eventuele gatverzwakking in de kolom ter plaatse van de onderrand van de tralieligger, bijvoorbeeld voor de doorvoer van kabels of draden, is niet in rekening gebracht. Dit kan de toepassing van een grotere wanddikte noodzakelijk maken.
- Voor de controle van de fundatie van de gevelkolommen wordt verwezen naar de onderdelen Kop- en Zijgevels. Met deze onderdelen van CASTA Kassenbouw kan de gevelfundatie gedimensioneerd en gecontroleerd worden.
- Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de spantkolom onder het onderdeel Zijgevels.
- De controle is uitgevoerd inclusief de kolommenrij achter de kopgevel in zone G
Zie EN13031-1, Figure B.2 - Zones for global pressure coefficients for walls 90 deg.
- Bij controle van de draagkracht en de zetting van de grond volgens NEN 6740 en NEN 6744 is uitgegaan van een volledig gedraineerde toestand, volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744. In geval van een ongedraineerde toestand, of een niet-volledig gedraineerde toestand, dient een grondmechanisch of geotechnisch adviseur ingeschakeld te worden.

4.2 INVOERGEGEVENS

4.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte gevel : 3.20 m
- Kaslengte (L) : 45.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 4

4.2.2 Overige gegevens van de kas:

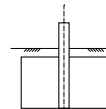
- Dekhelling (alfa) : 30.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 300 mm
- Funderingstype : niet-onderheide fundering (op staal)
- Spanthoogte (hspant) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1125 mm
- Glaslengte dek : 1790 mm
- Glas kopgevelstrook : 563 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 800 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzig): 750 mm

4.2.3 Kolommen:

- Posities van de kolom : Middenvelden; inclusief eerste kolommenrij achter de kopgevel
- Profiel : RHBK100*100*3.0
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Lengte kolom : 3200 mm

4.3 Gegevens van de fundering van de binnenkolommen:

- Palen (14 liter beton) : RH120*120*1000
- Poeren (467 liter beton): BPRD1000*600 mm (Betonprop rond)
- Poerdiepte (Dpoer) : 400 mm
- Funderingshoogte (Fhp) : 300 mm
- Grondsoort : Klei NPR3860



4.3.1 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 140 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Spant (Fspant 1e rij) : 2764 N
- Spant (Fspant 2e rij) : 2764 N

4.3.2 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

4.3.3 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basic wind velocity : V50 = 27.0 m/s reference V15 = 24.9 m/s
- Basic snowload : SK = 700.0 N/m²
- Berekenende afsmeltfactor : Ct = 1.000
- Type kasdek omhulling : Single-layer: 4 mm Soda lime glass
- Temperatuur onder kasdek: Niet verwarmd
- Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
- Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : Rf = 15 year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : AgR = 0.000 x g m/sec²
 (Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: gs = 1.30
- Windstuwdruk (qwind) : 533 N/m² dekoppervlak
 (N.B.: Nokhoogte: H = 0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * tan 30° = 4.424 m)
 Gebouwhoogte: 4.424 m. Eff.hoogte: ze = 4.424 m
- Sneeuwbelasting (qsneeuw) : 423.5 N/m² grondoppervlak
- Installaties : 100 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
- Installaties totaal : 100 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (qgewas) : 0 = Max(0 , 0) N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak
- Transportlast incidenteel : 1250 N
- permanent : 0 N
- Kasdekreiniger : Gewicht = 6000 N, wielbasis = 1500 mm

4.4 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

4.4.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

4.4.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K1 * \ln(1 / ref)}{1 - K1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$

- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- Reductiefactor $c_{scd} = \max(0.72, (0.83 * 0.85)) = 0.72$ (rekentoestand)
- Reductiefactor $c_{scd}' = 0.83 * 0.85 = 0.70$ (gebruikstoestand)

Voor de reductiefactoren wordt de onderstaande tabel aangehouden
 (tussenliggende waarden via lineaire interpolatie):

+-----+(volgens EN13031-1)

X	Cs 2)	Ccor
[m]	loodrecht	parallel
5	0.92	1.00
10	0.89	0.85
20	0.87	0.85
30	0.85	0.85
50	0.82	0.85
75	0.80	0.85
100	0.78	0.85
150	0.75	0.85
> 200	0.73	0.85

1): de maximale reductie van de
 windstuwdruk is 0.72 (=0.85x0.85)

2): de ondergrens voor $cs=0.85$ (rekentoestand)

Cs;loodrecht = 0.83 (kaslengte 45.0 m)
 Ccor;parallel = 0.85 (kasbreedte 51.2 m)

+-----+

4.4.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
EN 13031-1: $R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5 \text{ N/m}^2$

4.4.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = $U_1 / [1/U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $[20.2634 / ((T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4})] = 70219 \text{ N/m}^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax} / 3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0 * Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

4.4.4 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
- B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
- B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- Combinaties voor dekroeden:
 - BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor de goot:
 - BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
 - BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.4.5 Tabel 7: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen ge- wicht dek a= 140 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 100 N/m ² + 0 N/m ² = 100 N/m ²	Wind- belasting a= 533 N/m ² b= 383 N/m ² c= 533 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 423 N/m ² b= 423 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 6000 N b= 1250 N	Aardbeving AgR = 0.000 [Sd]
1	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	b 1.00(0.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.02(1.00)	1.02(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.02(1.00)	1.02(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	b 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.02(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
7	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
8	1.15(1.00)	1.15(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)
9	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
10	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
11	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

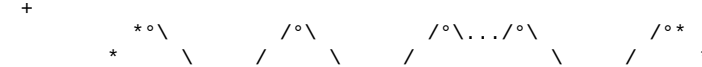
Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exeptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

4.4.6 Tabel 7: Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

-
 - +- + Tekenafspraken
 +



BC	gevel druk	gevel +	1e kap	2e kap	middenkappen	eindkap	gevel zuig	Druk in de kas	Cpf, h
1	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
2	+0.60	+0.30	-1.00	-0.70	-0.40	-0.40	-(0.30)	-0.30	0.03
3	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
4	+0.60	+0.30	-1.00	-0.70	-0.40	-0.40	-(0.30)	0.20	0.03
5	+0.60	+0.30	-1.00	-0.70	-0.40	-0.40	-(0.30)	0.20	0.03
6	+0.60	-1.07	-1.00	-0.70	-0.40	-0.40	-(0.30)	-0.30	0.03
7	+0.60	-0.36	-0.36	-0.36	-0.36	-0.36	-(0.30)	0.20	0.03
8	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
9	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
10	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
11	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00

*) Overdruk=positief / Onderdruk=negatief

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd (zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 4424	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 3500	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 3500	mm	
- Roof angle	: alpha = 30.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 51200	mm	Ratio h/W = 0.0684
- Greenhouse length	: L = 45000	mm	Ratio h/L = 0.0778
- Bay width gutter to gutter	: S = 3200	mm	Ratio h/S = 1.0938

4.5 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

4.5.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Kolommen:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.18	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.19	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.47	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid	: 1.1 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 15277 Nm	<	32264 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -15133 Nm	<	6707 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 34314 N	<	65832 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 55 N	<	5542 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.088 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

4.5.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Kolommen:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.47	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.46	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.57	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid	: 21.6 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 15345 Nm	<	32264 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -12347 Nm	<	6707 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 31247 N	<	65832 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 1153 N	<	5542 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.088 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

4.5.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Kolommen:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.21	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.22	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.55	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid	: 3.3 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 26184 Nm	<	32264 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -25844 Nm	<	6707 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 58707 N	<	65832 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 131 N	<	5542 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.088 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

4.5.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.44 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : trek in de kolom, dus: voldoet.
- Stijfheid : 18.6 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 5962 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -3033 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 10150 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 1127 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.073 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.44 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : trek in de kolom, dus: voldoet.
- Stijfheid : 18.6 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 5962 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -3033 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 10150 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 1127 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.073 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.27 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid : 12.3 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 11529 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -9699 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 23953 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 704 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.073 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.24 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : trek in de kolom, dus: voldoet.
- Stijfheid : 9.2 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 5824 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -4379 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 11513 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 556 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.073 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid : 1.2 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 17970 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -17814 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 40377 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 60 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.088 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.9 B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.25 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid : 1.4 mm < 128.0 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 17458 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -17275 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 39193 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 70 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.088 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.10 B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.25 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid : 1.4 mm < 128.0 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 17458 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -17275 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 39193 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 70 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.088 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.11 B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid : 1.1 mm < 128.0 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 15277 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -15133 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 34314 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 55 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.088 m < 0.100 m, dus: voldoet.

N.B. NBM = Kantelstabiliteit bij neerwaarts bezwijkmodel
OBM = Kantelstabiliteit bij opwaarts bezwijkmodel
(zie TNO-rapport 93-CON-R0304)

4.6 OVERZICHT BELASTINGEN OP DE FUNDERING:

Overzicht maatgevende belastingen op de fundatiepaal per belastingscombinatie. !NP[<%rn,+>],P
 (uitkomsten in rekentoestand, eventueel tussen haakjes in gebruikstoestand) !NP[<%rn,+>],P

4.6.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 42240	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 92	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 131	N	(55	N)

4.6.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 14317	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 1042	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 1489	N	(1153	N)

4.6.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 49328	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 107	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 153	N	(131	N)

4.6.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = -11377	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 1036	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 1480	N	(1127	N)

4.6.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = -11377	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 1036	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 1480	N	(1127	N)

4.6.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 6479	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 636	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 908	N	(704	N)

4.6.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = -9640	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 515	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 735	N	(556	N)

4.6.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 28211	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 49	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 70	N	(60	N)

4.6.9 B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 22727	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 49	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 70	N	(70	N)

4.6.10 B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 22727	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 49	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 70	N	(70	N)

4.6.11 B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

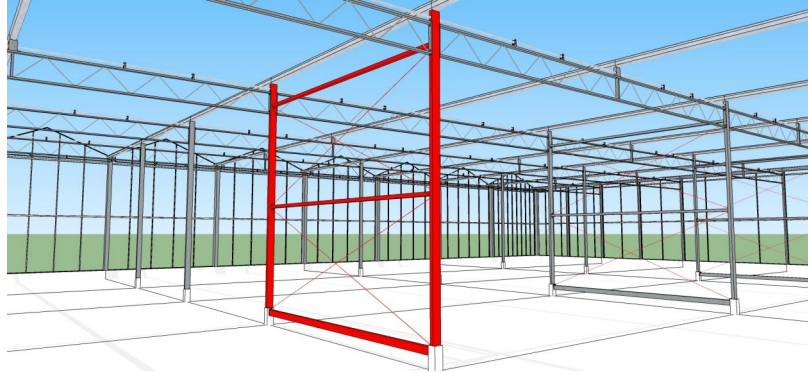
- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 17848	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 39	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 55	N	(55	N)

The diagram illustrates a pile foundation system. A vertical column is shown above the ground level, with a downward arrow labeled N_b representing the load. The column is labeled "Column". Below the ground level, a pile is shown, with a downward arrow labeled F_{hk} representing the load. The pile is labeled "Pile". The ground level is indicated by a horizontal line with hatching below it, labeled "Soil level". Below the ground level, a red rectangular area represents the soil, labeled "Pad". A curved arrow labeled M_d indicates the bending moment on the pile within the soil.

Table Combination	Load V Nb ULS	Load V Nb ULS	Moment Md ULS	Load H Fhk ULS	Load H Fhk SLS	Displ. Hgut.	Max. Displ
span dir	[N]	+Feg[N]	[Nm]	[N]	[N]	[mm]	[mm]
		anchor					
BC1	42240	42529	92	131	55	1.1	42.7
BC2	14317	14612	1042	1489	1153	21.6	42.7
BC3	49328	49623	107	153	131	3.3	42.7
BC4	-11377	-11088	1036	1480	1127	18.6	42.7
BC5	-11377	-11088	1036	1480	1127	18.6	42.7
BC6	6479	6774	636	908	704	12.3	42.7
BC7	-9640	-9351	515	735	556	9.2	42.7
BC8	28211	28542	49	70	60	1.2	42.7
BC9	22727	23015	49	70	70	1.4	128.0
BC10	22727	23015	49	70	70	1.4	128.0
BC11	17848	18137	39	55	55	1.1	128.0

Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd

De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



5 K R U I S S C H O O R V A K K E N en P O E R E N

Kasgegevens:

- Kastype	: Venlo-warenhuis
- Overspanning (l)	: 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Aantal gekoppelde spanten	: 4 (y-richting)
- Vakmaat (v)	: 4.50 m
- Kolomhoogte (h)	: 3.20 m
- Kaslengte (L)	: 45.0 m
- Aantal schoorvakken(nstab):	: 2
- Funderingstype	: niet-onderheide fundering (op staal)
- Grondsoort	: Klei NPR3860

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de kruisschoorvakken en de fundatie van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
- NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
 - * NEN 9997-1: Algemene regels

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de schoorvakken en/of stabiliteitsportalen wordt verwezen naar TNO rapport: BI-89-002* "Berekening van kruisschoorvakken en stabiliteitsportalen voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen", Delft/1989.

Voor een toelichting op de berekening van de poeren wordt verwezen naar TNO rapport: 93-CON-R0304 "Rekenregels voor de dimensionering en de controle van de poeren van de kolommen, schoorvakken en portaalspanten voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1993

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

5.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

- Bovenstuk kolom:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.35 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.35 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.56 < 1.00, dus: voldoet.
- Onderstuk kolom:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.37 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.37 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.56 < 1.00, dus: voldoet.
- Koppelbalk boven:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.1) : 0.55 < 1.00, dus: voldoet.
- Tussenliggende koppelbalk:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.17 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.1) : 0.82 < 1.00, dus: voldoet.
- Schoren:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.78 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (elke BC) : alleen op trek belast dus: voldoet
 - Stabiliteit (elke BC) : alleen op trek belast dus: voldoet
- Koppelbalk onder:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.22 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.1) : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
 - Verplaatsing (B.C.1) : 2.3 mm < 5.0 mm, dus: voldoet.
- Stijfheid kruisschoorvak:
 - Verplaatsing (B.C.1) : 12.2 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie:
 - Momenten (B.C.2) n : 25922 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal (B.C.2) : | 60739 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal (B.C.1) : 3197 N < 8044 N, dus: voldoet.
 - Zetting (B.C.1) : 0.084 m < 0.100 m, dus: voldoet.

5.1.1 Eindconclusie(s):

- De 2 kruisschoorvakken voldoen qua sterkte/stijfheid/stabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) : voldoen
 - Bovenl. koppelbalken RHBK50*50*2.0, S235 (EN10219) : voldoen
 - Tussenl.koppelbalken RHBK50*50*2.0, S235 (EN10219) : voldoen
 - Schoren RD10.0 mm (S235 (EN10219)) : voldoen
 - Onderl. koppelbalken RHBK80*80*6.0, S235 (EN10219) : voldoen
 - Stijfheid kruisschoorvak : voldoet
- De fundatie voldoet qua kantelstabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Poeren BPRD930*800 : voldoen
 - Controle van de fundatiepalen is niet uitgevoerd.

- Toetsing van de gootlengte voor thermische vervormingen:

Goot	Lmax (m)	
-----	-----	
staal verzinkt	177.8	> 45.0 m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.
staal wit	237.0	> 45.0 m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.
aluminium	132.0	> 45.0 m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.
aluminium geïsoleerd	155.7	> 45.0 m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.

5.1.2 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
 - B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic
- De kruisschoorvakken zijn alleen in gootrichting gecontroleerd.
De controle van de kolommen en de poeren in spantrichting kan met het onderdeel CASTA/Kolommen worden uitgevoerd.
- Voor een nadere controle van de schoorverbindingen met de onderliggende koppelbalk en met de kruisschoorvak-kolommen wordt verwezen naar EN 1993-1-1 (Staalconstructies) en EN 1993-1-8 (Verbindingen).
- Voor de controle van de prefab-betonpalen wordt verwezen naar de (toetsingsrapporten van de) leverancier.
- Bij controle van de draagkracht en de zetting van de grond volgens NEN 6740 en NEN 6744 is uitgegaan van een volledig gedraineerde toestand, volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744. In geval van een ongedraineerde toestand, of een niet-volledig gedraineerde toestand, dient een grondmechanisch of geotechnisch adviseur ingeschakeld te worden.

5.2 INVOERGEGEVENS

5.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte gevel : 3.20 m
- Kaslengte (L) : 45.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 4

5.2.2 Overige gegevens van de kas:

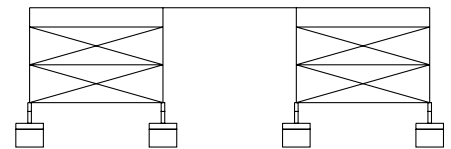
- Dekhelling (alfa) : 30.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 300 mm
- Funderingstype : niet-onderheide fundering (op staal)
- Spanthoogte (hspant) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1125 mm
- Glaslengte dek : 1790 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 800 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 750 mm

5.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK100*100*3.0
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Lengte kolom : 3200 mm

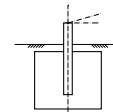
5.2.4 Gegevens van de kruisschoorvakken:

- Dubbel : Ja
- Aantal (nstab) : 2
- Kolommen : RHBK100*100*3.0 mm
- Lengte kolommen : 3200 mm
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Bovenl. koppelbalk : RHBK50*50*2.0 mm (S235 (EN10219))
- Schoren : RD10.0 mm (S235 (EN10219))
- Tussenbalk : RHBK50*50*2.0 mm (S235 (EN10219))
- - positie : 1275 mm (symmetrisch)
- Onderl. Koppelbalk : RHBK80*80*6.0 mm (S235 (EN10219))
- Schoorverlaging (vs) : 650 mm
- Onderbalkverlaging (vok) : 0 mm



5.3 Gegevens van de fundering van de kruisschoorvakken:

- Palen (14 liter beton) : RH120*120*1000
- Poeren (539 liter beton): BPRD930*800 mm (Betonprop rond)
- - Poerdiepte (Dpoer) : 400 mm
- Funderingshoogte (fhp) : 300 mm
- Grondsoort : Klei NPR3860



5.3.1 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 140 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Spant (Fspant 1e rij) : 2764 N
- Spant (Fspant 2e rij) : 2764 N

5.3.2 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

5.3.3 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basic wind velocity : V50 = 27.0 m/s reference V15 = 24.9 m/s
- Basic snowload : SK = 700.0 N/m²
- Berekende afsmeltfactor : Ct = 1.000
- Type kasdekhulling : Single-layer: 4 mm Soda lime glass
- Temperatuur onder kasdek: Niet verwarmd
- Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
- Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : Rf = 15 year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : AgR = 0.000 x g m/sec²
 (Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: gs = 1.30
- Windstuwdruk (qwind) : 533 N/m² dekoppervlak
 (N.B.: Nokhoogte: H = 0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * tan 30° = 4.424 m)
 Gebouwhoogte: 4.424 m. Eff.hoogte: ze = 4.424 m
- Sneeuwbelasting (qsneeuw) : 423.5 N/m² grondoppervlak
- Installaties : 100 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
- Installaties totaal : 100 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (qgewas) : 0 = Max(0 , 0) N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak

- Transportlast incidenteel : 1250	N
permanent : 0	N
- Puntlast onderbalk (Fpunt): 1000	N

5.4 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

5.4.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

5.4.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K1 * \ln(1 / ref)}{1 - K1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$

- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- Reductiefactor $c_{scd} = \max(0.72, (0.82 * 0.85)) = 0.72$ (rekentoestand)
- Reductiefactor $c_{scd}' = 0.82 * 0.85 = 0.70$ (gebruikstoestand)

Voor de reductiefactoren wordt de onderstaande tabel aangehouden
 (tussenliggende waarden via lineaire interpolatie):

+-----+(volgens EN13031-1)

X	Cs 2)	Ccor
[m]	loodrecht	parallel
5	0.92	1.00
10	0.89	0.85
20	0.87	0.85
30	0.85	0.85
50	0.82	0.85
75	0.80	0.85
100	0.78	0.85
150	0.75	0.85
> 200	0.73	0.85

1): de maximale reductie van de
 windstuwdruk is 0.72 (=0.85x0.85)

2): de ondergrens voor $cs=0.85$ (rekentoestand)

Cs;loodrecht = 0.82 (kasbreedte 51.2 m)

Ccor;parallel = 0.85 (kaslengte 45.0 m)

+-----+

5.4.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
EN 13031-1: $R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5 \text{ N/m}^2$

5.4.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = $U_1 / [1/U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $20.2634 / [(T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] = 70219 \text{ N/m}^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax} / 3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0 * Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

5.4.4 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- Combinaties voor dekroeden:
 - BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor de goot:
 - BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
 - BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

5.4.5 Tabel 7: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen ge- wicht dek a= 140 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 100 N/m ² + 0 N/m ² = 100 N/m ²	Wind- belasting a= 533 N/m ² b= 383 N/m ² c= 533 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 423 N/m ² b= 423 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 6000 N b= 1250 N	Aardbeving AgR = 0.000 [Sd]
1	1.02(1.00)	1.02(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.02(1.00)	1.02(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	b 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	1.02(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.15(1.00)	1.15(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)
7	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
8	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
9	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exceptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd (zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 4424	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 3500	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 3500	mm	
- Roof angle	: alpha = 30.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 51200	mm	Ratio h/W = 0.0684
- Greenhouse length	: L = 45000	mm	Ratio h/L = 0.0778
- Bay width gutter to gutter	: S = 3200	mm	Ratio h/S = 1.0938

5.4.6 Tabel 7: Windvormfactoren bij wind evenwijdig (||) aan de nok:

BC	Vormfactor Wind, dek	Factor Windwrijving	Winddruk kopgevel	Windzuiging kopgevel	Druk in de kas*)
1	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.20
2	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
3	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
4	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
5	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.20
6	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
7	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
8	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
9	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00

*) Overdruk=positief / Onderdruk=negatief

5.5 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

5.5.1 B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.35	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.35	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.36	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.37	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.37	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.35	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.55	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.15	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.17	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.82	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.78	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.21	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.22	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 2.3 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 12.2 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
----------------	-----------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 16198 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -10116 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 31927 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 3197 N	<	8044 N,	dus: voldoet.

- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 18951 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -12868 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 38606 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 3197 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.084 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.2 B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.24 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.26 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.56 < 1.00, dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.25 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.26 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.56 < 1.00, dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.18 < 1.00, dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.25 < 1.00, dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : op trek belast dus: voldoet
- Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.03 < 1.00, dus: voldoet.
- Verplaatsing : 0.7 mm < 5.0 mm, dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing : 3.9 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 25031 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -23248 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 58578 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 937 N < 8044 N, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 25922 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -24139 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 60739 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 937 N < 8044 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.084 m < 0.100 m, dus: voldoet.

5.5.3 B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.27	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.26	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.25	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.29	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.28	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.18	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.50	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.14	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.15	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.74	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.71	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.19	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.20	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.10	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 2.1 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 10.7 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
----------------	-----------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 10009 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -4543 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 17656 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 2873 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 12495 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -7028 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 23688 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 2873 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.070 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.27	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.26	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.25	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.29	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.28	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.18	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.50	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.14	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.15	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.74	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.71	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.19	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.20	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.10	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 2.1 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 10.7 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
----------------	-----------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 10009 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -4543 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 17656 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 2873 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 12495 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -7028 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 23688 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 2873 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.070 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.33	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.32	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.32	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.34	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.34	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.29	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.53	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.15	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.16	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.79	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.75	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.21	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.22	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 2.2 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 11.6 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
----------------	-----------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):				
- Momenten NBM	: 13756 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -7916 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 26294 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 3069 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):				
- Momenten NBM	: 16403 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -10563 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 32718 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 3069 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.070 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.6 B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.14	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.31	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.14	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.31	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.07	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.07	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.14	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 0.3 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 1.7 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
----------------	----------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 17193 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -16414 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 40775 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 409 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 17649 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -16870 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 41882 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 409 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.084 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.7 B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.26	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.26	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.11	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.14	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit :	op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.01	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing :	0.4 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing :	2.0 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
------------------	--------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM :	16756 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-15797 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	39496 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	504 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM :	17290 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-16331 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	40793 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	504 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting :	0.084 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.8 B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.26	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.26	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.14	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.01	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 0.4 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 2.0 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
----------------	----------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):				
- Momenten NBM	: 16756 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -15797 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 39496 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 504 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):				
- Momenten NBM	: 17290 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -16331 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 40793 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 504 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.084 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.9 B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.20	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.20	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.05	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.05	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.12	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit :	op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.02	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.02	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.01	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing :	0.3 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing :	1.6 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
------------------	--------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):	
- Momenten NBM :	14687 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-13934 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal :	34726 N < 61324 N, dus: voldoet.
- Horizontaal :	396 N < 8044 N, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):	
- Momenten NBM :	15132 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-14379 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal :	35806 N < 61324 N, dus: voldoet.
- Horizontaal :	396 N < 8044 N, dus: voldoet.
- Zetting :	0.084 m < 0.100 m, dus: voldoet.

N.B. NBM = Kantelstabiliteit bij neerwaarts bezwijkmodel
 OBM = Kantelstabiliteit bij opwaarts bezwijkmodel
 (zie TNO-rapport 93-CON-R0304)

5.6 OVERZICHT BELASTINGEN OP DE FUNDERING:

Overzicht maatgevende belastingen op de fundatiepaal per belastingscombinatie.
 (uitkomsten in rekentoestand, eventueel tussen haakjes in gebruikstoestand)

5.6.1 B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	14006	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	22450	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	2318	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	639	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	4224	N	(3197 N)

5.6.2 B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	48235	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	50422	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	600	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	166	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	1094	N	(937 N)

5.6.3 B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	-3011	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	4661	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	2106	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	581	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	3838	N	(2873 N)

5.6.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	-3011	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	4661	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	2106	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	581	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	3838	N	(2873 N)

5.6.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	8254	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	16437	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	2246	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	619	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	4094	N	(3069 N)

5.6.6 B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	27739	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	28682	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	259	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	71	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	471	N	(409 N)

5.6.7 B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	22223	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	23231	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	277	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	76	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	504	N	(504 N)

5.6.8 B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	22223	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	23230	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	277	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	76	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	504	N	(504 N)

5.6.9 B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	17453	N	
--	----	---	-------	---	--

- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	18244	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	217	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	60	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	396	N	(396 N)

5.6.10 Summary of loads at foundation:

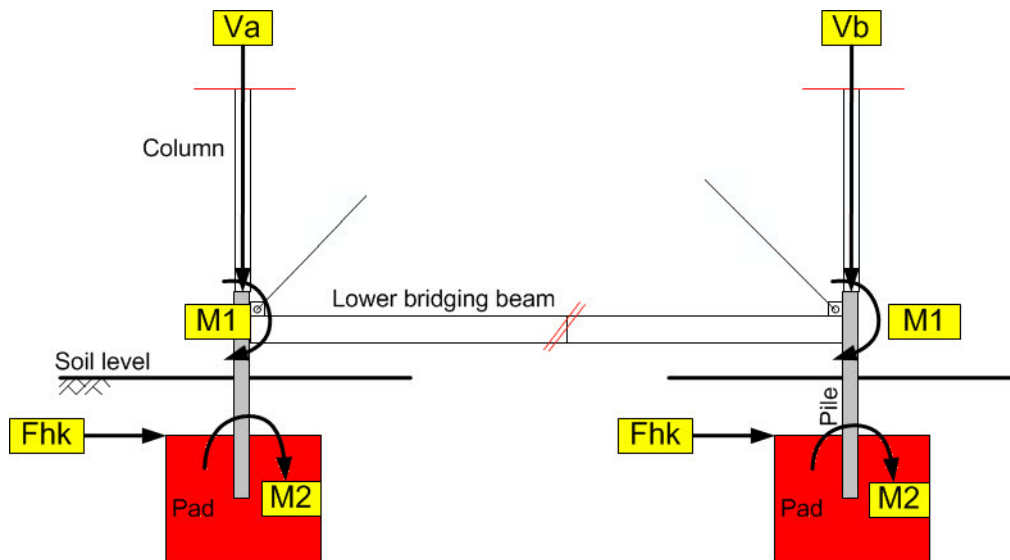
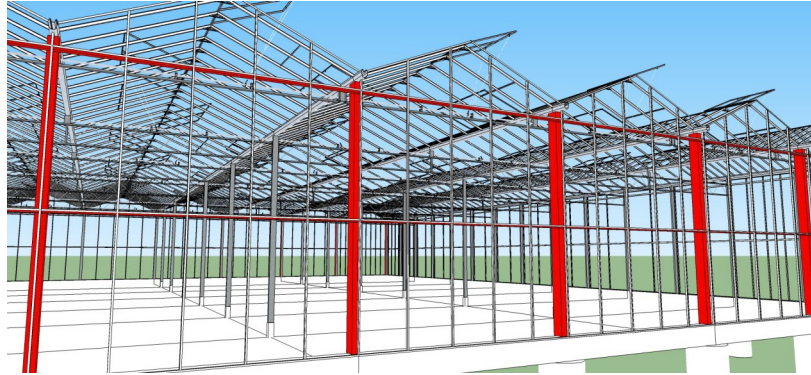


Table: Foundation forces in gutter direction

Table	Load V	Load V	Moment	Moment	Load H
Combination	Va ULS	Vb ULS	M1 ULS	M2 ULS	Fhk ULS
	+Feg[N]	+Feg[N]	[Nm]	[Nm]	[N]
	-anchor-				
BC1	14301	22744	2318	639	4224
BC2	48529	50716	600	166	1094
BC3	-2459	4949	2106	581	3838
BC4	-2459	4949	2106	581	3838
BC5	8549	16731	2246	619	4094
BC6	28070	29013	259	71	471
BC7	22511	23519	277	76	504
BC8	22511	23519	277	76	504
BC9	17741	18532	217	60	396

Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd

De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



6 K O P G E V E L S

Kasgegevens:

- Kastype	: Venlo-warenhuis
- Overspanning (l)	: 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Aantal gekoppelde spanten	: 4 (y-richting)
- Vakmaat (v)	: 4.50 m
- Kolomhoogte (h)	: 3.20 m
- Randfundering	: stortbeton 400 * 220 mm
- Funderingstype	: niet-onderheide fundering (op staal)
- Grondsoort	: Klei NPR3860

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de kopgevels en de gevelfunderatie van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1992 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies
 - * NEN-EN 1992-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1992-1-3: Geprefabriceerde betonnen elementen en constructies
- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
- NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
 - * NEN 9997-1: Algemene regels

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de kopgevels wordt verwezen naar TNO rapport: BI-92-0063* "Rekenregels voor de draagconstructie van kop- en zijgevels van Venlowarenhuizen en Breedkapkassen", Delft/1992.

Voor een toelichting op de berekening van de poeren wordt verwezen naar TNO rapport: 93-CON-R0304 "Rekenregels voor de dimensionering en de controle van de poeren van de kolommen, schoorvakken en portaalspanten voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1993

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

6.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Sterkte (B.C.2) : 0.27 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.2) : 0.26 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid (B.C.2) : 4.8 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.
- Gording 1 (B.C.2):
 - Sterkte : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Momentcap.vert (B.C.8) : 62430 Nm > 1.0 * 3801 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie:
 - Momenten (B.C.8) n : 16883 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal (B.C.8) : | 33870 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal (B.C.2) : 3073 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting (B.C.2) : 0.079 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte (B.C.2) : 75 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

6.1.1 Eindconclusie(s):

- De kopgevels voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Gootkolom (RHBK100*100*4.0 mm, S235 (EN10219)) : voldoet
 - Gordingen:
 - 1 U80*40*3.00 1525 doorgaande ligger : voldoet
 - 2 U80*40*3.00 3050 doorgaande ligger : voldoet
- De kopgevelfundatie voldoet qua sterkte en kantelstabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Randfundering (RH400*220, C20/25 (B25)) : voldoet
 - Poeren (BPRD1100*600) : voldoen
 - Haarspeld (2*RD12-FeB220) : voldoet.

6.1.2 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
 - B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
 - B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- Met nadruk wordt erop gewezen, dat de TOG kopgevelkolom ook moet voldoen aan de controle van de "gewone" TOG kolom.
- De hoekkolommen zijn niet apart gecontroleerd. Lokale effecten zoals bijvoorbeeld het toepassen van gewasdraadbogen kunnen extra belastingen veroorzaken (zie TNO-rapport BI-92-0063*).
- Als gevolg van uitzetting en krimp van de kopgevels door temperatuurswisselingen kan het bij relatief brede kassen (± 180 m) nodig zijn over een relatief grote lengte extra "smal" glas in de beide uiteinden van de kopgevels toe te passen. Het precieze aantal is afhankelijk van de gordingafstand, de glasafmetingen en de speling van het glas.
Het onderdeel CASTA/Tuinbouwglas geeft een advies over de positie van de schoren over de precieze glasinvulling van de gevels, berekend aan de hand van de Europese Kassenbouwnorm EN13031.
- Bij controle van de draagkracht en de zetting van de grond volgens NEN 6740 en NEN 6744 is uitgegaan van een volledig gedraineerde toestand, volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744. In geval van een ongedraineerde toestand, of een niet-volledig gedraineerde toestand, dient een grondmechanisch of geotechnisch adviseur ingeschakeld te worden.

6.2 INVOERGEGEVENS

6.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte gevel : 3.20 m
- Kaslengte (L) : 45.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 4

6.2.2 Overige gegevens van de kas:

- Dekhelling (alfa) : 30.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 300 mm
- Funderingstype : niet-onderheide fundering (op staal)
- Spanthoogte (hspant) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1125 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 800 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 750 mm

6.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK100*100*3.0
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Lengte kolom : 3200 mm

6.3 Gegevens van de kopgevels:

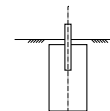
- Gootkolom (gk) : RHBK100*100*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Tabel met gordingprofielen: 2x hoh max 1525 mm (afstand laatste tot goot 150 mm)

Profiel	positie	oplegging	steun	kip
1 U80*40*3.00, S275 (EN10219)	1525	doorgaande ligger	nee	ja
2 U80*40*3.00, S275 (EN10219)	3050	doorgaande ligger	nee	ja

- Controleberekening gording met normaalkrachten uit:
 - koppelprofiel schoorvak: nee
 - gewasdraadboog : niet aanwezig
 - regenleiding aan draad : niet aanwezig
 - belichting aan draad : niet aanwezig
- Eindvakmaat (ve) : 4500 mm
- Stijfheid eindgoot (EIeg) : 315.0 kNm²
 - eindgoot : eigen invoer
 - Iy : 150.01 cm⁴
 - materiaal : staal (Eg = 210000 N/mm²)

6.4 Gegevens van de fundering van de kopgevels:

- Randfundering : RH400*220 (C20/25 (B25))
 - Aantal staven boven : 2
 - Diameter bovenwapening: RD10 -FeB500
 - Randafstand bovenkant : 50 mm
 - Randafstand zijkant : 50 mm
 - Aantal staven onder : 2
 - Diameter onderwapening: RD10 -FeB500
 - Randafstand onderkant : 65 mm
 - Randafstand zijkant : 50 mm
 - Staaftpositie verticaal : +/- 10 mm tolerantie
 - Staaftpositie horizontaal: +/- 10 mm tolerantie
- Poeren : BPRD1100*600 mm (570 liter beton)
 - Haarspeld poeren : 2*RD12-FeB220
 - Min.afstand tot randen : 55 mm
 - Tolerantie randafstand : 10 mm
 - H.o.h. afstand : 3200 mm (hele kolomafstand)
- Grondsoort : Klei NPR3860



6.4.1 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 140 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Spant (Fspant 1e rij) : 2764 N
- Spant (Fspant 2e rij) : 2764 N

6.4.2 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

6.4.3 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basic wind velocity : V50 = 27.0 m/s reference V15 = 24.9 m/s
- Basic snowload : SK = 700.0 N/m²
- Berekenende afsmeltfactor : Ct = 1.000
- Type kasdekomhulling : Single-layer: 4 mm Soda lime glass
- Temperatuur onder kasdek: Niet verwarmd
- Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
- Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : Rf = 15 year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : AgR = 0.000 x g m/sec²
(Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: gs = 1.30
- Windstuwdruk (qwind) : 533 N/m² dekoppeervlak
(N.B.: Nokhoogte: H = 0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * tan 30° = 4.424 m)
Gebouwhoogte: 4.424 m. Eff.hoogte: ze = 4.424 m
- Sneeuwbelasting (qsneeuw) : 423.5 N/m² grondoppervlak
- Installaties : 100 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
- Installaties totaal : 100 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (qgewas) : 0 = Max(0 , 0) N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak

6.5 Belastingen op de kopgevels:

- Gevel (qgevel) : 130 N/m² geveloppervlak
- Vert.belast. servicerail : 1800 kg
- E.g.leidingen (+ inhoud) : 250 N/m
- Uitkraging v.d. console : 400 mm
- Plaats van de console : 480 mm (onder de goot)
- Verder is bij de berekening van de kopgevels rekening gehouden met:
 - Schermdraden: Hoog (aantal scherminstallaties: 1)
Methode BRL 2007 aangehouden.
 - 1e scherm bovenrand:
 - Mechaniekdraad na omkeerwiel: 1.5 x 3300 N
(voorspanning = 1000 N, slipkoppeling = 50 N, aantal vakken = 25)
 - Kunststof geleidedraad : 12 x 150 N
 - Stalen geleidedraad : 2 x 1000 N
- Er is bij de berekening van de kopgevels geen rekening gehouden met:
 - Gewasdraden.
 - Trekdraden voor de hijsverwarming.
 - Regenleidingdraden.
 - Spandraden voor het ophangen van de belichting.

6.6 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

6.6.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

6.6.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K_1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K_1 * \ln(1 / ref)}{1 - K_1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$
- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- 1): geen reductie volgens Eurocode: $C_{dim;loodrecht} = 1.00$, $C_{dim;parallel} = 1.00$

6.6.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
EN 13031-1: $R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5 \text{ N/m}^2$

6.6.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = $U_1 / [1/U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $[20.2634 / ((T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4})] = 70219 \text{ N/m}^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054(Sk_{max}/3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0*Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

6.6.4 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
- B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
- B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor dekroeden:
 - BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor de goot:
 - BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
 - BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

6.6.5 Tabel 7: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen ge- wicht dek a= 140 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 100 N/m ² + 0 N/m ² = 100 N/m ²	Wind- belasting a= 533 N/m ² b= 533 N/m ² c= 533 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 423 N/m ² b= 423 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 6000 N b= 1250 N	Aardbeving AgR = 0.000 [Sd]
1	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	b 1.00(0.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.02(1.00)	1.02(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.02(1.00)	1.02(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	b 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.02(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
7	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
8	1.15(1.00)	1.15(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exceptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd (zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 4424	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 3500	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 3500	mm	
- Roof angle	: alpha = 30.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 51200	mm	Ratio h/W = 0.0684
- Greenhouse length	: L = 45000	mm	Ratio h/L = 0.0778
- Bay width gutter to gutter	: S = 3200	mm	Ratio h/S = 1.0938

6.6.6 Tabel 7: Windvormfactoren bij wind evenwijdig (||) aan de nok:

BC	Vormfactor Wind, dek	Factor Windwrijving	Winddruk kopgevel	Windzuiging kopgevel	Druk in de kas*)
1	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
2	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.20
3	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
4	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
5	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
6	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.20
7	-0.964	0.010	+0.70	+0.30	0.20
8	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00

*) Overdruk=positief / Onderdruk=negatief

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 82
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

6.7 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

6.7.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Kopgevel:

- Gootkolom:

- Doorsn.klasse : 1

- Sterkte	: 0.08	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.08	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.05	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid	: 1.2 mm	<	21.3 mm,	dus: voldoet.
- Gootsteun	: geen steun nodig voor eind-goot.			

- Gordingen:

1 - klasse : 4

- sterkte	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- spanning	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stabiliteit	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stijfheid	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.

2 - klasse : 4

- sterkte	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- spanning	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stabiliteit	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stijfheid	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3313 Nm, dus: voldoet.

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 12496 Nm	<	39211 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -11749 Nm	<	6062 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 24870 N	<	76173 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 373 N	<	3596 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.079 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

- Haarspeld poeren:

- Sterkte : 7 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 83
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.27 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.26 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 4.8 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3383 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 15195 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -9050 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : 24870 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 3073 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.079 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 75 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 84
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 1.3 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3383 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 13982 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -13235 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : 27919 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 373 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.079 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 8 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 85
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 2.2 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.04 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3313 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 12233 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -9034 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : 21816 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 1600 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.072 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 40 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 86
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 2.2 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.04 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3313 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 12233 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -9034 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : 21816 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 1600 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.072 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 40 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 87
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.22 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 3.9 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3383 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 14181 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -8582 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : 23350 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 2799 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.072 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 70 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 88
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 2.2 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.04 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3313 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 10685 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -7485 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 18639 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 1600 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.072 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 40 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 89
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 1.3 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3801 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 16883 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -16136 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 33870 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 373 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.079 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 8 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

N.B. NBM = Kantelstabiliteit bij neerwaarts bezwijkmodel
OBM = Kantelstabiliteit bij opwaarts bezwijkmodel
(zie TNO-rapport 93-CON-R0304)

6.8 OVERZICHT BELASTINGEN OP DE FUNDERING:

Overzicht belastingen op de randfundering in rekentoestand, tussen haakjes in gebruikstoestand.

Belastingen op de betonnen randfundering:

- Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3200 mm
- Hart op Hart afstand poeren : 3200 mm (hele kolomafstand)

6.8.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = 5577 N (2528 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 373 N (373 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 373 N

6.8.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = 2582 N (2528 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 3823 N (3073 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 3823 N

6.8.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = 6469 N (5577 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 381 N (373 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 381 N

6.8.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = -947 N (-526 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 2012 N (1600 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 2012 N

6.8.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = -947 N (-526 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 2012 N (1600 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 2012 N

6.8.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = 1029 N (1008 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 3544 N (2799 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 3544 N

6.8.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = -4999 N (-3703 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 2012 N (1600 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 2012 N

6.8.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = 14376 N (11528 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 429 N (373 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 429 N

6.8.9 Summary of loads at foundation:

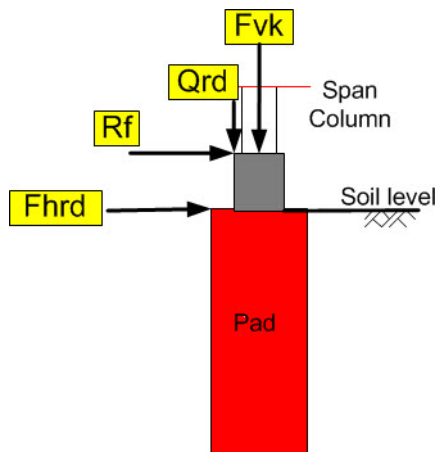


Table: Foundation forces gable end, type concrete beam:

Table	Load V	Load V [N]	Load H	Load H	Load H
Gable end	Fvk ULS	Fvk+Fegk	Fhk ULS	Rf ULS	Fhrd ULS
Combination	[N]	ULS [N]	[N]	[N]	[N]
		-anchor			
BC1	5577	0	17	373	373
BC2	2582	0	2015	3823	3823
BC3	6469	0	20	381	381
BC4	-947	0	2010	2012	2012
BC5	-947	0	2010	2012	2012
BC6	1029	0	1237	3544	3544
BC7	-4999	0	995	2012	2012
BC8	14376	0	45	429	429

Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd

De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



7 Z I J G E V E L S

Kasgegevens:

- Kastype	: Venlo-warenhuis
- Overspanning (l)	: 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Aantal gekoppelde spanten	: 4 (y-richting)
- Vakmaat (v)	: 4.50 m
- Kolomhoogte (h)	: 3.20 m
- Randfundering	: stortbeton 400 * 200 mm
- Funderingstype	: niet-onderheide fundering (op staal)
- Grondsoort	: Klei NPR3860

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de zijgevels en de gevelfunderatie van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1992 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies
 - * NEN-EN 1992-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1992-1-3: Geprefabriceerde betonnen elementen en constructies
- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
- NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
 - * NEN 9997-1: Algemene regels

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de zijgevels wordt verwezen naar TNO rapport: BI-92-0063* "Rekenregels voor de draagconstructie van kop- en zijgevels van Venlowarenhuizen en Breedkapkassen", Delft/1992.

Voor een toelichting op de berekening van de poeren wordt verwezen naar TNO rapport: 93-CON-R0304 "Rekenregels voor de dimensionering en de controle van de poeren van de kolommen, schoorvakken en portaalspanten voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1993

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

7.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Sterkte (B.C.2) : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.2) : 0.38 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.38 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid (B.C.2) : 6.5 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gording 1 (B.C.2):
 - Sterkte : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Momentcap.vert (B.C.7) : 21604 Nm > 1.0 * 6785 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie:
 - Momenten (B.C.2) n : 18510 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal (B.C.3) : | 45534 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal (B.C.2) : 5070 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting (B.C.2) : 0.083 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte (B.C.2) : 163 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

7.1.1 Eindconclusie(s):

- De zijgevels voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Spantkolom (RHBK100*100*3.0 mm, S235 (EN10219)) : voldoet
 - Gordingen:
 - 1 U100*50*2.00 1525 doorgaande ligger : voldoet
 - 2 U100*50*2.00 3050 doorgaande ligger : voldoet
- De zijgevelfundatie voldoet qua sterkte en kantelstabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Randfundering (RH400*200, C20/25 (B25)) : voldoet
 - Poeren (BPRD740*1300) : voldoen
 - Haarspeld (2*RD12-FeB220) : voldoet.

7.1.2 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
 - B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- Met nadruk wordt erop gewezen, dat de TOG kopgevelkolom ook moet voldoen aan de controle van de "gewone" TOG kolom.
- De hoekkolommen zijn niet apart gecontroleerd. Lokale effecten zoals bijvoorbeeld het toepassen van gewasdraadbogen kunnen extra belastingen veroorzaken (zie TNO-rapport BI-92-0063*).
- Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" pantkolommen.
- Als gevolg van uitzetting en krimp van de zijgevels door temperatuurswisselingen kan het bij relatief lange kassen (± 180 m) nodig zijn over een relatief grote lengte extra "smal" glas in de beide uiteinden van de zijgevels toe te passen. Het precieze aantal is afhankelijk van de kolomhoogte van de kas, de gordingafstand, de glasafmetingen, de speling en het toegepaste gootprofiel.
Het onderdeel CASTA/Tuinbouwglas geeft adviezen over de positie van de schoren over de precieze glasinfilling van de gevels, berekend aan de hand van de Europese Kassenbouwnorm EN13031.
- Bij controle van de draagkracht en de zetting van de grond volgens NEN 6740 en NEN 6744 is uitgegaan van een volledig gedraineerde toestand, volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744. In geval van een ongedraineerde toestand, of een niet-volledig gedraineerde toestand, dient een grondmechanisch of geotechnisch adviseur ingeschakeld te worden.

7.2 INVOERGEGEVENS

7.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte gevel : 3.20 m
- Kaslengte (L) : 45.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 4

7.2.2 Overige gegevens van de kas:

- Dekhelling (alfa) : 30.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 300 mm
- Funderingstype : niet-onderheide fundering (op staal)
- Spanthoogte (hspant) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1125 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 800 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 750 mm

7.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK100*100*3.0
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Lengte kolom : 3200 mm

7.3 Gegevens van de zijgevels:

- Spanttkolom (sk) : RHBK100*100*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Tabel met gordingprofielen: 2x hoh max 1525 mm (afstand laatste tot goot 150 mm)

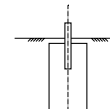
Profiel	positie	oplegging	steun	kip
1 U100*50*2.00, S235 (EN10219)	1525	doorgaande ligger	nee	ja
2 U100*50*2.00, S235 (EN10219)	3050	doorgaande ligger	nee	ja

- Controleberekening gording met normaalkrachten uit:

- koppelprofiel schoorvak: nee
- gewasdraadboog : niet aanwezig
- regenleiding aan draad : niet aanwezig
- belichting aan draad : niet aanwezig

7.4 Gegevens van de fundering van de zijgevels:

- Randfundering : RH400*200 (C20/25 (B25))
- Aantal staven boven : 1
 - Diameter bovenwapening: RD8 -FeB500
 - Randafstand bovenkant : 50 mm
 - Randafstand zijkant : 92 mm
- Aantal staven onder : 1
 - Diameter onderwapening: RD8 -FeB500
 - Randafstand onderkant : 65 mm
 - Randafstand zijkant : 92 mm
- Staaftpositie verticaal : +/- 10 mm tolerantie
- Staaftpositie horizontaal: +/- 10 mm tolerantie
- Poeren : BPRD740*1300 mm (559 liter beton)
 - Haarspeld poeren : 2*RD12-FeB220
 - Min.afstand tot randen : 55 mm
 - Tolerantie randafstand : 10 mm
 - H.o.h. afstand : 4500 mm (hele kolomafstand)
- Grondsoort : Klei NPR3860



7.4.1 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 140 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Spant (Fspant 1e rij) : 2764 N
- Spant (Fspant 2e rij) : 2764 N

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 96
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

7.4.2 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

7.4.3 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basic wind velocity : $V_{50} = 27.0$ m/s reference $V_{15} = 24.9$ m/s
- Basic snowload : $S_K = 700.0$ N/m²
- Berekende afsmeltfactor : $C_t = 1.000$
 - Type kasdekommhulling : Single-layer: 4 mm Soda lime glass
 - Temperatuur onder kasdek: Niet verwarmd
 - Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
 - Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : $R_f = 15$ year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : $A_g R = 0.000 \times g$ m/sec²
(Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: $g_s = 1.30$
- Windstuwdruk (q_{wind}) : 533 N/m² dekoppervlak
(N.B.: Nokhoogte: $H = 0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m)
Gebouwhoogte: 4.424 m. Eff.hoogte: $z_e = 4.424$ m
- Sneeuwbelasting (q_{sneeuw}) : 423.5 N/m² grondoppervlak
- Installaties : 100 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
- Installaties totaal : 100 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (q_{gewas}) : $0 = \text{Max}(0, 0)$ N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 97
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

7.5 Belastingen op de zijgevels:

- Gevel (qgevel) : 130 N/m² geveloppervlak
- Vert.belast. servicerail : 1800 kg
- Er is bij de berekening van de zijgevels geen rekening gehouden met:
 - Leidingen opgehangen aan de zijgevels.
 - Gewasdraden.
 - Schermdraden.
 - Trekdraden voor de hijsverwarming.
 - Regenleidingdraden.
 - Spandraden voor het ophangen van de belichting.

7.6 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

7.6.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

7.6.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K1 * \ln(1 / ref)}{1 - K1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$
- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- 1): geen reductie volgens Eurocode: $C_{dim}; \text{lloodrecht} = 1.00$, $C_{dim}; \text{parallel} = 1.00$

7.6.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
EN 13031-1: $R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5 \text{ N/m}^2$

7.6.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = $U_1 / [1/U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $[20.2634 / ((T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^3 / 4)] = 70219 \text{ N/m}^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax} / 3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^3 / 4] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0*Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

7.6.4 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
- B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor dekroeden:
 - BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor de goot:
 - BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
 - BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

7.6.5 Tabel 7: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen ge- wicht dek a= 140 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 100 N/m ² + 0 N/m ² = 100 N/m ²	Wind- belasting a= 533 N/m ² b= 533 N/m ² c= 533 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 423 N/m ² b= 423 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 6000 N b= 1250 N	Aardbeving AgR = 0.000 [Sd]
1	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	b 1.00(0.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.02(1.00)	1.02(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.02(1.00)	1.02(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	b 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.02(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
7	1.15(1.00)	1.15(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exceptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd

(zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 4424	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 3500	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 3500	mm	
- Roof angle	: alpha = 30.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 51200	mm	Ratio h/W = 0.0684
- Greenhouse length	: L = 45000	mm	Ratio h/L = 0.0778
- Bay width gutter to gutter	: S = 3200	mm	Ratio h/S = 1.0938

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 102
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

7.7 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

7.7.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 5913 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 11019 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -10831 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : 33316 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 55 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.083 m < 0.100 m, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 3 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 103
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

7.7.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.38 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.38 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 6.5 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 6039 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 18510 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -1270 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 30162 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 5070 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.083 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 163 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 104
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDLBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

7.7.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 6039 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 15153 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -14708 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 45534 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 131 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.083 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 4 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 105
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

7.7.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.19 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.19 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 2.8 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 5913 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 11750 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -1118 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 19621 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 3127 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.077 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 101 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 106
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

7.7.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.19 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.19 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 2.8 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 5913 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 11750 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -1118 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 19621 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 3127 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.077 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 101 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 107
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDLBwsAAgACAACAEQAWAPCA

7.7.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.39 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.37 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 6.3 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 6039 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 14832 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : 269 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 22206 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 4441 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.077 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 143 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 108
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

7.7.7 B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 6785 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 13006 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -12818 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 39379 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 55 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.083 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 2 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

N.B. NBM = Kantelstabiliteit bij neerwaarts bezwijkmodel
OBM = Kantelstabiliteit bij opwaarts bezwijkmodel
(zie TNO-rapport 93-CON-R0304)

7.8 OVERZICHT BELASTINGEN OP DE FUNDERING:

Overzicht belastingen op de randfundering in rekentoestand, tussen haakjes in gebruikstoestand.

Belastingen op de betonnen randfundering:

- Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4500 mm
- Hart op Hart afstand poeren : 4500 mm (hele kolomafstand)

7.8.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 21278 N (9082 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 0 N (0 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 131 N

7.8.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 5853 N (6398 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 4400 N (3451 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 6451 N

7.8.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 24825 N (21278 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 0 N (0 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 153 N

7.8.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = -6998 N (-4151 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 1955 N (1534 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 3997 N

7.8.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = -6998 N (-4151 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 1955 N (1534 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 3997 N

7.8.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = -3786 N (-1735 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 4400 N (3451 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 5653 N

7.8.7 B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 18151 N (15144 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 0 N (0 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 63 N

7.8.8 Summary of loads at foundation:

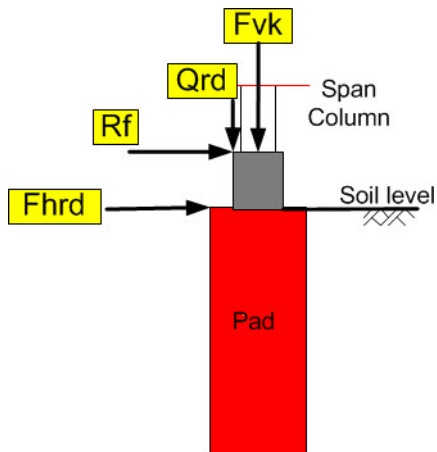


Table: Foundation forces side wall, type concrete beam:

Table	Load V	Load V [N]	Load H	Load H	Load H
Side wall	Fvk ULS	Fvk+Fpsk+	Fhk ULS	Rf ULS	Fhrd ULS
Combination	[N]	Fegk ULS	[N]	[N]	[N]
		-anchor-			
BC1	23475	23800	131	0	131
BC2	7483	7202	2051	4400	6451
BC3	27074	27412	153	0	153
BC4	-5410	-5695	2042	1955	3997
BC5	-5410	-5695	2042	1955	3997
BC6	-1931	-1989	1254	4400	5653
BC7	20648	20997	63	0	63

Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

(CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5)

S A M E N V A T T I N G G E C O N T R O L E E R D E P R O F I E L E N

Omschrijving :
 Werkvoorbereider: SE
 Bestand : 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd
 Laatst bewaard : 02-11-2021 08:39

ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPcA

Kasgegevens:

- Kastype : Venlo-warenhuis
 - Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
 - Aantal gekoppelde spanten : 4 (y-richting)
 - Vakmaat (v) : 4.50 m
 - Kolomhoogte (h) : 3.20 m
 - Kaslengte (L) : 45.0 m
 - Aantal (nstab) : 2
 - Spanthoogte (hspant) : 450 mm
 - Spantverlaging (vspant) : 100 mm
 - Dekhelling (alfa) : 30.0°

Controleoverzicht kasonderdelen.

1 2D Tralieligger (standaard) voldoet.

Note:

+---Onderdelen:-----+--- alle tralies:-----+	
Bovenrand	RHBK100*40*4.0 S235
Onderrand	RHBK100*40*4.0 S235
Drukdiagonaal	5x VKBK35*3.0 S235
Trekdiagonaal	5x VKBK35*3.0 S235
- verbinding	Gezaagd 2-zijdige las
Gootverticaal	RHBK100*50*3.0 S235
Strip in eerste veld	ST100*10.0 S235
Bouten bovenrand	1xM24-8.8
Bouten onderrand	1xM16-8.8
Eindplaten bovenrand	ST100*12.0 schotje
Eindplaten onderrand	ST100*12.0

+--- Onderdelen -----+--- algemeen -----+	
Opzetkolom	RHBK80*50*3.0 S235 gat 40 x30 mm
- Omschrijving	zonder certificaat
- Veerstijfheid Nm/rad	Rotatie=5000 horizontaal=6000
Goot staal	min. eigenschappen
- Stijfheid cmE4	Iy=52.917 Iz=26.458

2 Kolommen en fundatie voldoen

Note:

+---Onderdelen:-----+--- middenvelden -----+	
Kolommen h=3.20 m	RHBK100*100*3.0 S235 (EN10219)
Poeren d=100 mm(467 l)	BPRD1000*600

3 Stabiliteitsverbanden en fundatie in gootrichting voldoen:

Note:

+--- Onderdelen -----+--- schoorvakken -----+	
Kolommen h=3.20 m	RHBK100*100*3.0 S235 (EN10219)
Bovenl. koppelbalken	RHBK50*50*2.0 S235 (EN10219)
Tussenl. koppelbalken	RHBK50*50*2.0 S235 (EN10219)
Schoren	RD10.0 S235 (EN10219)
Onderl. koppelbalken	RHBK80*80*6.0 S235 (EN10219)
Poeren (539 l)	BPRD930*800

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel:
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 112
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

4 Kopgevels en fundatie voldoen:

Note:

Onderdelen	Kopgevels
Gootkolom	RHBK100*100*4.0 S235 (EN10219)
Gordingen	1 U80*40*3.00 S275 h=1525 doorgaand
	2 U80*40*3.00 S275 h=3050 doorgaand
Randfundering	RH400*220 C20/25 (B25)
- wapening boven/onder	2RD10 -FeB500 / 2RD10 -FeB500
Poeren (570 l)	BPRD1100*600
- haarspeld	2*RD12-FeB220

n.b. g = gesteund profiel; geen normaalkracht in gording
 k = gesteund profiel; kipcontrole niet maatgevend

5 Zijgevels en fundatie voldoen:

Note:

Onderdelen	Zijgevels
Zijgevelspantkolom	RHBK100*100*3.0 S235 (EN10219)
Gordingen	1 U100*50*2.0 S235 h=1525 doorgaand
	2 U100*50*2.0 S235 h=3050 doorgaand
Randfundering	RH400*200 C20/25 (B25)
- wapening boven/onder	1RD8 -FeB500 / 1RD8 -FeB500
Poeren (559 l)	BPRD740*1300
- haarspeld	2*RD12-FeB220

n.b. g = gesteund profiel; geen normaalkracht in gording
 k = gesteund profiel; kipcontrole niet maatgevend

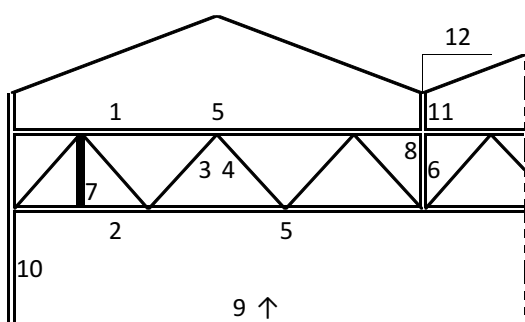
Constructieschetsen

taal: Nederlands

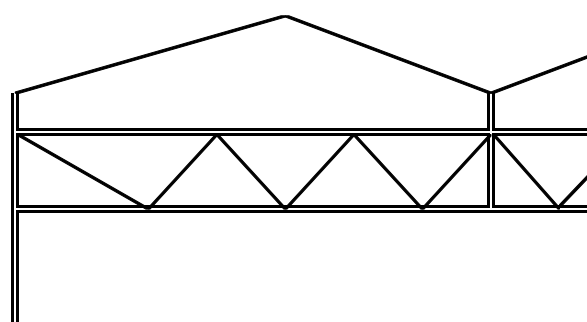
2D tralieligger (standaard)

- fictief getekende diagonalen

**1e diagonaal druk
van toepassing**



**1e diagonaal trek
niet van toepassing**

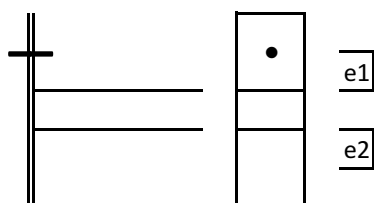


1	bovenrand	S235	RHBK	100/40/4
2	onderrand	S235	RHBK	100/40/4
	aantal diagonalen per kap	8	stuk(s)	
3	drukdiagonalen	S235	RHBK	35/3
4	trekdiagonalen	S235	RHBK	35/3
	plaatsing 1e diagonaal	druk		
5	diagonaal - aansluiting (las)	gezaagd 2 zijdig		
	verstijfde verbinding	nee		
	capaciteit	-		
	drukdiagonalen (las)			
	excentriciteit	0 mm		
	keeldoorsnede	4 mm		
	trekdiagonalen (las)			
	excentriciteit	0 mm		
	keeldoorsnede	4 mm		
6	gootverticaal	S235	RHBK	100/50/3
7	1e veldverticaal	ja	S235	ST 100/10
8	eindplaten	S235	ST	100/12
9	toog	0 mm		
10	zijgevelspantkolom	S235	RHBK	100/100/3
	kolom	S235	C	100/100/3
11	opzetkolom	S235	RHBK	80/50/3
12	goot	staal	AP, t = 3,0	

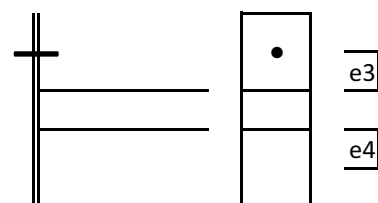
Eindplaten (standaard)

bouten

bout bovenrand



bout onderrand



bout bovenrand		bout onderrand	
boven bovenrand (e1)	1 x M24-8.8	boven onderrand (e3)	1 x M16-8.8
e1	25 mm	e3	25 mm
onder bovenrand (e2)	0 x M16-8.8	onder onderrand (e4)	0 x M16-8.8
e2	0 mm	e4	0 mm

schotjes

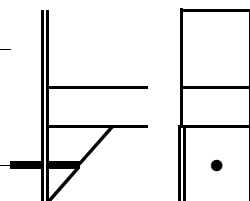
combinaties

0 bouten

0 schotjes

1 bouten

1 schotjes

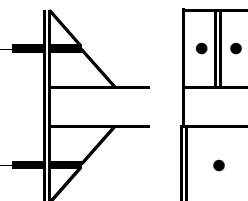


2 bouten

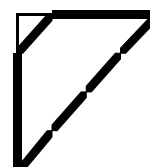
1 schotjes

1 bouten

2 schotjes



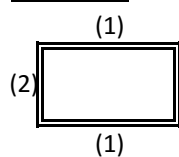
$\sqrt{2} \cdot \text{verlaagd}$



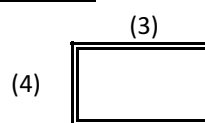
schotjes bovenrand		schotjes onderrand	
aantal	2 stuk(s)	aantal	0 stuk(s)
breedte	50 mm	breedte	-
dikte	5 mm	dikte	-
verlaagd	5 mm	verlaagd	-

lassen

bovenrand



onderrand



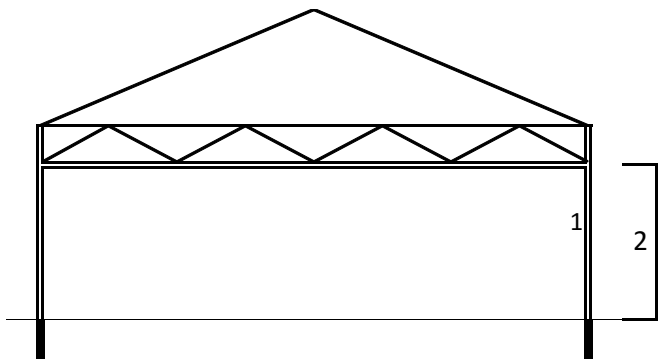
las bovenrand		las onderrand	
horizontaal (1)		horizontaal (3)	
aantal	2 stuk(s)	aantal	1 stuk(s)
keeldoorsnede	4 mm	keeldoorsnede	4 mm
verticaal (2)		verticaal (4)	
aantal	1 stuk(s)	aantal	1 stuk(s)
keeldoorsnede	3 mm	keeldoorsnede	4 mm

Gedeelde tralie (standaard)

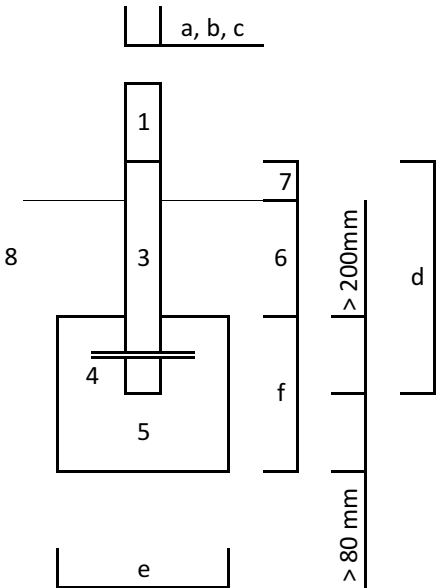


NVT

Kolommen



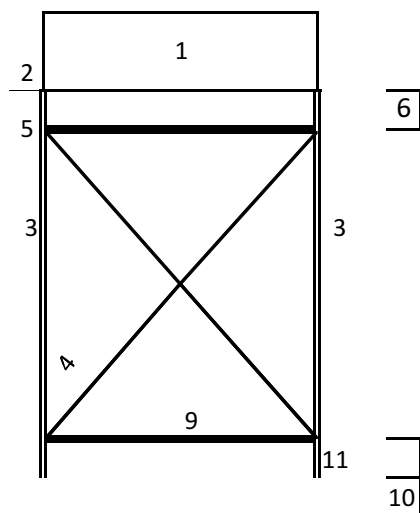
fundering



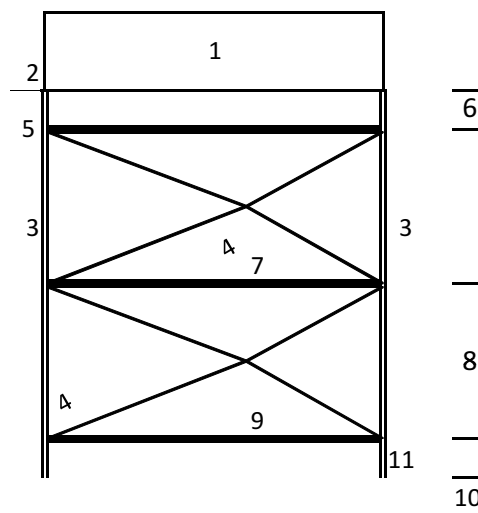
1	kolommen	S235	C	100/100/3
2	hoogte	3,200 m		
3	paal	rechthoekig (RH)		
	a breedte	120 mm		
	b diameter	120 mm	niet van toepassing	
	c hoogte	300 mm		
	d lengte	1000 mm		
4	wapeningstaaf	nee		
5	poer	betonprop rond (BPRD)		
	e diameter	1000 mm		
	f hoogte	600 mm		
6	poerdiepte	400 mm		
7	funderingshoogte	300 mm		
8	grondsoort	klei NPR3860		

Schoorvak

enkel
niet van toepassing

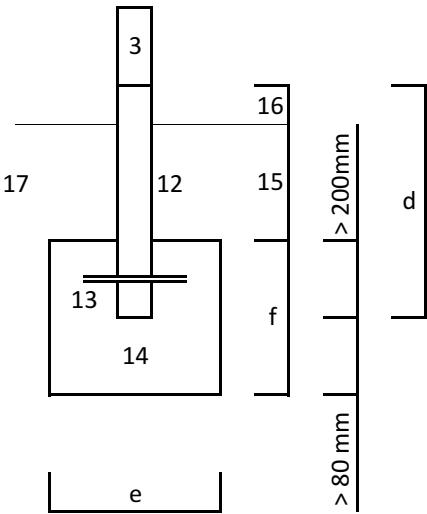


dubbel
van toepassing



enkel/ dubbel	dubbel		
aantal	2 stuk(s)		
1 dek			
2 goot	staal	AP, t = 3,0	
3 kolommen	S235	RHBK	100/100/3
4 schoren	S235	RD	10 mm
5 bovenbalk	S235	RHBK	50/50/2
6 schoorverlaging	650 mm		
7 tussenbalk	S235	RHBK	50/50/2 van toepassing
8 positie	1275 mm		
9 onderbalk	S235	RHBK	80/80/6
10 onderbalkverlaging	0 mm		
11 fundering	-		

fundering



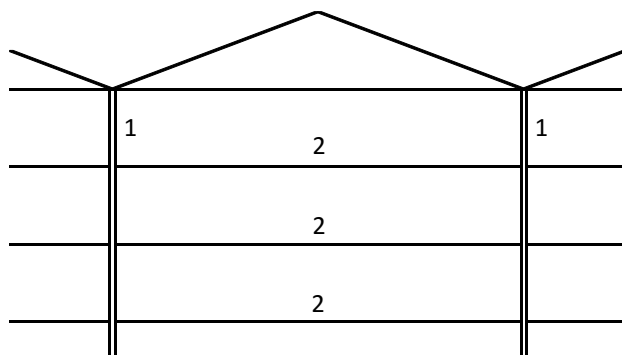
3	kolommen		
12	paal	rechthoekig (RH)	
a	breedte	120 mm	
b	diameter	120 mm	niet van toepassing
c	hoogte	300 mm	
d	lengte	1000 mm	
13	wapeningstaaf	nee	
14	poer	betonprop rond (BPRD)	
e	diameter	930 mm	
f	hoogte	800 mm	
15	poerdiepte	400 mm	onder maaiveld
16	funderingshoogte	300 mm	boven maaiveld
17	grondsoort	klei NPR3860	

Portaalspanten

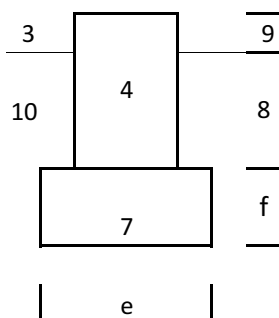


NVT

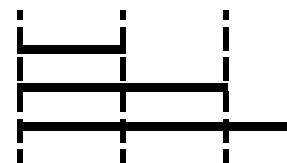
Kopgevel



rand
van toepassing



gordingen

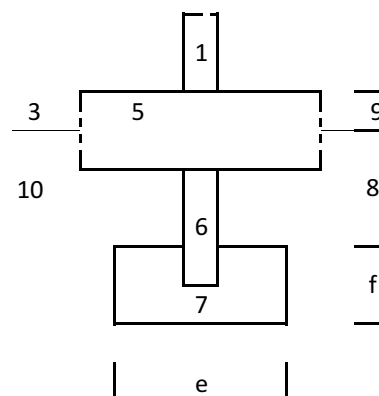


2 steunpunten

3 steunpunten

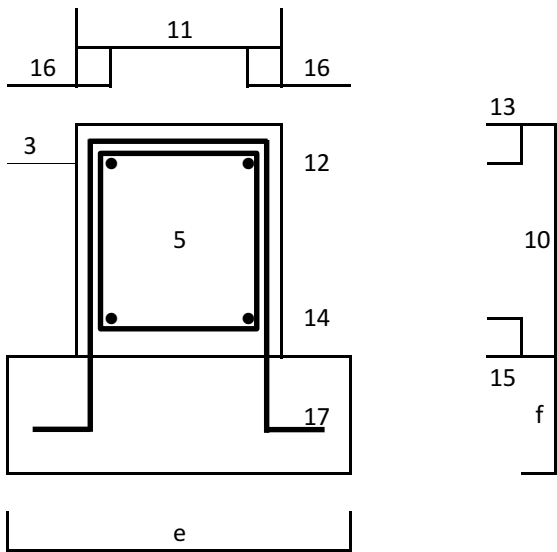
doorgaand

cassettevoet
niet van toepassing



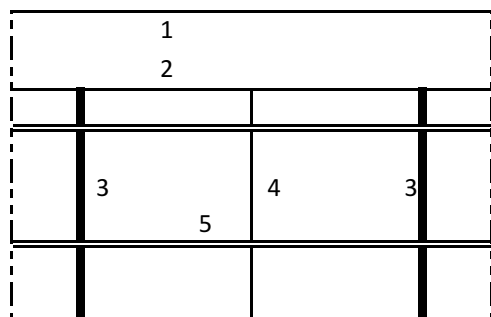
1	gootkolom	S235	RHBK	100/100/4
2	gordingen	S235	RHBK	80/40/3
	aantal	2 stuk(s)		
	steunpunten	doorgaand		
	eindvakmaat	4500 mm		
3	maaiveld			
	fundering	rand		
4	rand	van toepassing		
5	cassettevoet	niet van toepassing		
6	paal	niet van toepassing		
	a breedte	0 mm		
	b diameter	0 mm		
	c hoogte	0 mm		
	d lengte	0 mm		
7	poer	betonprop rond (BPRD)		
	e diameter	1100 mm		
	f hoogte	600 mm		
8	poerdiepte	300 mm	onder maaiveld	
9	funderingshoogte	400 mm	boven maaiveld	
10	grondsoort	klei NPR3860		

wapening rand
van toepassing

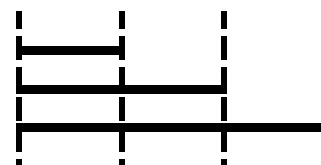


10	hoogte	400 mm
11	breedte	220 mm
	beton	C20/25
	betonstaal	B500B
	wapening	
12	bovenwapening	4 Ø10
13	betondekking	50 mm
14	onderwapening	4 Ø10
15	betondekking	50 mm
16	zijdekkings	50 mm
17	haarspeld	2 Ø12

Zijgevel



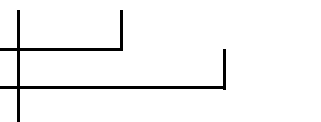
gordingen



2 steunpunten

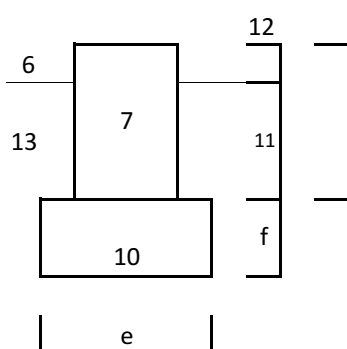
3 steunpunten

doorgaand



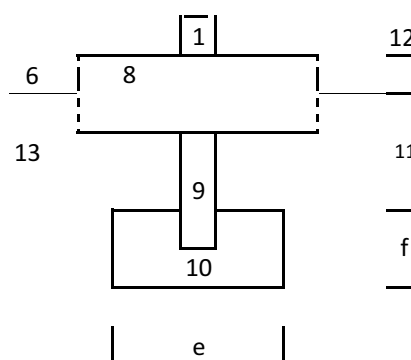
rand

van toepassing



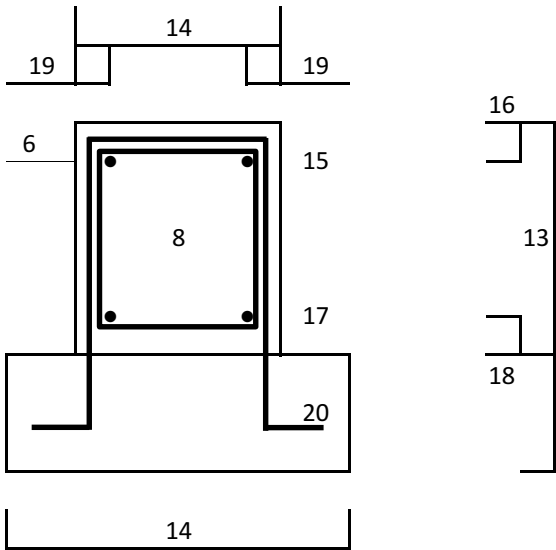
cassettevoet

niet van toepassing

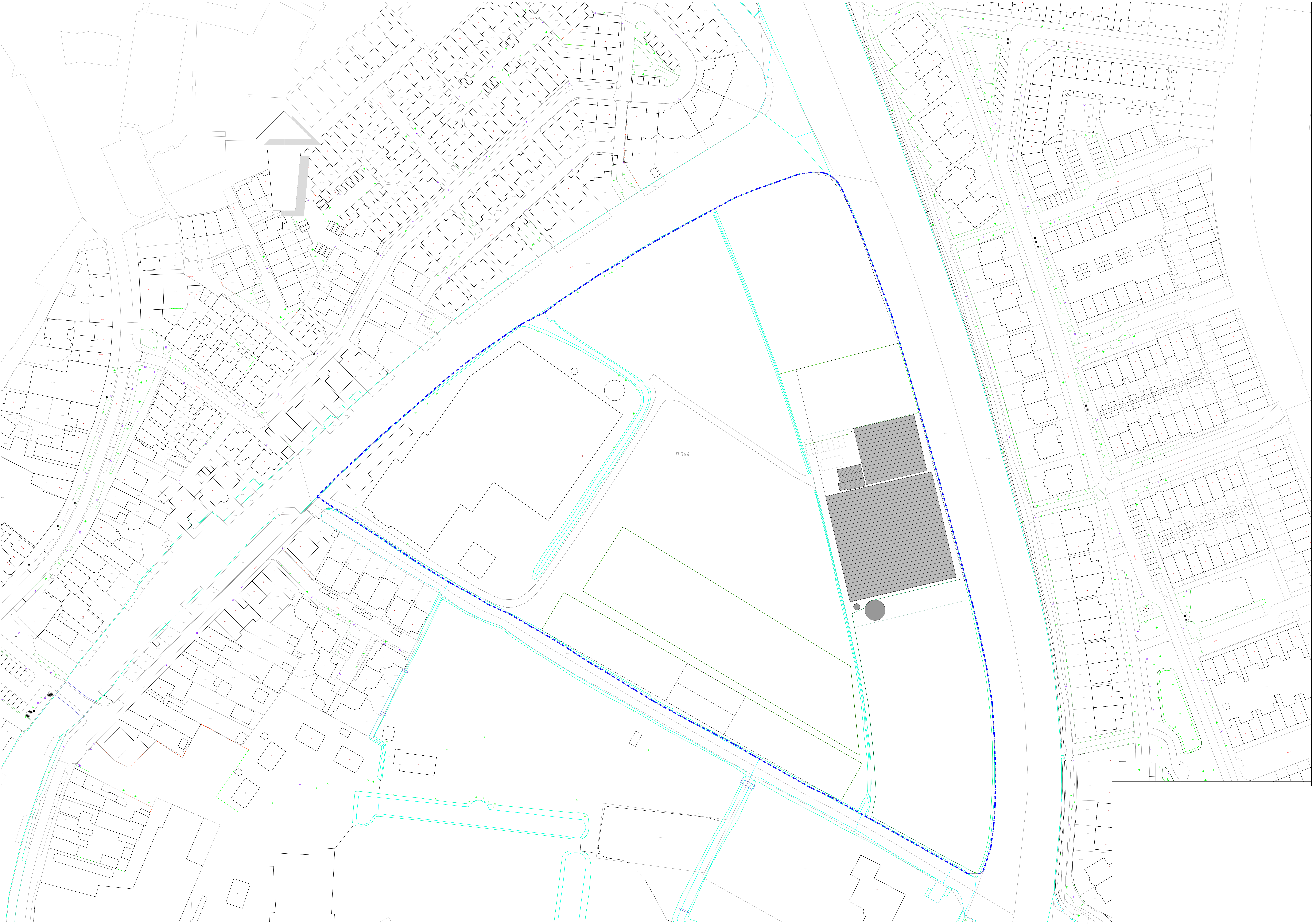


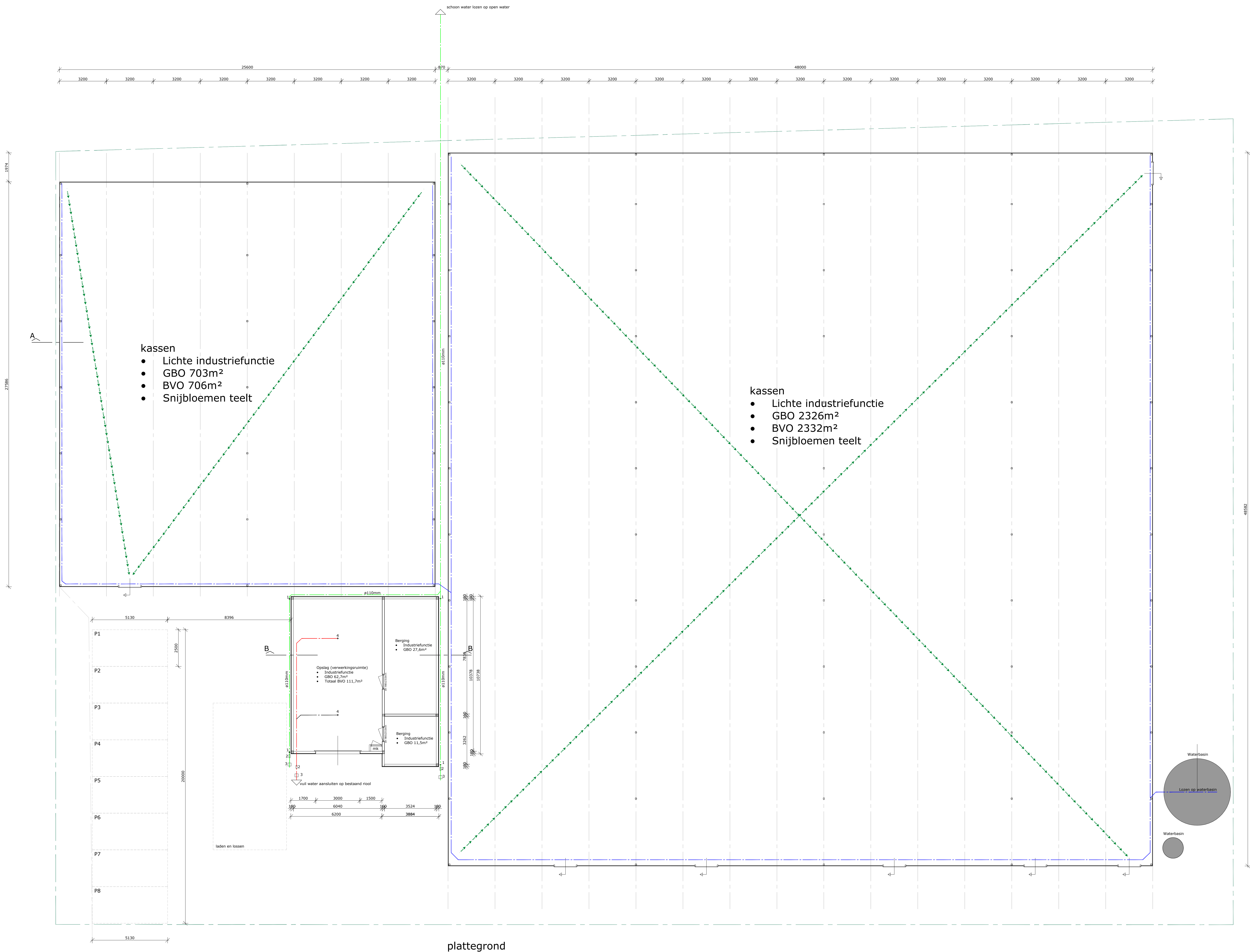
1	dek	
2	goot	
3	zijgevelspantkolom	S235 RHBK 100/100/3
4	tussenkolom	S235 RHBK nvt
5	gordingen	S235 U 100/50/3
	aantal	2 stuk(s)
	steunpunten	doorgaand
6	maaiveld	
	fundering	rand
7	rand	van toepassing
8	cassettevoet	niet van toepassing
9	paal	niet van toepassing
	a breedte	0 mm
	b diameter	0 mm
	c hoogte	0 mm
	d lengte	0 mm
10	poer	betonprop rond (BPRD)
	e diameter	740 mm
	f hoogte	1300 mm
11	poerdiepte	400 mm onder maaiveld
12	funderingshoogte	400 mm boven maaiveld
	afstand poer - poer	gootkolom
13	grondsoort	klei NPR3860

wapening rand
van toepassing



13	hoogte	400 mm
14	breedte	200 mm
	beton	C20/25
	betonstaal	B500B
	wapening	
15	bovenwapening	2 Ø8
16	betondekking	50 mm
17	onderwapening	2 Ø12
18	betondekking	50 mm
19	zijdekking	50 mm
20	haarspeld	2 Ø12





- kassen
- Lichte industriefunctie
 - GBO 703m²
 - BVO 706m²
 - Snijbloemen teelt

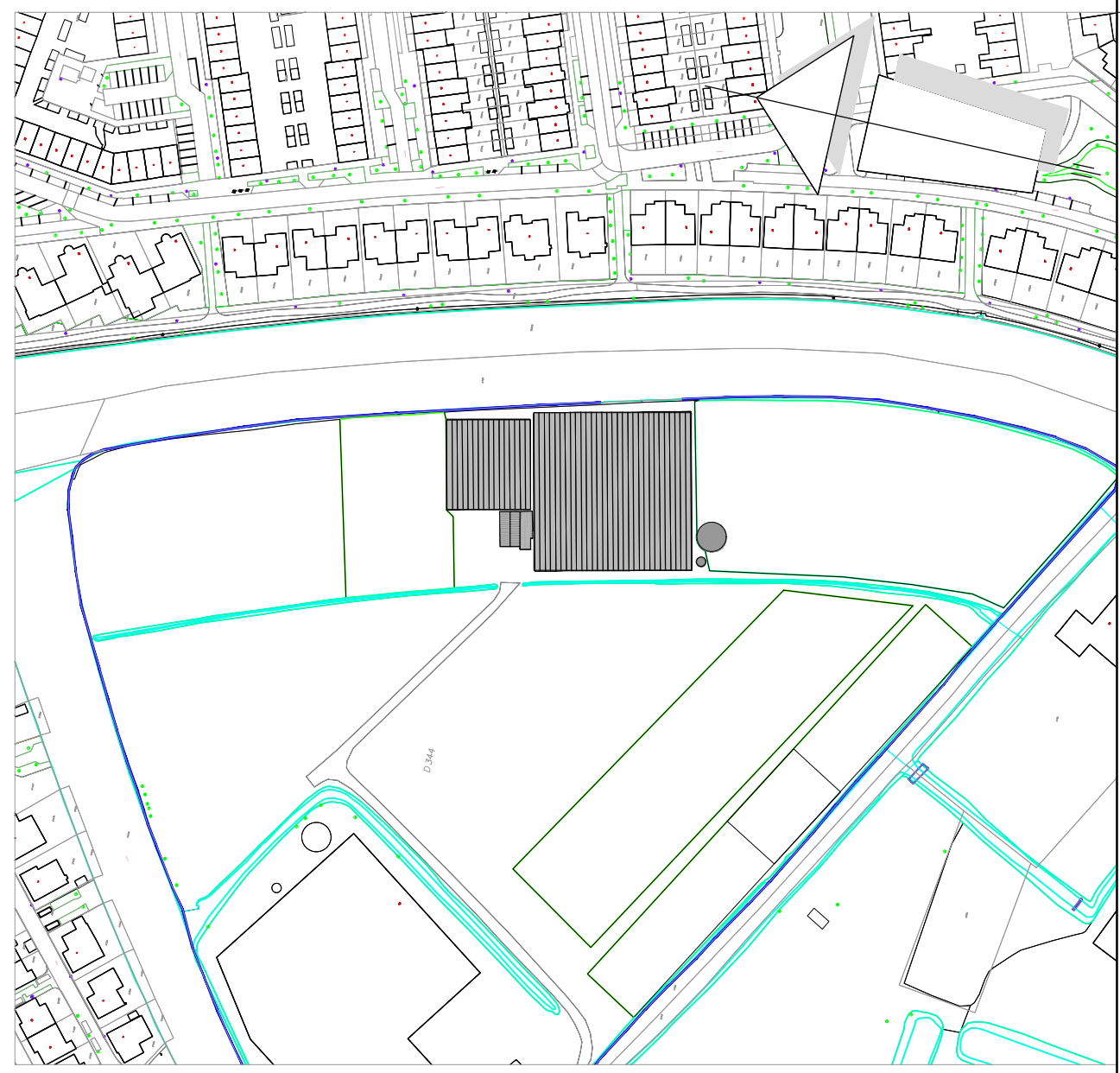
- kassen
- Lichte industriefunctie
 - GBO 2326m²
 - BVO 2332m²
 - Snijbloemen teelt

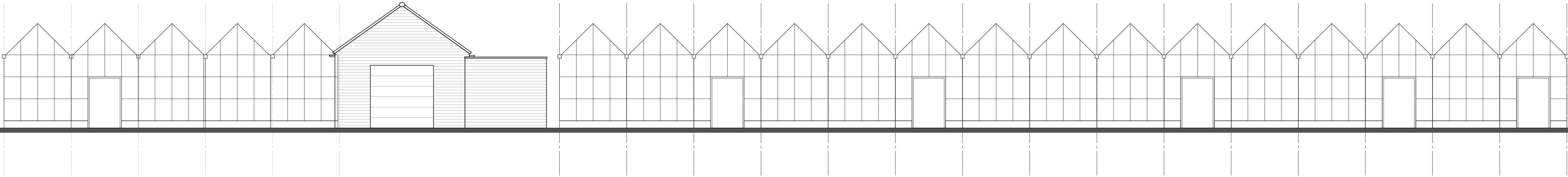
- Opslag (verwerkingsruimte)
- Industriefunctie
 - GBO 62,7m²
 - Totaal BVO 111,7m²

- Berging
- Industriefunctie
 - GBO 27,6m²

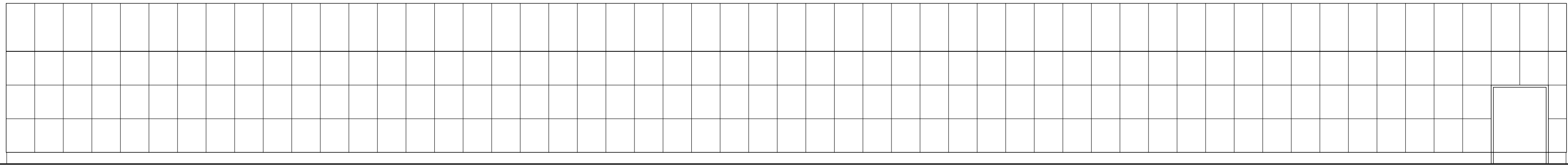
- Berging
- Industriefunctie
 - GBO 11,5m²

- RENVOOI
- Kassen: Lichte industriefunctie, geen eisen voor brandmeldinstallaties, zie bijlage 1 Bouwbesluit
 - Berging: Industriefunctie. Qua afmetingen en hoogte te klein voor aanbrengen brandmeldinstallaties, zie bijlage 1 Bouwbesluit
 - Vluchten: 1 persoon per 30m², maximaal 60meter
 - Hoofdoverlichting of transparantverlichting: Geen eisen
 - Brandlangshepsels: Geen eisen
 - Compartimenteringen: Geen eisen
 - Vluchten: 1 persoon per 30m², maximaal 60meter
- RIOLERING
- 1 hwa ø80mm + syphon
 - 2 ontstoppingstuk
 - 3 flexibele steekmoffen
 - 4 schroefput
- PARKEREN
- Glastuinbouw: Perceel ca 4500m²
Parkerenorm: 4 parkeerplaatsen per hectare glastuinbouw
Aanwezig: 8 parkeerplaatsen, voldoet

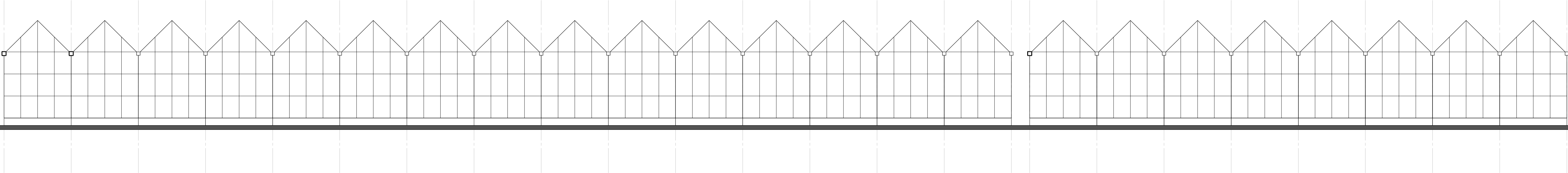
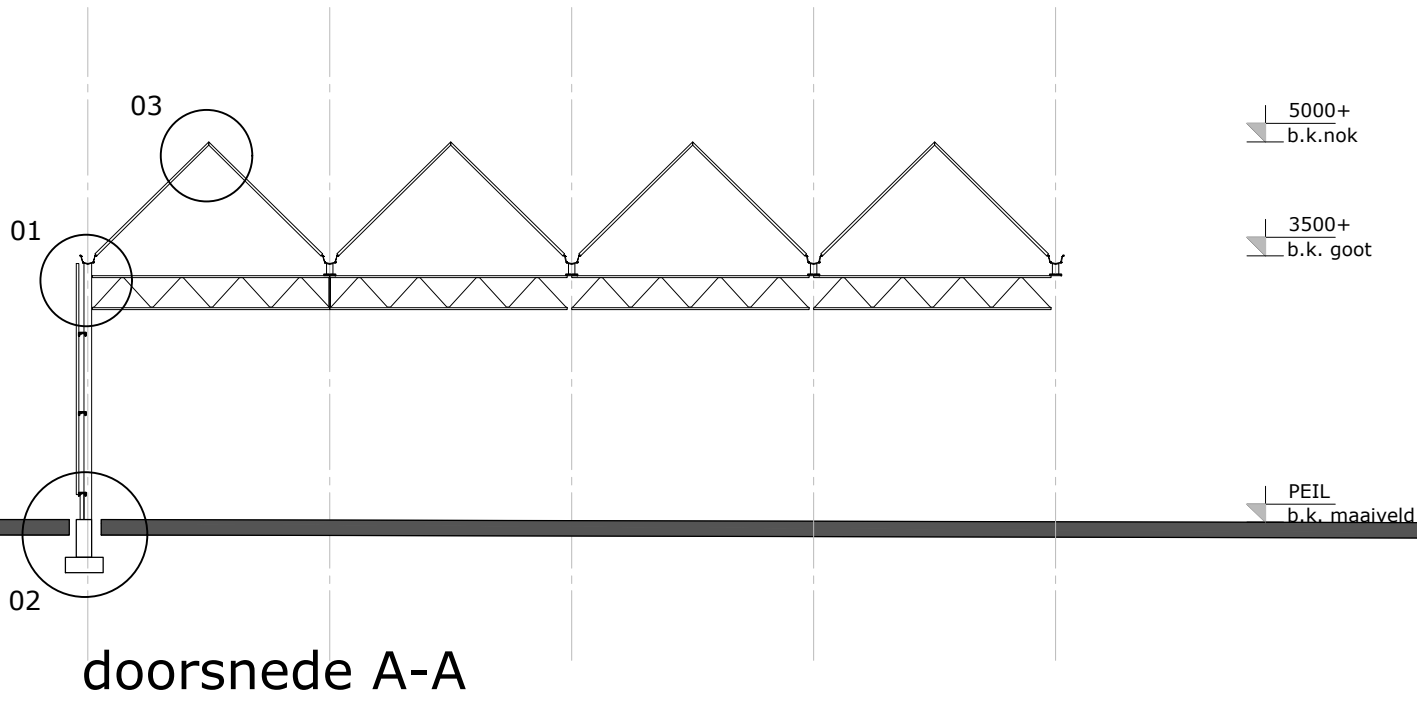




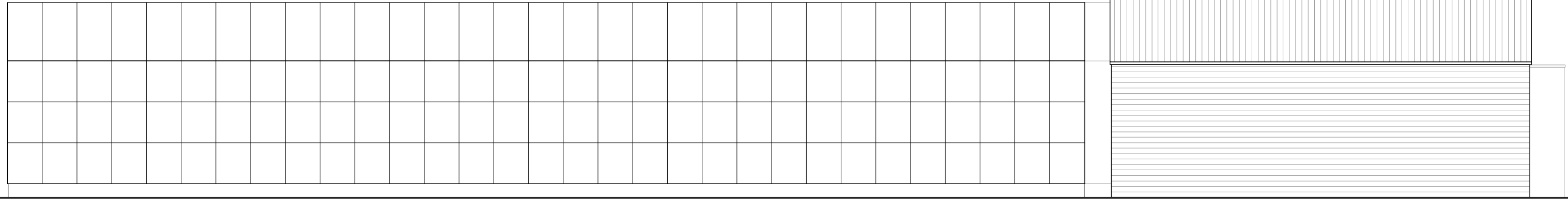
westgevel



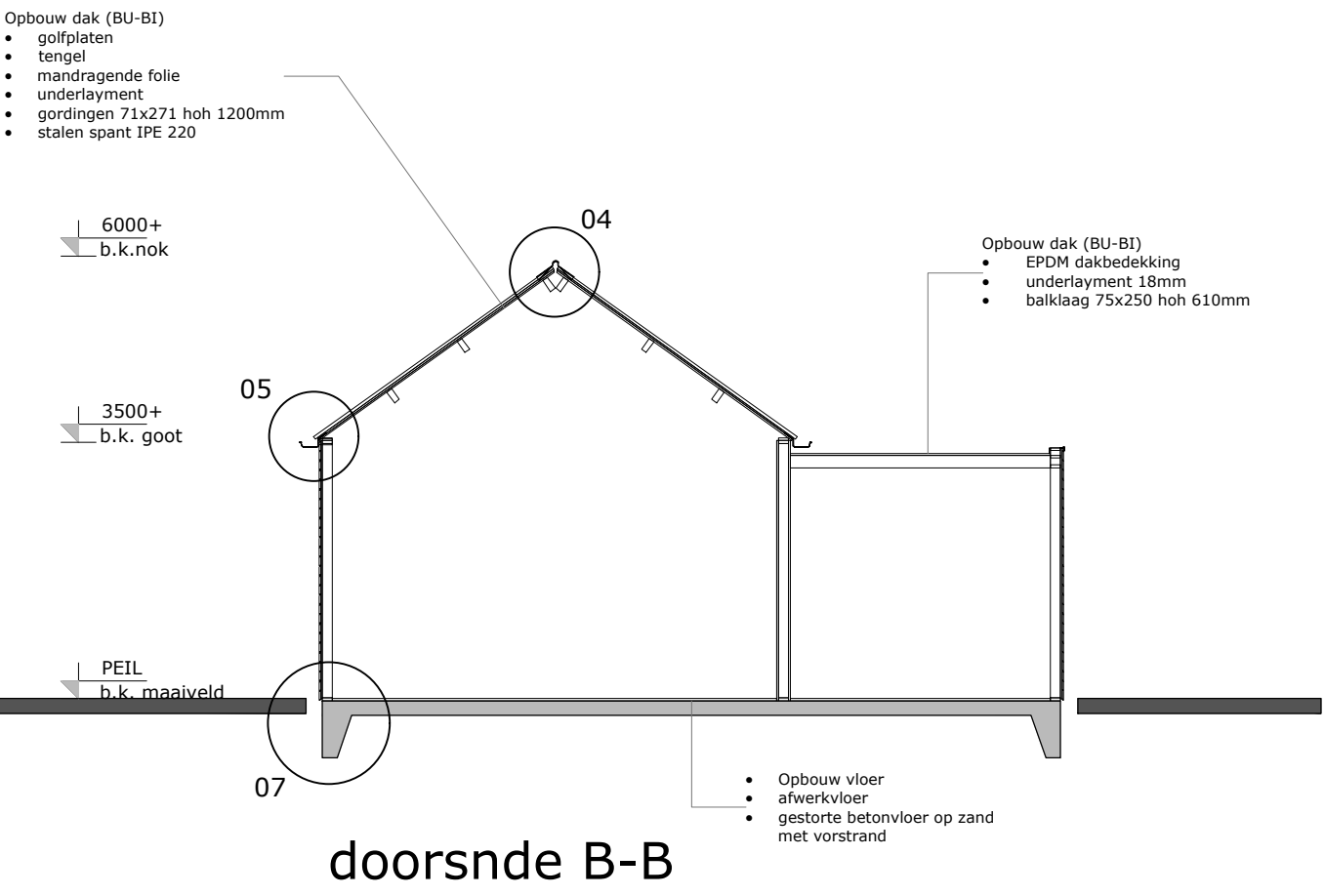
zuidgevel



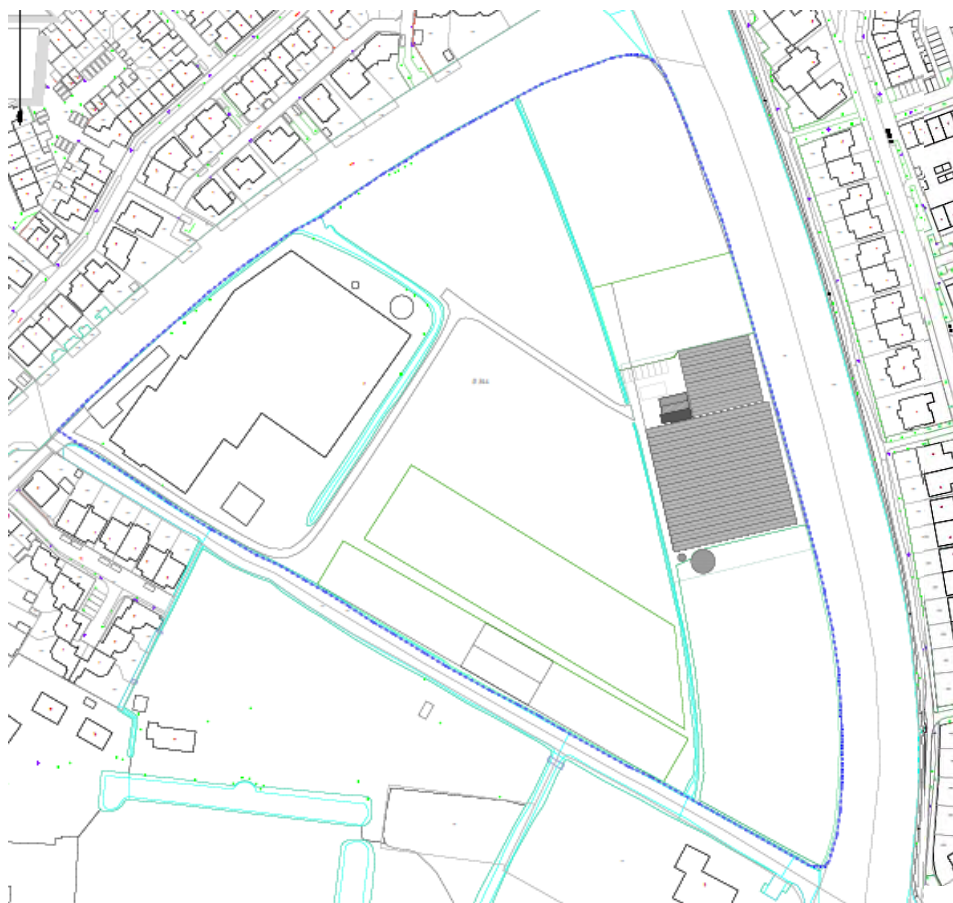
oostgevel



noordgevel



Nieuwbouw kwekerij Kwakelwei te Katwijk a/d Rijn



GEMEENTE KATWIJK

Afdeling Veiligheid
Team Vergunningen

Gezien  d.d. 10-02-2022

Behoort bij besluit van
burgemeester en wethouders
van de gemeente Katwijk

d.d. 10-02-2022
no. 2721128

Mij bekend, hoofd cluster
vergunningen, toezicht &
handhaving



Inhoudsopgave

1. Projectomschrijving.....2

Bijlage A	Gegevens kas
Bijlage B	Berekening Casta
Bijlage C	Constructieschetsen
Bijlage D	Opmerkingen op tekeningen architect
Bijlage E	tekeningen set architect

Projectomschrijving

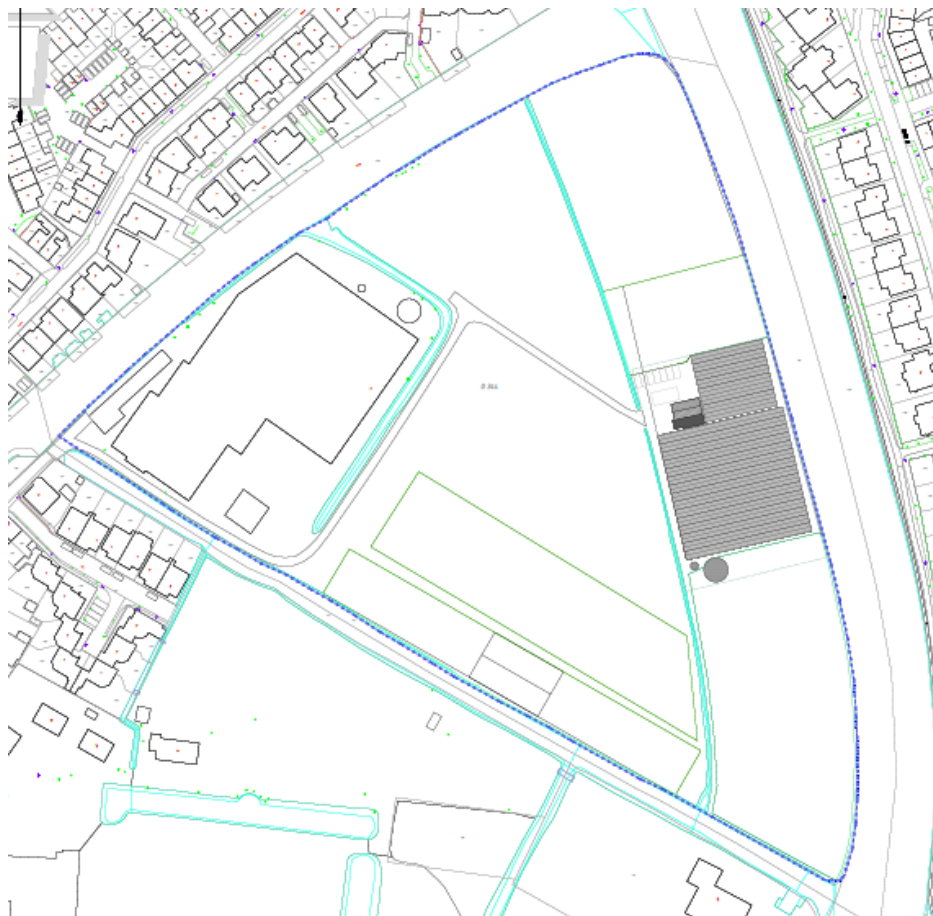
Voor een stuk grond gelegen in de kwakelwei te Katwijk aan den Rijn is voorgenomen om een kas en een loods te realiseren. Dit rapport behandelt de constructieve berekeningen benodigd voor het realiseren van de kas. In rapportage SB02 wordt de loods behandeld.

Voor de kas zijn de volgende onderdelen berekend:

- Tralieliggers
- Kolommen en poeren
- Kruisschoorvakken
- Kopgevels
- Zijgevels.

In bijlage B is een overzicht te vinden van de berekeningen. In bijlage C zijn de principeschetsen te vinden met daarop de dimensionering van de onafhankelijke constructieonderdelen.

Voor de ondergrond is aan de hand van het Dino-loket een aannamen gedaan. Voor een definitieve dimensionering van de fundatie is een grondonderzoek benodigd die t.z.t. bij de constructeur dient ingediend te worden.



Uitgangspunten Venlo

taal: **Nederlands**

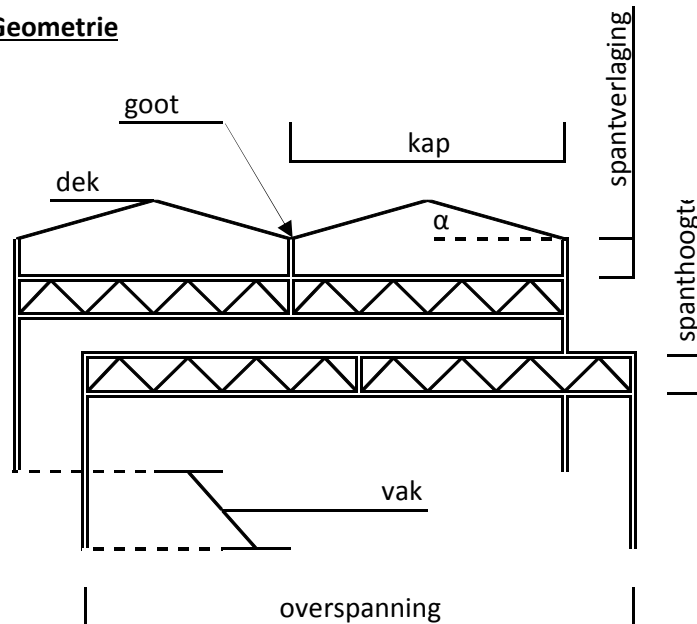
land: **Nederland**

plaats: **Katwijk a/d Rijn**

norm: **NEN-EN 13031:2020, Greenhouse NL (CC1)**

referentieperiode: **15** jaar

Geometrie



kapbreedte	3200 mm	dekhelling α	$\alpha =$ 30 °
aantal kappen	4 stuk(s)	funderingshoogte	300 mm
vakmaat	4500 mm	spanthoogte	450 mm
kolomhoogte	3200 mm	spanverlaging	100 mm
kaslengte	48 m	glasbreedte dek	1125 mm
aantal spanten	4 stuk(s)	glas kopgevel	800 mm
		glas zijgevel	750 mm

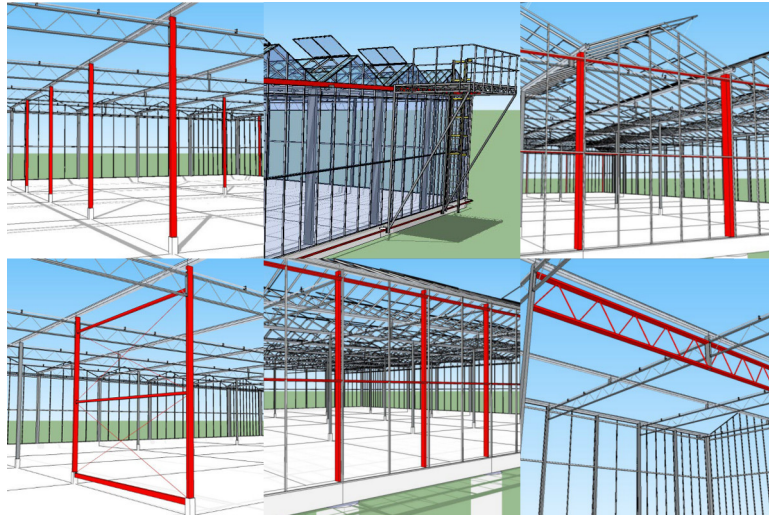
Belastingen

e.g. dek	140 N/m ²	transportlast	
e.g. goot	70 N/m	incident	1250 N
e.g. ligger (autom.)		permanent	N
wind (autom.)	533 N/m ²	positie ophanging	
sneeuw (autom.)	423,5 N/m ²	aantal ophangingen	0 stuk(s)
installaties	100 N/m ²	schoorverbanden	
gewas	0 N/m ²	aantal in tralierij	1 stuk(s)
gewas winter		N / schoorverband	1200 N
belasting	0 N/m ²	kasdekreiniger	
positie ophanging		Gewicht (incl. slang)	600 kg
h.o.h. gewasdraden	mm	Wielbasis	1500 mm
hangende teeltgoot		verhoogde teeltlaag	
belasting	0 N/m ²	permanent	0 N/m ²
positie ophanging		Variabel	0 N/m ²
hoogte teeltgoot	mm		

Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd



De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



BATCH

Kasgegevens:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Aantal gekoppelde spanten : 4 (y-richting)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte (h) : 3.20 m
- Spanthoogte (hspan) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm

De berekeningen zijn in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $S_K = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de tralieliggers voor Venlowarenhuizen wordt verwezen naar TNO rapport: 2006-D-R0529 "Kniklengte berekeningen voor 2D-tralieligger met methode Mouty"

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

1 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

1.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

1.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K1 * \ln(1 / ref)}{1 - K1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$

- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- Windstuwdruk (q_{wind}) : 533 N/m² = 0.533 N/m² dekoppervlak

1.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
EN 13031-1: $R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5 \text{ N/m}^2$

1.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = $U_1 / [1/U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $[20.2634 / ((T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4})] = 70219 \text{ N/m}^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054(Sk_{max}/3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0*Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

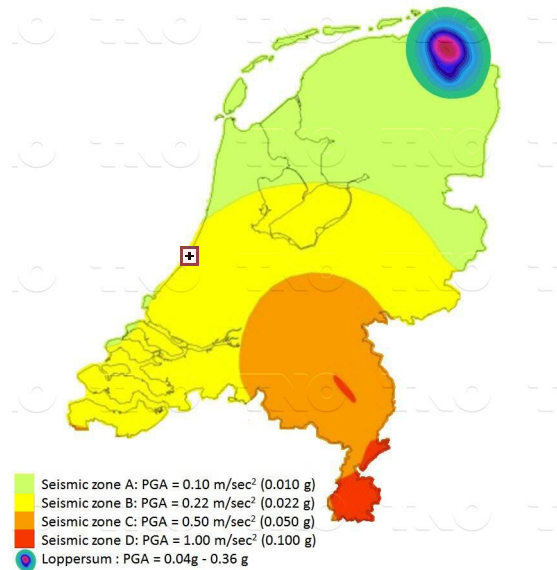
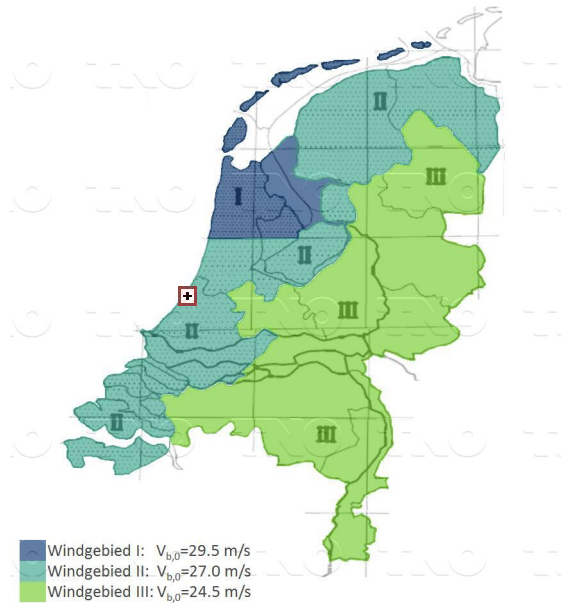
2 Wind, sneeuw en seismische belastingen (door norm bepaald)

GPS gegevens Nederland

adres Netherlands - katwijk aan den rijn (GPS: 52.1945, 4.4191)
 Hoogte boven zeeniveau 1 m

Windkaart ()

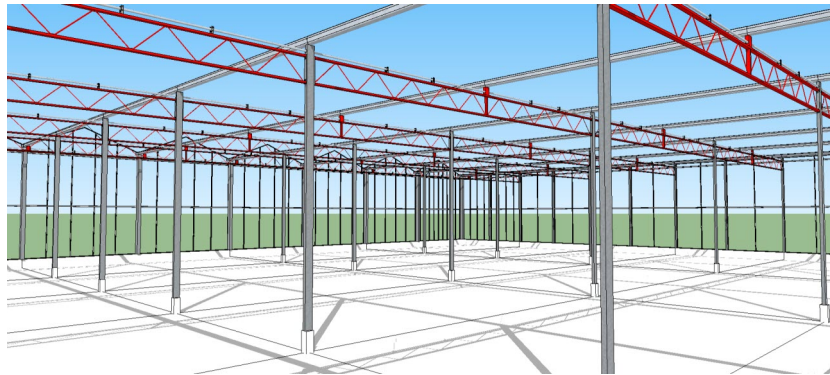
Seismische kaart (0.000 x g m/s²)



Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd



De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



3 T R A L I E L I G G E R S

Kasgegevens:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Aantal gekoppelde spanten : 4 (y-richting)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte (h) : 3.20 m
- Spanthoogte (hspan) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de tralieligger van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24): De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
 - Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
 - Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)
- De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:
- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
- (voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)
 Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de tralieliggers voor Venlowarenhuizen wordt verwezen naar TNO rapport: 2006-D-R0529 "Kniklengte berekeningen voor 2D-tralieligger met methode Mouty"

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

3.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:
 (Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

3.1.1 Liggers 2e rij tralies:

- Stijfheid (B.C.8) :	neerwaarts =	11.0	mm	<	30.0	mm:	voldoet.
- Bovenrand:							
- uit het vlak (3) :		0.30		<	1.00:		voldoet.
- in het vlak (3) :		0.23		<	1.00:		voldoet.
- doorsnede (3) :		0.52		<	1.00:		voldoet.
- Onderrand:							
- uit het vlak (3) :		0.76		<	0.95:		voldoet.
- in het vlak (3) :		0.46		<	1.00:		voldoet.
- doorsnede (3) :		0.52		<	1.00:		voldoet.
- Drukdiagonalen:							
- druk (B.C.3) :		0.32		<	1.00:		voldoet.
- trek (B.C.4) :		0.12		<	1.00:		voldoet.
- Trekdiagonalen:							
- druk (B.C.3) :		0.11		<	1.00:		voldoet.
- trek (B.C.3) :		0.44		<	1.00:		voldoet.
- Verbinding drukdiagonalen:							
- Lassen (B.C.3) :	UClasD =	0.24		<	1.00:		voldoen
- Aansluitingen(1):	UCdiaD =	0.87		<	1.00:		voldoen
- Verbinding trekdiagonalen:							
- Lassen (B.C.3) :	UClasT =	0.33		<	1.00:		voldoen
- Aansluitingen(1):	UCdiaT =	0.87		<	1.00:		voldoen
- Gootverticaal:							
- druk (B.C.3) :	Ndgv =	-10156	N	<	229893	N:	voldoet.
- plaatsvastheid(1):	kbr =	625.7	N/mm	<	3884.6	N/mm:	voldoet.
- plaatsvastheid(3):	kor =	92.6	N/mm	<	135.6	N/mm:	voldoet.
- Bouten eindplaten:							
- bovenste (B.C.3):	Fi,max =	169945	N	<	203328	N:	voldoet.
- onderste (B.C.4):	Fi,max =	49325	N	<	90432	N:	voldoet.
- Eindplaten (zonder onderleggringen)							
- pons boven (3) :	Ft,max =	169292	N	<	226089	N:	voldoet.
- pons onder (4) :	Ft,max =	49203	N	<	134472	N:	voldoet.
- buiging boven(3):	Meindpl =	1913.9	Nm	<	2284.3	Nm:	voldoet.
- buiging onder(4):	Meindpl =	554.7	Nm	<	735.5	Nm:	voldoet.
- Lasaansluiting eindplaten:							
- bovenrand (3) :	UC =	0.60		<	1.00:		voldoet.
- onderrand (4) :	UC =	0.36		<	1.00:		voldoet.

3.1.2 Eindconclusie(s):

- De liggers in de 2e rij tralies voldoen qua sterkte, stijfheid en stabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.	
- Stijfheid:	voldoet
- Bovenrand (RHBK100*40*4.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Onderrand (RHBK100*40*4.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoen
- Verbindingen Drukdiagonalen:	voldoen
- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoen
- Verbindingen Trekdiagonalen:	voldoen
- Gootverticaal (RHBK100*50*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Bouten eindplaten:	
- Bij de bovenrand (1xM24-8.8):	voldoen
- Bij de onderrand (1xM16-8.8):	voldoen
- Eindplaten (ST100*12.0 mm) (zonder onderleggringen):	
- Bij de bovenrand met schotjes:	voldoen
- Bij de onderrand:	voldoen

3.1.3 Liggers 1e rij tralies:

- Stijfheid (B.C.3) :	neerwaarts =	28.6	mm	<	30.0	mm:	voldoet.
- Bovenrand:							
- uit het vlak (3) :	0.58	<	1.00:				voldoet.
- in het vlak (3) :	0.40	<	1.00:				voldoet.
- doorsnede (3) :	0.53	<	1.00:				voldoet.
- Onderrand:							
- uit het vlak (3) :	0.74	<	0.95:				voldoet.
- in het vlak (3) :	0.46	<	1.00:				voldoet.
- doorsnede (3) :	0.53	<	1.00:				voldoet.
- Drukdiagonalen:							
- druk (B.C.3) :	0.37	<	1.00:				voldoet.
- trek (B.C.4) :	0.13	<	1.00:				voldoet.
- Trekdiagonalen:							
- druk (B.C.3) :	0.15	<	1.00:				voldoet.
- trek (B.C.3) :	0.50	<	1.00:				voldoet.
- Verbinding drukdiagonalen:							
- Lassen (B.C.3) : UClaSD =	0.27	<	1.00:				voldoen
- Aansluitingen(1) : UCdiaD =	0.87	<	1.00:				voldoen
- Verbinding trekdiagonalen:							
- Lassen (B.C.3) : UClaST =	0.37	<	1.00:				voldoen
- Aansluitingen(1) : UCdiaT =	0.87	<	1.00:				voldoen
- Gootverticaal:							
- druk (B.C.3) : NdgV =	-10156	N	<	229893	N:		voldoet.
- plaatsvastheid(1): kbr =	625.7	N/mm	<	3884.6	N/mm:		voldoet.
- plaatsvastheid(3): kor =	89.8	N/mm	<	135.6	N/mm:		voldoet.
- Bouten eindplaten:							
- bovenste (B.C.3) : Fi,max =	172594	N	<	203328	N:		voldoet.
- onderste (B.C.4) : Fi,max =	49151	N	<	90432	N:		voldoet.
- Eindplaten (zonder onderlegringen)							
- pons boven (3) : Ft,max =	171746	N	<	226089	N:		voldoet.
- pons onder (4) : Ft,max =	48985	N	<	134472	N:		voldoet.
- buiging boven(3) : Meindpl =	1941.5	Nm	<	2284.3	Nm:		voldoet.
- buiging onder(4) : Meindpl =	553.8	Nm	<	735.5	Nm:		voldoet.
- Lasaansluiting eindplaten:							
- bovenrand (3) : UC =	0.61	<	1.00:				voldoet.
- onderrand (4) : UC =	0.36	<	1.00:				voldoet.

3.1.4 Eindconclusie(s):

- De liggers in de 1e rij tralies voldoen qua sterkte, stijfheid en stabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.	
- Stijfheid:	voldoet
- Bovenrand (RHBK100*40*4.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Onderrand (RHBK100*40*4.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoen
- Verbindingen Drukdiagonalen:	voldoen
- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoen
- Verbindingen Trekdiagonalen:	voldoen
- Gootverticaal (RHBK100*50*3.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoet
- Bouten eindplaten:	
- Bij de bovenrand (1xM24-8.8):	voldoen
- Bij de onderrand (1xM16-8.8):	voldoen
- Eindplaten (ST100*12.0 mm) (zonder onderlegringen):	
- Bij de bovenrand met schotjes:	voldoen
- Bij de onderrand:	voldoen

3.1.5 Eindconclusie:

- Alle spanten voldoen.

3.1.6 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
 - B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
 - B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
 - B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

'Gap' van de lussen van de diagonaalaansluitingen

+-----+-----+-----+-----+-----+					
		Drukdiagonaal		Trekdiagonaal	
		+-----+-----+		+-----+-----+	
		bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand
+-----+-----+-----+-----+-----+					
2e spant		6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm
1e spant		6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm
+-----+-----+-----+-----+-----+					

- Bij de stabiliteitsberekeningen van de bovenrand en de onderrand uit het vlak van de tralie wordt uitgegaan van specifieke stabiliteitsvoorzieningen ter plaatse van de zwevende goten (zie paragraaf 4.2 en 5.2 van hoofdstuk 6, 7, 8 en 9).
- In de berekeningen wordt uitgegaan van een adequate krachtsinleiding van de verticale belastingen in de bovenrand van de tralieligger, zowel bij opwaartse alsook bij neerwaartse belasting.
- Uit experimenteel onderzoek is gebleken, dat de werkelijke doorbuiging van de tralieligger 20% tot 100% groter is dan berekend, ten gevolge van locale vervormingen ter plaatse van de diagonaal-aansluitingen. Onder normale omstandigheden is dit echter niet maatgevend.
- De maatgevende belastingen op de kolom-goot verbinding t.p.v. de opzetkolom (alle spanten):
 Bij opwaartse belastingen (B.C.4) = Ntgv = 5498 N
 Bij neerwaartse belastingen (B.C.3) = NdgV = -10156 N
- Voor de controle van de horizontale sterkte van de kolom-gootverbinding, is het volgende moment bepaald (in rekentoestand):
 Mozk(max) = 111.7 Nm (B.C.3)

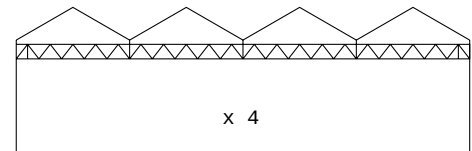
3.2 INVOERGEGEVENS

3.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte gevel : 3.20 m
- Kaslengte (L) : 45.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 4

3.2.2 Overige gegevens van de kas:

- Dekhelling (alfa) : 30.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 300 mm
- Spanthoogte (hspan) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1125 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 800 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 750 mm



3.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK100*100*3.0
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Lengte kolom : 3200 mm

3.2.4 Gegevens van de 2D tralieligger:

3.2.5 2e rij tralies:

- Bovenrand (br) : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Onderrand (or) : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Aantal diagonalen per kap : 10
- Drukdiagonalen (dd) : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Trekdiagonalen (td) : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Plaatsing 1e diagonaal : op onderrand, dus drukdiagonaal
- Diagonaal-aansluitingen : Gezaagd 2-zijdige las
- Verstijfde verbinding : Nee (controle geometrie)
- Controle van de lassen : druk trek
 - Excentriciteit : 0 0 mm
 - Keeldoorsnede : 4.0 4.0 mm
- Gootverticaal (gv) : RHBK100*50*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - plaatsvastheid : 80 %
- Strip in eerste veld : ST100*10.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Eindplaat (ep) : ST100*12.0 met schotjes (S235 (EN10219))
 - Bout bij de bovenrand : M24-8.8
 - onder de rand (3): < 25 mm
 - boven de rand (4): niet aanwezig.
 - Bout bij de onderrand : M16-8.8
 - onder de rand (1): niet aanwezig.
 - boven de rand (2): < 25 mm
- Schotjes :

bovenrand :	2	50 x	5 -	5 mm
onderrand :	0	40 x	5 -	5 mm
- Positie kopplaat : tegen randen

horz. vert. keel				
bovenrand :	2	1	3.0 mm	
onderrand :	1	1	4.0 mm	
- Toog : 0 mm

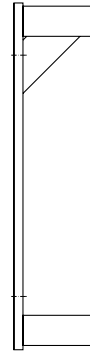


3.2.6 1e rij tralies:

- Bovenrand (br) : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Onderrand (or) : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Aantal diagonalen per kap : 10
- Drukdiagonalen (dd) : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Trekdiagonalen (td) : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Plaatsing 1e diagonaal : op onderrand, dus drukdiagonaal
- Diagonaal-aansluitingen : Gezaagd 2-zijdige las
- Verstijfde verbinding : Nee (controle geometrie)
- Controle van de lassen : druk trek
 - Excentriciteit : 0 0 mm
 - Keeldoorsnede : 4.0 4.0 mm
- Gootverticaal (gv) : RHBK100*50*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - plaatsvastheid : 80 %
- Strip in eerste veld : ST100*10.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Eindplaat (ep) : ST100*12.0 met schotjes (S235 (EN10219))
 - Bout bij de bovenrand : M24-8.8
 - onder de rand (3): < 25 mm
 - boven de rand (4): niet aanwezig.
 - Bout bij de onderrand : M16-8.8
 - onder de rand (1): niet aanwezig.
 - boven de rand (2): < 25 mm
- Schotjes

bovenrand :	2	50 x	5 -	5 mm
onderrand :	0	40 x	5 -	5 mm
- Positie kopplaat : tegen randen
horz. vert. keel
- Lassen

bovenrand :	2	1	3.0 mm
onderrand :	1	1	4.0 mm
- Toog : 0 mm
- Opzetkolom (zonder certificaat)
 - Profiel : RHBK80*50*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - rotatieveerstijfheid : 5000 Nm/rad (normaal)
 - inclusief gat : Nee
 - veerstijfheid horizont. : 6000 Nm/rad (normaal)
- Mechaniekgat : 40 x 30 mm (hoogte x breedte)
- Doorkoppeling bovenrand : niet doorgekoppeld
- Doorkoppeling onderrand : niet doorgekoppeld
- Goot (min. eigenschappen)
 - Iy en Iz kasgoot niet ingevoerd. Onderstaande wordt aangehouden:
 - Iy kasgoot (Iy.g) : 529169 mm⁴ = 53 cm⁴ (verticaal)
 - Iz kasgoot (Iz.g) : 264584 mm⁴ = 26 cm⁴ (horizontaal)
 - Materiaal goot : staal (Eg = 210000 N/mm²)



3.2.7 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 140 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Spant (Fspant 1e rij) : 2764 N
- Spant (Fspant 2e rij) : 2764 N

3.2.8 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

3.2.9 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basic wind velocity : V50 = 27.0 m/s reference V15 = 24.9 m/s
- Basic snowload : SK = 700.0 N/m²
- Berekende afsmeltfactor : Ct = 1.000
- Type kasdekomhulling : Single-layer: 4 mm Soda lime glass
- Temperatuur onder kasdek : Niet verwarmd
- Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
- Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : Rf = 15 year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : AgR = 0.000 x g m/sec²
(Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: gs = 1.30
- Windstuwdruk (qwind) : 533 N/m² dekoppervlak
(N.B.: Nokhoogte: H = 0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * tan 30° = 4.424 m)
Gebouwhoogte: 4.424 m. Eff.hoogte: ze = 4.424 m
- Sneeuwbelasting (qsneeuw) : 423.5 N/m² grondoppervlak

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 11
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

- Installaties : 100 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
 - positie ophanging : willekeurig op onderrand
 - hoh teeltgoot : 1600 mm
 - hoogte teeltgoot (Htgt) : 1000 mm
- Installaties totaal : 100 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (qgewas) : 0 = Max(0 , 0) N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak
 - positie ophanging : diagonaal knooppunt
- Gewassen op onderrand : ja
- Schoorverbanden : 1x1000 N
- Transportlast incidenteel : 1250 N
 - permanent : 0 N
 - positie ophanging : diagonaal knooppunt
- Puntlast onderbouw (Fpunt): 1000 N (geconcentreerde verticale belasting)
- Kasdekreiniger : Gewicht = 6000 N, wielbasis = 1500 mm

3.3 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

3.3.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

3.3.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K1 * \ln(1 / ref)}{1 - K1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$

- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- Reductiefactor $c_{scd} = \max(0.72, (0.83 * 0.85)) = 0.72$ (rekentoestand)
- Reductiefactor $c_{scd}' = 0.83 * 0.85 = 0.70$ (gebruikstoestand)

Voor de reductiefactoren wordt de onderstaande tabel aangehouden
 (tussenliggende waarden via lineaire interpolatie):

+-----+(volgens EN13031-1)

X	Cs 2)	Ccor
[m]	loodrecht	parallel
5	0.92	1.00
10	0.89	0.85
20	0.87	0.85
30	0.85	0.85
50	0.82	0.85
75	0.80	0.85
100	0.78	0.85
150	0.75	0.85
> 200	0.73	0.85

1): de maximale reductie van de
 windstuwdruk is 0.72 (=0.85x0.85)

2): de ondergrens voor $cs=0.85$ (rekentoestand)

Cs;loodrecht = 0.83 (kaslengte 45.0 m)
 Ccor;parallel = 0.85 (kasbreedte 51.2 m)

+-----+

3.3.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
EN 13031-1: $R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5 \text{ N/m}^2$

3.3.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = $U_1 / [1/U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $20.2634 / [(T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] = 70219 \text{ N/m}^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax} / 3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0 * Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

3.3.4 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
- B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
- B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- Combinaties voor dekroeden:
 - BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor de goot:
 - BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
 - BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.3.5 Tabel 7: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen ge- wicht dek a= 140 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 100 N/m ² + 0 N/m ² = 100 N/m ²	Wind- belasting a= 533 N/m ² b= 383 N/m ² c= 533 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 423 N/m ² b= 423 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 6000 N b= 1250 N	Aardbeving AgR = 0.000 [Sd]
1	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	b 1.00(0.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.02(1.00)	1.02(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.02(1.00)	1.02(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	b 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.02(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
7	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
8	1.15(1.00)	1.15(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)
9	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
10	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
11	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exceptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd

(zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 4424	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 3500	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 3500	mm	
- Roof angle	: alpha = 30.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 51200	mm	Ratio h/W = 0.0684
- Greenhouse length	: L = 45000	mm	Ratio h/L = 0.0778
- Bay width gutter to gutter	: S = 3200	mm	Ratio h/S = 1.0938

3.4 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

3.4.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 4.1| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.26 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.20 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.45 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.65 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.39 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.44 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.28 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.38 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.20 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.28 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -8429| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 79.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 145675 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 12841 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 145.1 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1640.3 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.52 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.07 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 12.3| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.49 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.34 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.46 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.64 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.39 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.45 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.32 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.13 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.43 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.23 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.32 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -8429| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 77.2 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 147953 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 14737 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 147.2 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1664.1 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.53 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.08 <= 1.00: voldoet.

3.4.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 3.8 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.17 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.28 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.18 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.08 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.11 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -1581 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 34.1 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 54891 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 5164 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 54.6 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 614.9 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.03 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 9.4| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.16 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.28 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.18 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.12 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.16 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.09 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.12 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -2011| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 33.5 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 52092 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 13049 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 51.8 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 12.9 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 581.3 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 143.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.18 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.10 <= 1.00: voldoet.

3.4.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 9.9 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.30 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.23 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.52 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.76 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.46 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.52 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.32 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.44 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.24 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.33 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -10156 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 92.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 169945 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 14882 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 169.3 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1913.9 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.60 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 28.6| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.58 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.40 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.53 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.74 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.46 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.53 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.37 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.15 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.50 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.27 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.37 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -10156| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 89.8 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 172594 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 17090 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 171.7 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1941.5 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.61 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.09 <= 1.00: voldoet.

3.4.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- opwaarts : | -1.3| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.17 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.16 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.10 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.00 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.12 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.07 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.06 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.09 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.06 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 12.1 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 3472 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 49325 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 0.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 49.2 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 0.0 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 554.7 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.01 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- opwaarts : | -5.4| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.22 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.00 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.13 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.10 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.07 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 27.2 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 13095 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 49151 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 13.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 49.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 147.1 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 553.8 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

3.4.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- opwaarts : | -1.3| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.17 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.16 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.10 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.00 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.12 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.07 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.06 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.09 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.06 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 12.1 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 3472 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 49325 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 0.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 49.2 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 0.0 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 554.7 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.01 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- opwaarts : | -5.4| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.22 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.00 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.13 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.10 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.07 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 27.2 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 13095 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 49151 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 13.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 49.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 147.1 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 553.8 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

3.4.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 2.6 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.04 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.09 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.14 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.09 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.02 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.04 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.05 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -1206 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 17.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 28082 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 2405 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 28.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 314.9 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.01 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 4.6| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.12 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.07 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.08 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.04 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.03 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.04 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.05 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -1382| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 14.5 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 22244 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 15213 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 22.2 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 15.2 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 249.1 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 169.2 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.11 <= 1.00: voldoet.

3.4.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

- 2e rij tralies:
 Niet van toepassing

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- opwaarts : | -3.7| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.15 <= 1.00: voldoet.
 - in het vlak : 0.13 <= 1.00: voldoet.
 - doorsnede : 0.12 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.17 <= 0.95: voldoet.
 - in het vlak : 0.08 <= 1.00: voldoet.
 - doorsnede : 0.12 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.00 <= 1.00: voldoet.
 - trek : 0.11 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.07 <= 1.00: voldoet.
 - trek : 0.06 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.08 <= 1.00: voldoen
 - Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.06 <= 1.00: voldoen
 - Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.
 - plaatsvasth.or: 20.2 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 9364 N < 203328 N: voldoen.
 - onderste : 40270 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 9.3 kN < 226.1 kN: voldoet.
 - pons onder : 40.1 kN < 134.5 kN: voldoet.
 - buiging boven : 105.3 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.
 - buiging onder : 454.2 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.03 <= 1.00: voldoet.
 - onderrand : 0.30 <= 1.00: voldoet.

3.4.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 11.0 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.27 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.31 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.47 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.27 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.31 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.24 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.33 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.18 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.25 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -6181 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 57.2 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 99551 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 10658 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 99.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1117.7 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 21.3| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.42 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.30 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.31 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.46 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.26 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.31 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.27 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.37 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.20 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.27 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -6181| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 55.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 100707 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 11870 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 100.0 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1129.2 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.06 <= 1.00: voldoet.

3.4.9 B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 5.3 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.14 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.36 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.21 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.12 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.16 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -3551 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 44.0 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 102602 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 9446 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 102.2 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1154.2 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 15.5| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.27 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.25 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.35 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.25 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.18 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.13 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.18 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -3551| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 42.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 104240 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 10797 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 103.7 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1171.2 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.37 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.06 <= 1.00: voldoet.

3.4.10 B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 5.3 | mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.14 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.36 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.21 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.12 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.16 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -3551 | N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 44.0 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 102602 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 9445 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 102.2 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1154.2 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 15.5| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.27 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.25 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.35 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.25 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.18 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.13 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.18 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -3551| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 42.6 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 104240 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 10797 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 103.7 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 1171.2 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.37 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.06 <= 1.00: voldoet.

3.4.11 B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- 2e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 4.1| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.19 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.29 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.17 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.19 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.13 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.17 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.09 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.13 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -2331| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 35.0 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 80909 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 7634 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 80.5 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 909.6 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.29 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.04 <= 1.00: voldoet.

- 1e rij tralies:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 12.3| mm < 30.0 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.15 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.19 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.28 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.17 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.20 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.14 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- druk : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.20 <= 1.00: voldoet.

Verbinding drukdiagonalen:

- Lassen : 0.11 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Verbinding trekdiagonalen:

- Lassen : 0.15 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 0.87 <= 1.00: voldoen

Gootdiagonalen:

- druk : | -2331| N < 229893 N: voldoet.

- plaatsvasth.br: 625.7 N/mm < 3884.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 34.0 N/mm < 135.6 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 82216 N < 203328 N: voldoen.

- onderste : 8707 N < 90432 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 81.8 kN < 226.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 134.5 kN: voldoet.

- buiging boven : 923.1 Nm < 2284.3 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 735.5 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.29 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

3.5 PROFIEL-EIGENSCHAPPEN

In dit deel worden alle profiel-eigenschappen weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en de belastingcombinaties.

3.5.1 Eigenschappen van de 1e rij tralies:

3.5.1.1 Eigenschappen van de bovenrand (RHBK100*40*4.0 mm S235 (EN1021) (index "br")):

- Oppervlakte : Abr = 1014.8 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.br = 1159323.0 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.br = 23186.5 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.br = 33.8 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.br = 269272.8 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.br = 13463.6 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.br = 16.3 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.br = 20.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lbr = 7.876 m
- Gewicht : Gbr = 101.967 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.br = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Ebr = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gbr = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.br = 23186 (Wply.br = 30301) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.br = 13464 (Wplz.br = 15697) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.br = 717716 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht Nc.Rd.br = 291834 N
 - NRk.br = 291834 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.br = 6668 Nm Mz.c.Rd.br = 3872 Nm
 - elastisch My.Rk.br = 6668 Nm Mz.Rk.br = 3872 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfa_y = 0.49 alfa_z = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekbr*tbr/Lbr)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 287.6 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lbr = 266.3 mm
 - Omgez. hoeken : rhoek = 4
 - Op druk belast : fy-dbr = fy-eq = 287.6 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tbr = fy-eq = 287.6 N/mm²
 - In de z-richting:
 - Stel: kniklengte lkzbr = lbr = 512 mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : lambda-zbr = 512 / 16.3 = 31
 - Chizbr = min(0.931 , 1.0) = 0.931

3.5.1.2 Eigenschappen van de onderrand (RHBK100*40*4.0 mm S235 (EN1021) (index "or")):

- Oppervlakte : Aor = 1014.8 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.or = 1159323.0 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.or = 23186.5 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.or = 33.8 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.or = 269272.8 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.or = 13463.6 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.or = 16.3 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.or = 20.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lor = 7.876 m
- Gewicht : Gor = 101.967 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.or = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Eor = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gor = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.or = 23186 (Wply.or = 30301) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.or = 13464 (Wplz.or = 15697) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.or = 717716 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht Nc.Rd.or = 291834 N
 - NRk.or = 291834 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.or = 6668 Nm Mz.c.Rd.or = 3872 Nm
 - elastisch My.Rk.or = 6668 Nm Mz.Rk.or = 3872 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfabeta = 0.49 alfazeta = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekor*tor/Lor)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 287.6 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lor = 266.3 mm
 - Omgez. hoeken : nhoek = 4
 - Op druk belast : fy-dor = fy-eq = 287.6 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tor = fy-eq = 287.6 N/mm²
 - In de z-richting:
 - Stel: kniklengte lkz = lor = 320 mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : lambda-zor = 320 / 16.3 = 20
 - Chizor = min(0.995 , 1.0) = 0.995

3.5.1.3 Eigenschappen van de diagonalen (index "d"):

- Hoek met de randen : $\text{adiag} = \text{atan}(\text{ht}, \text{diag} / (\text{lveld}/2)) = \text{atan}(370 / (640/2)) = 49.1 \text{ graden}$
- Systeem-lengte : $\text{ldiag} = ((\text{lveld}/2)^2 + \text{ht}, \text{diag}^2)^{1/2} = ((640/2)^2 + (370)^2)^{1/2} = 489 \text{ mm}$
- Reductie-factor kniklengte = 0.75, Gezaagd 2-zijdige las
- Kniklengte diagonalen: $\text{lkzd} = 0.75 * 489 = 367 \text{ mm}$ (uit het vlak)
- Aansluitfactor treksterkte = 0.60, Gezaagd 2-zijdige las

3.5.1.4 Eigenschappen van de drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm S235 (EN1021) (index "de")):

- Oppervlakte : $\text{Ade} = 368.5 \text{ mm}^2$
- Traagheidsmoment y-as: $\text{Iy.de} = 61999.9 \text{ mm}^4$
- Weerstandsmoment y-as: $\text{Wy.de} = 3542.9 \text{ mm}^3$
- Traagheidsstraal y-as: $\text{iy.de} = 13.0 \text{ mm}$
- Traagheidsmoment z-as: $\text{Iz.de} = 61999.9 \text{ mm}^4$
- Weerstandsmoment z-as: $\text{Wz.de} = 3542.9 \text{ mm}^3$
- Traagheidsstraal z-as: $\text{iz.de} = 13.0 \text{ mm}$
- Neutrale lijn z-as : $\text{ez.de} = 17.5 \text{ mm}$
- Versch.neutr.lijn y : $\text{eNy} = 0.0 \text{ mm}$
- z : $\text{eNz} = 0.0 \text{ mm}$
- Lengte : $\text{Lde} = 0.501 \text{ m}$
- Gewicht : $\text{Gde} = 14.153 \text{ kg}$
- Rekenwaarde vloeigrens $\text{fy.de} = 235.0 \text{ N/mm}^2$
- Elasticiteitsmodulus $\text{Ede} = 210000 \text{ N/mm}^2$
- Afschuivingsmodulus $\text{Gde} = 80769 \text{ N/mm}^2$
- Weerstandsmom.pl.y-as $\text{Wpy.de} = 3543$ ($\text{Wply.de} = 4365$) mm^3
- Weerstandsmom.pl.z-as $\text{Wpz.de} = 3543$ ($\text{Wplz.de} = 4365$) mm^3
- Torsietraagheidsmoment $\text{It.de} = 95127 \text{ mm}^4$
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht $\text{Nc.Rd.de} = 109643 \text{ N}$
 - $\text{NRk.de} = 109643 \text{ N}$
 - Moment plastisch $\text{My.c.Rd.de} = 1054 \text{ Nm}$ $\text{Mz.c.Rd.de} = 1054 \text{ Nm}$
 - elastisch $\text{My.Rk.de} = 1054 \text{ Nm}$ $\text{Mz.Rk.de} = 1054 \text{ Nm}$
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\text{alfay} = 0.49$ $\text{alfaz} = 0.49$
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) ($\text{fy} = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\text{ft} = 360.0 \text{ N/mm}^2$)
 - $\text{fy-eq} = \text{fy} + (7 * \text{nhoekde} * \text{tde} / \text{Lde}) * (\text{ft} - \text{fy}) < (\text{fy} + \text{ft}) / 2$: $\text{fy-eq} = 297.5 \text{ N/mm}^2$
 - Ontwikkelde lengte : $\text{Lde} = 132.3 \text{ mm}$
 - Omgez. hoeken : $\text{nhoek} = 4$
 - Op druk belast : $\text{fy-dde} = \text{fy-eq} = 297.5 \text{ N/mm}^2$
 - Op trek belast : $\text{fy-tde} = \text{fy-eq} = 297.5 \text{ N/mm}^2$
- Slankheid z-as : $\text{lambda-zde} = 367 / 12.97 = 28.3$
- Omega-de = 1.05 (art. 7.4 van RKP 1990 met $\text{alfa} = 0.49$)
 - $\text{Ade} * \text{sigmae-dde} = 368.5 * 297.5$
- Drukcapaciteit : $\text{Fddiag} = \text{omega-de} = 1.05 = 104000 \text{ N}$
- Trek : - Ftaansluiting = $0.60 * \text{Ade} * \text{sigmau} / \text{yM} = 0.60 * 368.5 * 360.0 / 1.25 = 63685 \text{ N}$
- Ftdoorsnede = $\text{Ade} * \text{sigmae-tde} = 368.5 * 297.5 = 109643 \text{ N}$
- dus trekcapaciteit :
 - $\text{Fddiag} = \min(63685, 109643) = 63685 \text{ N}$

3.5.1.5 Eigenschappen van de trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm S235 (EN1021) (index "dm")):

- Oppervlakte : Adm = 368.5 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.dm = 61999.9 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.dm = 3542.9 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.dm = 13.0 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.dm = 61999.9 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.dm = 3542.9 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.dm = 13.0 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.dm = 17.5 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Ldm = 0.501 m
- Gewicht : Gdm = 42.458 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.dm = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Edm = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gdm = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.dm = 3543 (Wply.dm = 4365) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.dm = 3543 (Wplz.dm = 4365) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.dm = 95127 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.dm = 109643 N
 - NRk.dm = 109643 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.dm = 1054 Nm
 - elastisch My.Rk.dm = 1054 Nm
 - Mz.c.Rd.dm = 1054 Nm
 - Mz.Rk.dm = 1054 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfab = 0.49 alfaz = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekdm*tdm/Ldm)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 297.5 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Ldm = 132.3 mm
 - Omgez. hoeken : nhoek = 4
 - Op druk belast : fy-ddm = fy-eq = 297.5 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tdm = fy-eq = 297.5 N/mm²
- Slankheid z-as : lambda-zdm = 367 / 12.97 = 28.3
- Omega-dm = 1.05 (art. 7.4 van RKP 1990 met alfa = 0.49)
 - Adm*sigmae-ddm 368.5 * 297.5
- Drukcapaciteit : Ftdiagd = ----- = ----- = 104000 N
 - omega-dm 1.05
- Trek : - Ftaansluiting = 0.60 * Adm * sigmau / yM =
 - = 0.60 * 368.5 * 360.0 / 1.25 = 63685 N
 - Ftdoorsnede = Adm * sigmae-tdm =
 - = 368.5 * 297.5 = 109643 N
- dus trekcapaciteit :
 - Ftdiagt = min(63685 , 109643) = 63685 N

3.5.1.6 Eigenschappen van de gootverticaal (index "gv") of -diagonalen (index "gd"):

De gootverticaal of de gootdiagonalen worden alleen gecontroleerd op knik en op zijdelingse steun aan de onderrand tegen instabiliteit uit het vlak. Er wordt niet gecontroleerd op locale effecten bij de aansluiting van de gootverticaal of -diagonalen aan de onder- en bovenrand.

- Opp. (RHBK100*50*3.0 S235 (EN10219)) : Agv = 848.5 mm²
- Traagheidsmoment z-as : Izgv = 1083900.5 mm⁴ (uit het vlak)
- Traagheidsmoment y-as : Iygv = 365520.2 mm⁴ (in het vlak)
- Traagheidsstraal y-as : iygv = 20.75 mm
- Reductie-factor kniklengte = 0.75 (in het vlak van de tralie)
 (uitgaande van een strip, rechth. buis, U- of C-profiel 2-zijdig gelast,
 of 2 ronde buizen of staven wijdbeens geplaatst)
- Kniklengte gootvert. : lkygv = 0.75 * ht,net = 0.75 * 370 = 278 mm
- omega-gv = 1.00 (art. 7.4 van RKP 1990 met alfa = 0.49)
- Rekenwaarden voor de vloeigrens volgens art. 6.2.5 van RKP 1990:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN1021 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²))
 - Ontwikkelde lengte : Lgv = 292.3 mm
 - Omgez. hoeken : rhoek = 4
 - Op druk belast : sigmae-dgv = sigmae-eq = 270.9 N/mm²
- Drukcapaciteit : Fgvertd = $\frac{Agv \cdot sigmae-dgv}{omega-gv} = \frac{848.5 \cdot 270.9}{1.00} = 229893 \text{ N}$
- Veerstijfheid : k0gvert = $\frac{3 \cdot E \cdot Izgv}{ht,net^3} = \frac{3 \cdot 2.1E5 \cdot 1083901}{(370)^3} = 13481.1 \text{ N/mm}$

3.5.1.7 Aanvullende eigenschappen van de stabiliteit uit het vlak

Bepaling van de kritieke veerstijfheid ten behoeve van een plaatsvast punt van de randen en de daarbij benodigde stijfheid van de aansluiting met de gootverticaal.

Gegevens van de rand (uit het vlak):

- Oppervlakte : A = 1014.8 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy = 1159323.0 mm⁴
- Traagheidsstraal y-as: iy = 33.8 mm
- Kniklengte (ghoh) : lk = kapbreedte / 0.80 = 4000 mm
- Slankheid : lambda-y = lk / iy = 4000 / 33.8 = 118.3
- Grensslankheid : lambda-e = pi * (2.1E5/288)^{0.5} = 84.9
- Relatieve slankheid : lambda-r = lambda-y / lambda-e = 1.394
- Omegabuc-y : 0.35 (alfa = 0.49)

Rekenwaarde voor de kritieke stijfheid volgens 12.1.4.2.1. van NEN6770 en conform EN 1993-1-1

+-----+		
nveld	Xsi	De factoren Xsi
+-----+		
1	1.0000	als functie van het aantal velden
2	0.5000	in tabelvorm gegeven
3	0.3330	
4	0.2930	
5	0.2760	
6	0.2680	
7	0.2630	
8	0.2605	Voor nveld = (3 + 1) * 0.80 geldt:
9	0.2580	Xsi = 0.3250
+-----+		

Berekening van de kritieke stijfheid (plaatsvast punt):

- voor lambda-r kleiner dan of gelijk aan 0.41 geldt (Phi1 = 0.64):

$$kcr = \frac{A \cdot sigmae}{ghoh \cdot xsi} \cdot \left(\frac{50}{3} \cdot Phi1 - \frac{250}{9} \cdot Phi1^2 \cdot lambda-r^2 \right) = -2568.9 \text{ N/mm}$$
- voor lambda-r tussen 0.41 en 0.74 geldt:

$$kcr = \frac{A \cdot sigmae}{ghoh \cdot xsi} \cdot \frac{1}{lambda-r^2} \cdot [1 - \left(\frac{Omegabuc - 0.7}{0.3} \right)^2] = -40.4 \text{ N/mm}$$
- voor lambda-r groter of gelijk dan 0.74 geldt:

$$kcr = \frac{A \cdot sigmae}{ghoh \cdot xsi} \cdot \frac{1}{lambda-r^2} = 115.5 \text{ N/mm}$$

Hieruit volgt de maatgevende kritieke veerstijfheid rand: kcr = 115.5 N/mm

Gegevens van de rand (uit het vlak):

- Oppervlakte : A = 1014.8 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy = 1159323.0 mm⁴
- Traagheidsstraal y-as: iy = 33.8 mm
- Kniklengte (ghoh) : lk = kapbreedte = 3200 mm
- Slankheid : $\lambda_y = lk / iy = 3200 / 33.8 = 94.7$
- Grensslankheid : $\lambda_e = \pi * (2.1E5/288)^{0.5} = 84.9$
- Relatieve slankheid : $\lambda_r = \lambda_y / \lambda_e = 1.115$
- Omegabuc-y : 0.48 (alfa = 0.49)

Rekenwaarde voor de kritieke stijfheid volgens 12.1.4.2.1. van NEN6770 en conform EN 1993-1-1

+-----+			
nveld	Xsi		De factoren Xsi
+-----+			als functie van het aantal velden
1	1.0000		in tabelvorm gegeven
2	0.5000		
3	0.3330		
4	0.2930		
5	0.2760		
6	0.2680		
7	0.2630		
8	0.2605		Voor nveld = (3 + 1) * 1.00 geldt:
9	0.2580		Xsi = 0.2930
+-----+			

Berekening van de kritieke stijfheid (plaatsvast punt):

- voor λ_r kleiner dan of gelijk aan 0.41 geldt ($\Phi_1 = 0.64$):

$$kcr = \frac{A \cdot \sigma_{ae}}{ghoh \cdot xsi} * \left(\frac{50}{3} * \Phi_1 - \frac{250}{9} * \Phi_1^2 * \lambda_r^2 \right) = -1084.3 \text{ N/mm}$$
- voor λ_r tussen 0.41 en 0.74 geldt:

$$kcr = \frac{A \cdot \sigma_{ae}}{ghoh \cdot xsi} * \frac{1}{\lambda_r^2} * \left[1 - \left(\frac{0.7}{0.3} \right)^2 \right] = 111.0 \text{ N/mm}$$
- voor λ_r groter of gelijk dan 0.74 geldt:

$$kcr = \frac{A \cdot \sigma_{ae}}{ghoh \cdot xsi} * \frac{2.5}{\lambda_r^2} = 625.7 \text{ N/mm}$$

Hieruit volgt de maatgevende kritieke veerstijfheid rand: $kcr = 625.7 \text{ N/mm}$

Gegevens Geometrie

- Bovenrand : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN1021))
 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Onderrand : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN1021))
 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Drukdiagonalen : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN1021))
 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Trekdiagonalen : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN1021))
 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Aantal diagonalen per kap : 10
- Diagonaal-aansluitingen : Gezaagd 2-zijdige las
- Plaatsing 1e diagonaal op onderrand, dus drukdiagonaal
- Hoek met de randen : $\text{adiag} = \text{atan}(\text{ht}, \text{diag} / (\text{lvel}/2)) =$
 $= \text{atan}(370 / (640/2)) = 49.1 \text{ graden}$
- Systeem-lengte : $\text{ldiag} = ((\text{lvel}/2)^2 + \text{ht}, \text{diag}^2)^{1/2} =$
 $= ((640/2)^2 + (370)^2)^{1/2} = 489 \text{ mm}$

Drukdiagonaal		Trekdiagonaal	
Keeldoorsnede =	4.0 mm	Keeldoorsnede =	4.0 mm
Exc. plaatsing =	0 mm	Exc. plaatsing =	0 mm
Nlas =	2 mm	Nlas =	2 mm
alas =	4.00 mm	alas =	4.00 mm
Modelfact. =	1.25	Modelfact. =	1.25
Bdia =	35.00 mm	Bdia =	35.00 mm
Hdia =	35.00 mm	Hdia =	35.00 mm
Tdia =	3.00 mm	Tdia =	3.00 mm
Bdia.nett =	35.00 mm	Bdia.nett =	35.00 mm
Hdia.nett =	35.00 mm	Hdia.nett =	35.00 mm
rdia =	17.50 mm	rdia =	17.50 mm
et =	0.00 mm	et =	0.00 mm
Ucv.dia.a =	0.33	Ucv.dia.a =	0.33
Ucv.dia.b =	0.50	Ucv.dia.b =	0.50
Ucv.dia.h =	0.50	Ucv.dia.h =	0.50

NEN-EN 1993-1-8, Tabel 7.8. Geldigheidsgebied voor gelaste verbindingen:

Geometrietoets randen

Toelichting: Deze geometrietoets wordt niet meegewogen in de eindtoets.

Ucv.rand.b = 0.71 Met resultaten van proeven en praktijkervaring is aangetoond
 Ucv.rand.o = 0.71 dat deze grenzen voor tralieliggers van kassen te streng zijn.

Aansluitingen

	Drukdiagonaal		Trekdiagonaal	
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand
Brand.nett	92.00 mm	92.00 mm	92.00 mm	92.00 mm
Bl.dia	46.31 mm	46.31 mm	46.31 mm	46.31 mm
Hl.dia	35.00 mm	35.00 mm	35.00 mm	35.00 mm
sigmau.las	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²
sigma.wud	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²
sigmat.las	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²
Lasfactor	0.80	0.80	0.80	0.80
Beta_v	0.49	0.49	0.49	0.49
g	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm
Av	520.00 mm ²	520.00 mm ²	520.00 mm ²	520.00 mm ²
gamma	11.50	11.50	11.50	11.50
Beff.t	26.85 mm	26.85 mm	26.85 mm	26.85 mm
Beff.p	20.14 mm	20.14 mm	20.14 mm	20.14 mm
Lef.dia	46.27 mm	46.27 mm	46.27 mm	46.27 mm
Llas	92.55 mm	92.55 mm	92.55 mm	92.55 mm
N1.dia	150036 N	150036 N	150036 N	150036 N
N2.dia	93278 N	93278 N	93278 N	93278 N
N3.dia	141655 N	141655 N	141655 N	141655 N
N4.dia	114085 N	114085 N	114085 N	114085 N
Ucv.afm	0.87	0.87	0.87	0.87
Ucv.dia.b	0.86	0.86	0.86	0.86
Ucv.dia.h	0.00	0.00	0.00	0.00
Ucv.B1	0.00	0.00	0.00	0.00
Ucv.max	0.87	0.87	0.87	0.87
Ucv.max	0.87		0.87	
Ucv.max		0.87		

3.5.1.8 Eigenschappen van de bouten in de spant-kolom-aansluiting:

Bij de onderrand 1 x M16-8.8 (index "bto"):

- Spanningsdoorsnede per bout : $As_{bto} = 157.0 \text{ mm}^2$
- Rekenwaarde vloeigrens : $\min(\sigma_{mae}, 0.72 \cdot \sigma_{mau})$
- Ideële boutcapaciteit : $F_{i,capbto} = 90432 \text{ N}$

Bij de bovenrand 1 x M24-8.8 (index "btb"):

- Spanningsdoorsnede per bout : $As_{btb} = 353.0 \text{ mm}^2$
- Rekenwaarde vloeigrens : $\min(\sigma_{mae}, 0.72 \cdot \sigma_{mau})$
- Ideële boutcapaciteit : $F_{i,capbtb} = 203328 \text{ N}$

Momentenarm bij positief moment (+ = trek onderrand):

(bovenste bout onder bovenrand, dus drukpunt t.p.v. hartlijn bovenrand)

- Arm bout 1: $h_1 = 0$ (niet aanwezig)
- Arm bout 2: $h_2 = h_{spant} - e_{zbr} - b_{or} - e_2 = 450 - 20.0 - 40 - 25 = 365 \text{ mm}$
- Arm bout 3: $h_3 = b_{br} - e_{zbr} + e_3 = 40 - 20.0 + 25 = 45 \text{ mm}$
- Arm bout 4: $h_4 = 0$ (niet aanwezig)
- Maximum hefboomsarm : $h_{max} = 365 \text{ mm}$
- Momenten-arm = $h_{bout} = (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2)/h_{max} = 371 \text{ mm}$

Momentenarm bij negatief moment (- = trek bovenrand):

(onderste bout boven onderrand, dus drukpunt t.p.v. hartlijn onderrand)

- Arm bout 1: $h_1 = 0$ (niet aanwezig)
- Arm bout 2: $h_2 = b_{or} - e_{zor} + e_2 = 40 - 20.0 + 25 = 45 \text{ mm}$
- Arm bout 3: $h_3 = h_{spant} - e_{zor} - b_{br} - e_3 = 450 - 20.0 - 40 - 25 = 365 \text{ mm}$
- Arm bout 4: $h_4 = 0$ (niet aanwezig)
- Maximum hefboomsarm : $h_{max} = 365 \text{ mm}$
- Momenten-arm = $h_{bout} = (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2)/h_{max} = 371 \text{ mm}$

3.5.1.9 Eigenschappen van de eindplaat (ST100*12.0 mm S235 (EN1021) (index "ep")):

- Schuifspanning : $\sigma_{s-s} = 0.58 \cdot \sigma_{mae} = 0.58 \cdot 235 = 136 \text{ N/mm}^2$

Bij de onderrand:

- Pl.weerstandsmoment : $W_{p,ep} = 3130 \text{ mm}^3$ (zonder schotjes) ($R_{wpl} = 0.869$)
- Moment-capaciteit : $M_{p,cap} = W_p \cdot \sigma_{mae} = 3130 \cdot 235 = 736 \text{ E3 Nmm}$
- Diameter boutkop : $e = 26.17 \text{ mm}$
- Capaciteit op pons : $F_{p,cap} = \pi \cdot D \cdot t \cdot \sigma_{s-s} = \pi \cdot 26.17 \cdot 12.0 \cdot 136 = 134 \text{ kN}$

Bij de bovenrand:

- Ivm aanwezigheid van schotjes is een vervangend weerstandsmoment berekend:
- Wanddikte schotje : $t_s = 5 \text{ mm}$
- Flens/profielbreedte: $H_s = 50.71 \text{ mm}$, bij schotje(s) ter plaatse van de bout
- Slankheid : $\lambda = 1.052 \cdot H_s / t_s \cdot (\sigma_{e-e} / (E \cdot k_{\sigma}))^{0.5} = 1.052 \cdot 50.71 / 5 \cdot (235 / (2.1 \cdot 10^5 \cdot 0.43))^{0.5} = 0.54$
- Plooi factor : $\rho_{hs} = (1 - 0.22/\lambda) / \lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22/0.54) / 0.54$, dus $\rho_{hs} = 1.00$
- Eff.profielbreedte : $H_{s,eff} = \rho_{hs} \cdot H_s = 1.00 \cdot 50.71 = 50.71 \text{ mm}$
- W_x - elastisch : $W_{el} = 9720.25 \text{ mm}^3$, met schotjes
- W_x - plastisch : $W_{pl} = 3600.00 \text{ mm}^3$, zonder schotje(s)
- $W_{p,ep}$ - reken : $W_{p,ep} = \max(W_{el}, W_{pl}) = \max(9720.25, 3600.00) = 9720.25 \text{ mm}^3$
- Moment-capaciteit : $M_{p,cap} = W_p \cdot \sigma_{mae} = 9720 \cdot 235 = 2284 \text{ E3 Nmm}$
- Diameter boutkop : $e = 44.00 \text{ mm}$
- Capaciteit op pons : $F_{p,cap} = \pi \cdot D \cdot t \cdot \sigma_{s-s} = \pi \cdot 44.00 \cdot 12.0 \cdot 136 = 226 \text{ kN}$

3.5.1.10 Eigenschappen van de lasaansluiting:

Controle boutafstand		Bovenrand	Onderrand
Doorsnede boutgat kopplaat	dDgat	26.00 mm	18.00 mm
Randafstand bout - rand	dDrnd	38.00 mm	42.00 mm
Afstand tussen Bouten horizontaal	dDtus	76.00 mm	84.00 mm
Minimale randafstand bouten	dMinRnd	18.00 mm	12.00 mm
Minimale afstand tussen bouten	dMinTus	36.00 mm	24.00 mm
Unity check randafstand bout	dUgat	0.47	0.29

Gegevens lasaansluiting:

Afstand eind schotje kopplaat-rand	dLenS	70.71 mm	0.00 mm
Materiaalkwaliteit las	dSgmUlas	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²
Lasfactor	dBeta	0.80	0.80
Modelfactor	dGamma	1.25	1.25
Rekenwaarde uiterste grenstoestand	dSgm_wud	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²
Toelaatbare trekspanning	dSgm_t	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²
Minimale lasdoorsnede rand	dAminRand	3.00 mm	4.00 mm
Minimale lasdoorsnede schotje	dAminSchot	3.00 mm	4.00 mm
Lasoppervlak hor. rand (prof: K,U,W)	dA1	600.00 mm ²	400.00 mm ²
Lasoppervlak hor. rand (prof: C)	dA1C	0.00 mm ²	0.00 mm ²
Lasoppervlak vert rand	dA2	120.00 mm ²	160.00 mm ²
Lasoppervlak schotjes	dA3	424.26 mm ²	0.00 mm ²

1): bij 1 schotje in de verbinding wordt de ingevoerde waarde met 1mm verminderd.

Tabel: Verdeling van de belasting over de lussen bij de kopplaat en randen:

positie	belasting	Bovenrand				Onderrand			
		horz	vert	sch	cont	horz	vert	sch	cont
kopplaat	normaalkracht	0.52	0.10	0.37	1.00	0.71	0.29	0.00	1.00
	dwarskracht	0.57	0.09	0.33	1.00	0.75	0.25	0.00	1.00
tralieland	normaalkracht	0.56	0.11	0.32	1.00	0.71	0.29	0.00	1.00
	dwarskracht	0.53	0.09	0.38	1.00	0.75	0.25	0.00	1.00

Tabel: Bij een eenheidsbelasting zijn de spanningen in de verschillende lasaansluitingen als volgt verdeeld [eenheid 1/m²]:

positie	belasting	Bovenrand			Onderrand		
		horz	vert	sch	horz	vert	sch
kopplaat	trekkracht	Tlr	618	618	618	1263	1263
		Tew	0	0	0	0	0
		Slr	618	618	618	1263	1263
	dwarskracht	Tlr	677	0	0	1333	0
		Tew	0	782	782	0	1539
		Sew	677	0	0	1333	0
tralieland	trekkracht	Tlr	663	663	0	1263	1263
		Tew	0	0	766	0	0
		Slr	663	663	0	1263	1263
	dwarskracht	Tlr	630	0	630	1333	0
		Tew	0	728	0	0	1539
		Slr	630	0	630	1333	0

NB. - De verdeling is bepaald volgens NEN2062 en EN 1993-1-8

- Bij 0 in de tabel is de las niet aanwezig

- Gebruikte afkortingen: Tlr = Schuifspanning loodrecht
 Tew = Schuifspanning evenwijdig
 Sew = Normaalspanning loodrecht
 Slr = Normaalspanning evenwijdig

- Rekenwaarden voor de vloeigrens volgens art. 6.2.5 van RKP 1990:

- Materiaalkwaliteit : S235 (EN1021 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Ontwikkelde lengte : L = 292.3 mm
- Omgez. hoeken : nhoek = 4
- Op druk belast : sigmae-d = sigmae-eq = 270.9 N/mm²

3.5.1.11 Eigenschappen van de 1e rij tralies:

- Effectieve kolomhoogte: ph,eff = h - vspant - hspant/2 =
 = 3200 - 100 - 450/2 = 2875 mm
- Spanthoogte, netto : ht,net = 370 mm (tussen onder- en bovenrand)
- Idem, effectief : ht,eff = hspant-ezbr-ezoz = (hart op hart afstand)
 = 450 - 20.0 - 20.0 = 410 mm
- Idem, "diagonaal" : ht,diag = 370 mm ("hoogte van de diagonalen")
- Veldlengte randen : lveld = bkap / (ndiag/2) = (tussen 2 knooppunten)
 = 3200 / (10/2) = 640 mm
 Aor*ht,eff 1014.8 * 410
- Neutrale lijn z-as : eztl = ----- = 205.0 mm
 Aor + Abr 1015. + 1015.
 (t.o.v. neutrale lijn van de bovenrand)
- Traagheidsmoment y-as : Ispant = Abr*eztl² + Aor*(ht,eff-eztl)² =
 = 1014.8 * 205.0² + 1014.8 * (410.0 - 205.0)² =
 = 8529.4 E4 mm⁴
- Eigen gewicht van de 1e rij tralies:
 - Gewicht bovenrand : Gbr = 12.80 m * 7.97 kg/m = 102.0 kg
 - Gewicht onderrand : Gor = 12.80 m * 7.97 kg/m = 102.0 kg
 - Gewicht drukdiagonalen : Gdd = 2 * 10/2 * 0.489 m * 2.89 kg/m = 14.2 kg
 - Gewicht trekdiagonalen : Gtd = (4-1) * 10 * 0.489 m * 2.89 kg/m = 42.5 kg
 - Gewicht gootverticalen : Ggv = 3 * 0.370 m * 6.66 kg/m = 7.4 kg
 - Gewicht 1e veldverticalen : Gv1 = 2 * 0.370 m * 7.85 kg/m = 5.8 kg
 - Gewicht eindplaten : Gep = 2 * 0.450 m * 9.42 kg/m = 8.5 kg

Totaal: Gspant = 276.4 kg

- In Newton: Fspant = 2764 N en Qspant = 215.9 N/m

3.5.2 Eigenschappen van de 2e rij tralies:

3.5.2.1 Eigenschappen van de bovenrand (RHBK100*40*4.0 mm S235 (EN1021) (index "br")):

- Oppervlakte : Abr = 1014.8 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.br = 1159323.0 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.br = 23186.5 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.br = 33.8 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.br = 269272.8 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.br = 13463.6 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.br = 16.3 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.br = 20.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lbr = 7.876 m
- Gewicht : Gbr = 101.967 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.br = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Ebr = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gbr = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.br = 23186 (Wply.br = 30301) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.br = 13464 (Wplz.br = 15697) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.br = 717716 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.br = 291834 N
 - NRk.br = 291834 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.br = 6668 Nm Mz.c.Rd.br = 3872 Nm
 - elastisch My.Rk.br = 6668 Nm Mz.Rk.br = 3872 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfay = 0.49 alfaz = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekbr*tbr/Lbr)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 287.6 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lbr = 266.3 mm
 - Omgez. hoeken : nhoek = 4
 - Op druk belast : fy-dbr = fy-eq = 287.6 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tbr = fy-eq = 287.6 N/mm²
 - In de z-richting:
 - Stel: Kniklengte lkzbr = lbr = 512 mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : lambda-zbr = 512 / 16.3 = 31
 - Chizbr = min(0.931 , 1.0) = 0.931

3.5.2.2 Eigenschappen van de onderrand (RHBK100*40*4.0 mm S235 (EN1021) (index "or")):

- Oppervlakte : Aor = 1014.8 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.or = 1159323.0 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.or = 23186.5 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.or = 33.8 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.or = 269272.8 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.or = 13463.6 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.or = 16.3 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.or = 20.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lor = 7.876 m
- Gewicht : Gor = 101.967 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.or = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Eor = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gor = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.or = 23186 (Wply.or = 30301) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.or = 13464 (Wplz.or = 15697) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.or = 717716 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht Nc.Rd.or = 291834 N
 - NRk.or = 291834 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.or = 6668 Nm Mz.c.Rd.or = 3872 Nm
 - elastisch My.Rk.or = 6668 Nm Mz.Rk.or = 3872 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfabeta = 0.49 alfazeta = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekor*tor/Lor)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 287.6 N/mm²
- Ontwikkelde lengte : Lor = 266.3 mm
- Omgez. hoeken : nhoek = 4
- Op druk belast : fy-dor = fy-eq = 287.6 N/mm²
- Op trek belast : fy-tor = fy-eq = 287.6 N/mm²
- In de z-richting:
 - Stel: kniklengte lkz = lor = 320 mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : lambda-zor = 320 / 16.3 = 20
 - Chizor = min(0.995 , 1.0) = 0.995

3.5.2.3 Eigenschappen van de diagonalen (index "d"):

- Hoek met de randen : $\text{adiag} = \text{atan}(\text{ht}, \text{diag} / (\text{lveld}/2)) =$
 $= \text{atan}(370 / (640/2)) = 49.1 \text{ graden}$
- Systeem-lengte : $\text{ldiag} = ((\text{lveld}/2)^2 + \text{ht}, \text{diag}^2)^{1/2} =$
 $= ((640/2)^2 + (370)^2)^{1/2} = 489 \text{ mm}$
- Reductie-factor kniklengte = 0.75, Gezaagd 2-zijdige las
- Kniklengte diagonalen: $\text{lkzd} = 0.75 * 489 = 367 \text{ mm}$ (uit het vlak)
- Aansluitfactor treksterkte = 0.60, Gezaagd 2-zijdige las

3.5.2.4 Eigenschappen van de drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm S235 (EN1021) (index "de")):

- Oppervlakte : $\text{Ade} = 368.5 \text{ mm}^2$
 - Traagheidsmoment y-as: $\text{Iy.de} = 61999.9 \text{ mm}^4$
 - Weerstandsmoment y-as: $\text{Wy.de} = 3542.9 \text{ mm}^3$
 - Traagheidsstraal y-as: $\text{iy.de} = 13.0 \text{ mm}$
 - Traagheidsmoment z-as: $\text{Iz.de} = 61999.9 \text{ mm}^4$
 - Weerstandsmoment z-as: $\text{Wz.de} = 3542.9 \text{ mm}^3$
 - Traagheidsstraal z-as: $\text{iz.de} = 13.0 \text{ mm}$
 - Neutrale lijn z-as : $\text{ez.de} = 17.5 \text{ mm}$
 - Versch.neutr.lijn y : $\text{eNy} = 0.0 \text{ mm}$
 - z : $\text{eNz} = 0.0 \text{ mm}$
 - Lengte : $\text{Lde} = 0.501 \text{ m}$
 - Gewicht : $\text{Gde} = 14.153 \text{ kg}$
 - Rekenwaarde vloeigrens $\text{fy.de} = 235.0 \text{ N/mm}^2$
 - Elasticiteitsmodulus $\text{Ede} = 210000 \text{ N/mm}^2$
 - Afschuivingsmodulus $\text{Gde} = 80769 \text{ N/mm}^2$
 - Weerstandsmom.pl.y-as $\text{Wpy.de} = 3543$ ($\text{Wply.de} = 4365$) mm^3
 - Weerstandsmom.pl.z-as $\text{Wpz.de} = 3543$ ($\text{Wplz.de} = 4365$) mm^3
 - Torsietraagheidsmoment $\text{It.de} = 95127 \text{ mm}^4$
 - Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht $\text{Nc.Rd.de} = 109643 \text{ N}$
 - $\text{NRk.de} = 109643 \text{ N}$
 - Moment plastisch $\text{My.c.Rd.de} = 1054 \text{ Nm}$ $\text{Mz.c.Rd.de} = 1054 \text{ Nm}$
 - elastisch $\text{My.Rk.de} = 1054 \text{ Nm}$ $\text{Mz.Rk.de} = 1054 \text{ Nm}$
 - Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\text{alfay} = 0.49$ $\text{alfaz} = 0.49$
 - De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) ($\text{fy} = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\text{ft} = 360.0 \text{ N/mm}^2$)
 $\text{fy-eq} = \text{fy} + (7 * \text{nhoekde} * \text{tde} / \text{Lde}) * (\text{ft} - \text{fy}) < (\text{fy} + \text{ft}) / 2$: $\text{fy-eq} = 297.5 \text{ N/mm}^2$
 - Ontwikkelde lengte : $\text{Lde} = 132.3 \text{ mm}$
 - Omgez. hoeken : $\text{nhoek} = 4$
 - Op druk belast : $\text{fy-dde} = \text{fy-eq} = 297.5 \text{ N/mm}^2$
 - Op trek belast : $\text{fy-tde} = \text{fy-eq} = 297.5 \text{ N/mm}^2$
 - Slankheid z-as : $\text{lambda-zde} = 367 / 12.97 = 28.3$
 - Omega-de = 1.05 (art. 7.4 van RKP 1990 met $\text{alfa} = 0.49$)
 $\text{Ade} * \text{sigmae-dde} = 368.5 * 297.5$
 - Drukcapaciteit : $\text{Fddiag} = \text{omega-de} = 1.05 = 104000 \text{ N}$
 - Trek : - Ftaansluiting = $0.60 * \text{Ade} * \text{sigmau} / \text{yM} =$
 $= 0.60 * 368.5 * 360.0 / 1.25 = 63685 \text{ N}$
 - Ftdoorsnede = $\text{Ade} * \text{sigmae-tde} =$
 $= 368.5 * 297.5 = 109643 \text{ N}$
- dus trekcapaciteit :
 - $\text{Fddiagt} = \min(63685, 109643) = 63685 \text{ N}$

3.5.2.5 Eigenschappen van de trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm S235 (EN1021) (index "dm")):

- Oppervlakte : Adm = 368.5 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.dm = 61999.9 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.dm = 3542.9 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.dm = 13.0 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.dm = 61999.9 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.dm = 3542.9 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.dm = 13.0 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.dm = 17.5 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Ldm = 0.501 m
- Gewicht : Gdm = 42.458 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.dm = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Edm = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gdm = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.dm = 3543 (Wply.dm = 4365) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.dm = 3543 (Wplz.dm = 4365) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.dm = 95127 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.dm = 109643 N
 - NRk.dm = 109643 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.dm = 1054 Nm
 - elastisch My.Rk.dm = 1054 Nm
 - Mz.c.Rd.dm = 1054 Nm
 - Mz.Rk.dm = 1054 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfay = 0.49 alfaz = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekdm*tdm/Ldm)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 297.5 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Ldm = 132.3 mm
 - Omgez. hoeken : nhoek = 4
 - Op druk belast : fy-ddm = fy-eq = 297.5 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tdm = fy-eq = 297.5 N/mm²
- Slankheid z-as : lambda-zdm = 367 / 12.97 = 28.3
- Omega-dm = 1.05 (art. 7.4 van RKP 1990 met alfa = 0.49)
 - Adm*sigmae-ddm 368.5 * 297.5
- Drukcapaciteit : Ftdiagd = ----- = ----- = 104000 N
 - omega-dm 1.05
- Trek : - Ftaansluiting = 0.60 * Adm * sigmaau / yM =
 - = 0.60 * 368.5 * 360.0 / 1.25 = 63685 N
 - Ftdoorsnede = Adm * sigmae-tdm =
 - = 368.5 * 297.5 = 109643 N
- dus trekcapaciteit :
 - Ftdiagt = min(63685 , 109643) = 63685 N

3.5.2.6 Eigenschappen van de gootverticaal (index "gv") of -diagonalen (index "gd"):

De gootverticaal of de gootdiagonalen worden alleen gecontroleerd op knik en op zijdelingse steun aan de onderrand tegen instabiliteit uit het vlak. Er wordt niet gecontroleerd op locale effecten bij de aansluiting van de gootverticaal of -diagonalen aan de onder- en bovenrand.

- Opp. (RHBK100*50*3.0 S235 (EN10219)) : Agv = 848.5 mm²
- Traagheidsmoment z-as : Izgv = 1083900.5 mm⁴ (uit het vlak)
- Traagheidsmoment y-as : Iygv = 365520.2 mm⁴ (in het vlak)
- Traagheidsstraal y-as : iygv = 20.75 mm
- Reductie-factor kniklengte = 0.75 (in het vlak van de tralie)
 (uitgaande van een strip, rechth. buis, U- of C-profiel 2-zijdig gelast,
 of 2 ronde buizen of staven wijdbeens geplaatst)
- Kniklengte gootvert. : lkygv = 0.75 * ht,net = 0.75 * 370 = 278 mm
- omega-gv = 1.00 (art. 7.4 van RKP 1990 met alfa = 0.49)
- Rekenwaarden voor de vloeigrens volgens art. 6.2.5 van RKP 1990:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN1021 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²))
 - Ontwikkelde lengte : Lgv = 292.3 mm
 - Omgez. hoeken : rhoek = 4
 - Op druk belast : sigmae-dgv = sigmae-eq = 270.9 N/mm²
- Drukcapaciteit : Fgvertd = $\frac{Agv * sigmae-dgv}{omega-gv} = \frac{848.5 * 270.9}{1.00} = 229893 \text{ N}$
- Veerstijfheid : k0gvert = $\frac{3 * E * Izgv}{ht,net^3} = \frac{3 * 2.1E5 * 1083901}{(370)^3} = 13481.1 \text{ N/mm}$

3.5.2.7 Aanvullende eigenschappen van de stabiliteit uit het vlak

Bepaling van de kritieke veerstijfheid ten behoeve van een plaatsvast punt van de randen en de daarbij benodigde stijfheid van de aansluiting met de gootverticaal.

Gegevens van de rand (uit het vlak):

- Oppervlakte : A = 1014.8 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy = 1159323.0 mm⁴
- Traagheidsstraal y-as: iy = 33.8 mm
- Kniklengte (ghoh) : lk = kapbreedte / 0.80 = 4000 mm
- Slankheid : lambda-y = lk / iy = 4000 / 33.8 = 118.3
- Grensslankheid : lambda-e = pi * (2.1E5/288)^{0.5} = 84.9
- Relatieve slankheid : lambda-r = lambda-y / lambda-e = 1.394
- Omegabuc-y : 0.35 (alfa = 0.49)

Rekenwaarde voor de kritieke stijfheid volgens 12.1.4.2.1. van NEN6770 en conform EN 1993-1-1

nveld	Xsi	De factoren Xsi als functie van het aantal velden in tabelvorm gegeven
1	1.0000	
2	0.5000	
3	0.3330	
4	0.2930	
5	0.2760	
6	0.2680	
7	0.2630	
8	0.2605	Voor nveld = (3 + 1) * 0.80 geldt:
9	0.2580	Xsi = 0.3250

Berekening van de kritieke stijfheid (plaatsvast punt):

- voor lambda-r kleiner dan of gelijk aan 0.41 geldt (Phi1 = 0.64):

$$kcr = \frac{A * sigmae}{ghoh * xsi} * \left(\frac{1}{3} * Phi1 - \frac{250}{9} * Phi1^2 * lambda-r^2 \right) = -2568.9 \text{ N/mm}$$
- voor lambda-r tussen 0.41 en 0.74 geldt:

$$kcr = \frac{A * sigmae}{ghoh * xsi} * \frac{1}{lambda-r^2} * \left[1 - \left(\frac{Omegabuc - 0.7}{0.3} \right)^2 \right] = -40.4 \text{ N/mm}$$
- voor lambda-r groter of gelijk dan 0.74 geldt:

$$kcr = \frac{A * sigmae}{ghoh * xsi} * \frac{1}{lambda-r^2} = 115.5 \text{ N/mm}$$

Hieruit volgt de maatgevende kritieke veerstijfheid rand: kcr = 115.5 N/mm

Gegevens van de rand (uit het vlak):

- Oppervlakte : A = 1014.8 mm²
- Traagheidsmoment y-as: I_y = 1159323.0 mm⁴
- Traagheidsstraal y-as: i_y = 33.8 mm
- Kniklengte (ghoh) : l_k = kapbreedte = 3200 mm
- Slankheid : $\lambda_y = l_k / i_y = 3200 / 33.8 = 94.7$
- Grensslankheid : $\lambda_e = \pi * (2.1E5/288)^{0.5} = 84.9$
- Relatieve slankheid : $\lambda_r = \lambda_y / \lambda_e = 1.115$
- Omegabuc-y : 0.48 (alfa = 0.49)

Rekenwaarde voor de kritieke stijfheid volgens 12.1.4.2.1. van NEN6770 en conform EN 1993-1-1

+-----+			
nveld	Xsi		De factoren Xsi
+-----+			als functie van het aantal velden
1	1.0000		in tabelvorm gegeven
2	0.5000		
3	0.3330		
4	0.2930		
5	0.2760		
6	0.2680		
7	0.2630		
8	0.2605		Voor nveld = (3 + 1) * 1.00 geldt:
9	0.2580		Xsi = 0.2930
+-----+			

Berekening van de kritieke stijfheid (plaatsvast punt):

- voor λ_r kleiner dan of gelijk aan 0.41 geldt ($\Phi_1 = 0.64$):

$$k_{cr} = \frac{A \cdot \sigma_{ae}}{ghoh \cdot x_{si}} * \left(\frac{50}{3} * \Phi_1 - \frac{250}{9} * \Phi_1^2 * \lambda_r^2 \right) = -1084.3 \text{ N/mm}$$
- voor λ_r tussen 0.41 en 0.74 geldt:

$$k_{cr} = \frac{A \cdot \sigma_{ae}}{ghoh \cdot x_{si}} * \frac{1}{\lambda_r^2} * \left[1 - \left(\frac{Omegabuc - 0.7}{0.3} \right)^2 \right] = 111.0 \text{ N/mm}$$
- voor λ_r groter of gelijk dan 0.74 geldt:

$$k_{cr} = \frac{A \cdot \sigma_{ae}}{ghoh \cdot x_{si}} * \frac{2.5}{\lambda_r^2} = 625.7 \text{ N/mm}$$

Hieruit volgt de maatgevende kritieke veerstijfheid rand: $k_{cr} = 625.7 \text{ N/mm}$

Gegevens Geometrie

- Bovenrand : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN1021))
 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Onderrand : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN1021))
 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Drukdiagonalen : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN1021))
 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Trekdiagonalen : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN1021))
 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Aantal diagonalen per kap : 10
- Diagonaal-aansluitingen : Gezaagd 2-zijdige las
- Plaatsing 1e diagonaal op onderrand, dus drukdiagonaal
- Hoek met de randen : adia = atan(ht,diag / (lveld/2)) =
 = atan(370 / (640/2)) = 49.1 graden
- Systeem-lengte : ldiag = ((lveld/2)² + ht,diag²)/2 =
 = ((640/2)² + (370)²)/2 = 489 mm

Drukdiagonaal		Trekdiagonaal	
Keeldoorsnede =	4.0 mm	Keeldoorsnede =	4.0 mm
Exc. plaatsing =	0 mm	Exc. plaatsing =	0 mm
Nlas =	2 mm	Nlas =	2 mm
alas =	4.00 mm	alas =	4.00 mm
Modelfact. =	1.25	Modelfact. =	1.25
Bdia =	35.00 mm	Bdia =	35.00 mm
Hdia =	35.00 mm	Hdia =	35.00 mm
Tdia =	3.00 mm	Tdia =	3.00 mm
Bdia.nett =	35.00 mm	Bdia.nett =	35.00 mm
Hdia.nett =	35.00 mm	Hdia.nett =	35.00 mm
rdia =	17.50 mm	rdia =	17.50 mm
et =	0.00 mm	et =	0.00 mm
Ucv.dia.a =	0.33	Ucv.dia.a =	0.33
Ucv.dia.b =	0.50	Ucv.dia.b =	0.50
Ucv.dia.h =	0.50	Ucv.dia.h =	0.50

NEN-EN 1993-1-8, Tabel 7.8. Geldigheidsgebied voor gelaste verbindingen:

Geometrietoets randen

----- Toelichting: Deze geometrietoets wordt niet meegewogen in de eindtoets.
 Ucv.rand.b = 0.71 Met resultaten van proeven en praktijkervaring is aangetoond
 Ucv.rand.o = 0.71 dat deze grenzen voor tralieliggers van kassen te streng zijn.

Aansluitingen

	Drukdiagonaal		Trekdiagonaal	
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand
Brand.nett	92.00 mm	92.00 mm	92.00 mm	92.00 mm
Bl.dia	46.31 mm	46.31 mm	46.31 mm	46.31 mm
Hl.dia	35.00 mm	35.00 mm	35.00 mm	35.00 mm
sigmau.las	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²
sigma.wud	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²
sigmat.las	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²
Lasfactor	0.80	0.80	0.80	0.80
Beta_v	0.49	0.49	0.49	0.49
g	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm	6.00 mm
Av	520.00 mm ²	520.00 mm ²	520.00 mm ²	520.00 mm ²
gamma	11.50	11.50	11.50	11.50
Beff.t	26.85 mm	26.85 mm	26.85 mm	26.85 mm
Beff.p	20.14 mm	20.14 mm	20.14 mm	20.14 mm
Lef.dia	46.27 mm	46.27 mm	46.27 mm	46.27 mm
Llas	92.55 mm	92.55 mm	92.55 mm	92.55 mm
N1.dia	150036 N	150036 N	150036 N	150036 N
N2.dia	93278 N	93278 N	93278 N	93278 N
N3.dia	141655 N	141655 N	141655 N	141655 N
N4.dia	114085 N	114085 N	114085 N	114085 N
Ucv.afm	0.87	0.87	0.87	0.87
Ucv.dia.b	0.86	0.86	0.86	0.86
Ucv.dia.h	0.00	0.00	0.00	0.00
Ucv.B1	0.00	0.00	0.00	0.00
Ucv.max	0.87	0.87	0.87	0.87
Ucv.max	0.87		0.87	
Ucv.max		0.87		

3.5.2.8 Eigenschappen van de bouten in de spant-kolom-aansluiting:

Bij de onderrand 1 x M16-8.8 (index "bto"):

- Spanningsdoorsnede per bout : $As_{bto} = 157.0 \text{ mm}^2$
- Rekenwaarde vloeigrens : $\min(\sigma_{ae}, 0.72 \cdot \sigma_{au})$
- Ideële boutcapaciteit : $F_{i, capbto} = 90432 \text{ N}$

Bij de bovenrand 1 x M24-8.8 (index "btb"):

- Spanningsdoorsnede per bout : $As_{btb} = 353.0 \text{ mm}^2$
- Rekenwaarde vloeigrens : $\min(\sigma_{ae}, 0.72 \cdot \sigma_{au})$
- Ideële boutcapaciteit : $F_{i, capbtb} = 203328 \text{ N}$

Momentenarm bij positief moment (+ = trek onderrand):

(bovenste bout onder bovenrand, dus drukpunt t.p.v. hartlijn bovenrand)

- Arm bout 1: $h_1 = 0$ (niet aanwezig)
- Arm bout 2: $h_2 = h_{spant} - e_{zbr} - b_{or} - e_2 = 450 - 20.0 - 40 - 25 = 365 \text{ mm}$
- Arm bout 3: $h_3 = b_{br} - e_{zbr} + e_3 = 40 - 20.0 + 25 = 45 \text{ mm}$
- Arm bout 4: $h_4 = 0$ (niet aanwezig)
- Maximum hefboomsarm : $h_{max} = 365 \text{ mm}$
- Momenten-arm = $h_{bout} = (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2) / h_{max} = 371 \text{ mm}$

Momentenarm bij negatief moment (- = trek bovenrand):

(onderste bout boven onderrand, dus drukpunt t.p.v. hartlijn onderrand)

- Arm bout 1: $h_1 = 0$ (niet aanwezig)
- Arm bout 2: $h_2 = b_{or} - e_{zor} + e_2 = 40 - 20.0 + 25 = 45 \text{ mm}$
- Arm bout 3: $h_3 = h_{spant} - e_{zor} - b_{br} - e_3 = 450 - 20.0 - 40 - 25 = 365 \text{ mm}$
- Arm bout 4: $h_4 = 0$ (niet aanwezig)
- Maximum hefboomsarm : $h_{max} = 365 \text{ mm}$
- Momenten-arm = $h_{bbout} = (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2) / h_{max} = 371 \text{ mm}$

3.5.2.9 Eigenschappen van de eindplaat (ST100*12.0 mm S235 (EN1021) (index "ep")):

- Schuifspanning : $\sigma_{s-s} = 0.58 \cdot \sigma_{ae} = 0.58 \cdot 235 = 136 \text{ N/mm}^2$

Bij de onderrand:

- Pl.weerstandsmoment : $W_{p ep} = 3130 \text{ mm}^3$ (zonder schotjes) ($R_{wpl} = 0.869$)
- Moment-capaciteit : $M_{p, cap} = W_p \cdot \sigma_{ae} = 3130 \cdot 235 = 736 \text{ E3 Nmm}$
- Diameter boutkop : $e = 26.17 \text{ mm}$
- Capaciteit op pons : $F_{p, cap} = \pi \cdot D \cdot t \cdot \sigma_{s-s} = \pi \cdot 26.17 \cdot 12.0 \cdot 136 = 134 \text{ kN}$

Bij de bovenrand:

- Ivm aanwezigheid van schotjes is een vervangend weerstandsmoment berekend:
- Wanddikte schotje : $t_s = 5 \text{ mm}$
- Flens/profielbreedte: $H_s = 50.71 \text{ mm}$, bij schotje(s) ter plaatse van de bout
- Slankheid : $\lambda = 1.052 \cdot H_s / t_s \cdot (\sigma_{e-s} / (E \cdot k_{\sigma}))^{0.5} = 1.052 \cdot 50.71 / 5 \cdot (235 / (2.1 \cdot 10^5 \cdot 0.43))^{0.5} = 0.54$
- Plooi factor : $\rho_{hs} = (1 - 0.22 / \lambda) / \lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22 / 0.54) / 0.54$, dus $\rho_{hs} = 1.00$
- Eff.profielbreedte : $H_{s, eff} = \rho_{hs} \cdot H_s = 1.00 \cdot 50.71 = 50.71 \text{ mm}$
- W_x - elastisch : $W_{el} = 9720.25 \text{ mm}^3$, met schotjes
- W_x - plastisch : $W_{pl} = 3600.00 \text{ mm}^3$, zonder schotje(s)
- $W_{p ep}$ - reken : $W_{p ep} = \max(W_{el}, W_{pl}) = \max(9720.25, 3600.00) = 9720.25 \text{ mm}^3$
- Moment-capaciteit : $M_{p, cap} = W_p \cdot \sigma_{ae} = 9720 \cdot 235 = 2284 \text{ E3 Nmm}$
- Diameter boutkop : $e = 44.00 \text{ mm}$
- Capaciteit op pons : $F_{p, cap} = \pi \cdot D \cdot t \cdot \sigma_{s-s} = \pi \cdot 44.00 \cdot 12.0 \cdot 136 = 226 \text{ kN}$

3.5.2.10 Eigenschappen van de lasaansluiting:

Controle boutafstand		Bovenrand	Onderrand
Doorsnede boutgat kopplaat	dDgat	26.00 mm	18.00 mm
Randafstand bout - rand	dDrnd	38.00 mm	42.00 mm
Afstand tussen Bouten horizontaal	dDtus	76.00 mm	84.00 mm
Minimale randafstand bouten	dMinRnd	18.00 mm	12.00 mm
Minimale afstand tussen bouten	dMinTus	36.00 mm	24.00 mm
Unity check randafstand bout	dUgat	0.47	0.29

Gegevens lasaansluiting:

Afstand eind schotje kopplaat-rand	dLenS	70.71 mm	0.00 mm
Materiaalkwaliteit las	dSgmUlas	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²
Lasfactor	dBeta	0.80	0.80
Modelfactor	dGamma	1.25	1.25
Rekenwaarde uiterste grenstoestand	dSgm_wud	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²
Toelaatbare trekspanning	dSgm_t	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²
Minimale lasdoorsnede rand	dAminRand	3.00 mm	4.00 mm
Minimale lasdoorsnede schotje	dAminSchot	3.00 mm	4.00 mm
Lasoppervlak hor. rand (prof: K,U,W)	dA1	600.00 mm ²	400.00 mm ²
Lasoppervlak hor. rand (prof: C)	dA1C	0.00 mm ²	0.00 mm ²
Lasoppervlak vert rand	dA2	120.00 mm ²	160.00 mm ²
Lasoppervlak schotjes	dA3	424.26 mm ²	0.00 mm ²

1): bij 1 schotje in de verbinding wordt de ingevoerde waarde met 1mm verminderd.

Tabel: Verdeling van de belasting over de lasen bij de kopplaat en randen:

positie	belasting	Bovenrand				Onderrand			
		horz	vert	sch	cont	horz	vert	sch	cont
kopplaat	normaalkracht	0.52	0.10	0.37	1.00	0.71	0.29	0.00	1.00
	dwarskracht	0.57	0.09	0.33	1.00	0.75	0.25	0.00	1.00
tralierand	normaalkracht	0.56	0.11	0.32	1.00	0.71	0.29	0.00	1.00
	dwarskracht	0.53	0.09	0.38	1.00	0.75	0.25	0.00	1.00

Tabel: Bij een eenheidsbelasting zijn de spanningen in de verschillende lasaansluitingen als volgt verdeeld [eenheid 1/m²]:

positie	belasting	Bovenrand			Onderrand		
		horz	vert	sch	horz	vert	sch
kopplaat	trekkracht	Tlr	618	618	618	1263	1263
		Tew	0	0	0	0	0
		Slr	618	618	618	1263	1263
	dwarskracht	Tlr	677	0	0	1333	0
		Tew	0	782	782	0	1539
		Sew	677	0	0	1333	0
tralierand	trekkracht	Tlr	663	663	0	1263	1263
		Tew	0	0	766	0	0
		Slr	663	663	0	1263	1263
	dwarskracht	Tlr	630	0	630	1333	0
		Tew	0	728	0	0	1539
		Slr	630	0	630	1333	0

NB. - De verdeling is bepaald volgens NEN2062 en EN 1993-1-8

- Bij 0 in de tabel is de las niet aanwezig

- Gebruikte afkortingen: Tlr = Schuifspanning loodrecht
 Tew = Schuifspanning evenwijdig
 Sew = Normaalspanning loodrecht
 Slr = Normaalspanning evenwijdig

- Rekenwaarden voor de vloeigrens volgens art. 6.2.5 van RKP 1990:

- Materiaalkwaliteit : S235 (EN1021 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Ontwikkelde lengte : L = 292.3 mm
- Omgez. hoeken : nhoek = 4
- Op druk belast : sigmae-d = sigmae-eq = 270.9 N/mm²

3.5.2.11 Eigenschappen van de 2e rij tralies:

- Effectieve kolomhoogte: $ph_{eff} = h - vspant - hspant/2 = 3200 - 100 - 450/2 = 2875 \text{ mm}$
- Spanthoogte, netto : $ht_{net} = 370 \text{ mm}$ (tussen onder- en bovenrand)
- Idem, effectief : $ht_{eff} = hspant - ezbr - ezor = (\text{hart op hart afstand}) = 450 - 20.0 - 20.0 = 410 \text{ mm}$
- Idem, "diagonaal" : $ht_{diag} = 370 \text{ mm}$ ("hoogte van de diagonalen")
- Veldlengte randen : $lveld = bkap / (ndiag/2) = (\text{tussen 2 knooppunten}) = 3200 / (10/2) = 640 \text{ mm}$
 $Aor \cdot ht_{eff} = 1014.8 \cdot 410$
- Neutrale lijn z-as : $eztl = \frac{Aor + Abr}{2} = \frac{1015. + 1015.}{2} = 205.0 \text{ mm}$
 (t.o.v. neutrale lijn van de bovenrand)
- Traagheidsmoment y-as : $Ispant = Abr \cdot eztl^2 + Aor \cdot (ht_{eff} - eztl)^2 = 1014.8 \cdot 205.0^2 + 1014.8 \cdot (410.0 - 205.0)^2 = 8529.4 \text{ E4 mm}^4$
- Eigen gewicht van de 2e rij tralies:
 - Gewicht bovenrand : $Gbr = 12.80 \text{ m} \cdot 7.97 \text{ kg/m} = 102.0 \text{ kg}$
 - Gewicht onderrand : $Gor = 12.80 \text{ m} \cdot 7.97 \text{ kg/m} = 102.0 \text{ kg}$
 - Gewicht drukdiagonalen : $Gdd = 2 \cdot 10/2 \cdot 0.489 \text{ m} \cdot 2.89 \text{ kg/m} = 14.2 \text{ kg}$
 - Gewicht trekdiagonalen : $Gtd = (4-1) \cdot 10 \cdot 0.489 \text{ m} \cdot 2.89 \text{ kg/m} = 42.5 \text{ kg}$
 - Gewicht gootverticalen : $Ggv = 3 \cdot 0.370 \text{ m} \cdot 6.66 \text{ kg/m} = 7.4 \text{ kg}$
 - Gewicht 1e veldverticalen : $Gv1 = 2 \cdot 0.370 \text{ m} \cdot 7.85 \text{ kg/m} = 5.8 \text{ kg}$
 - Gewicht eindplaten : $Gep = 2 \cdot 0.450 \text{ m} \cdot 9.42 \text{ kg/m} = 8.5 \text{ kg}$

Totaal: $Gspant = 276.4 \text{ kg}$

- In Newton: $Fspant = 2764 \text{ N}$ en $Qspant = 215.9 \text{ N/m}$

3.5.3 Eigenschappen van de kolommen (RHBK100*100*3.0 mm S235 (EN1021) (index "k")):

- Oppervlakte : Ak = 1148.5 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.k = 1789800.5 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.k = 35796.0 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.k = 39.5 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.k = 1789800.5 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.k = 35796.0 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.k = 39.5 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.k = 50.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lk = 3.200 m
- Gewicht : Gk = 28.852 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.k = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Ek = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.k = 35796 (Wply.k = 41595) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.k = 35796 (Wplz.k = 41595) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.k = 2708185 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht Nc.Rd.k = 300652 N
 - NRk.k = 300652 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.k = 9370 Nm
 - elastisch My.Rk.k = 9370 Nm
 - Mz.c.Rd.k = 9370 Nm
 - Mz.Rk.k = 9370 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfa_y = 0.49 alfa_z = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoek*tk/Lk)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 261.8 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lk = 392.3 mm
 - Omgez. hoeken : nhoek = 4
 - Op druk belast : fy-dk = fy-eq = 261.8 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tk = fy-eq = 261.8 N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Slankheid : lambda-yk = 5432/39.5 = 138
 - Chixk = min(0.326 , 1.0) = 0.326
 - Eulerse knikkracht:

$$FE_{yk} = \frac{\pi^2 * E * I_{yk}}{l_{kyk}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{5432^2} = 125697 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Slankheid : lambda-zk = 3200/39.5 = 81
 - Chizk = min(0.623 , 1.0) = 0.623
 - Eulerse knikkracht:

$$FE_{zk} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_{kzk}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{3200^2} = 362263 \text{ N}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 56
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

3.6 MODEL ELASTISCHE ANALYSE.

3.6.1 Rekenmodel

Knopen:

nr	x-coördinaat [m]	y-coördinaat [m]

1	-0.011	0.000
2	-0.006	1.438
3	-0.001	2.670
4	0.000	2.875
5	0.001	3.080
6	0.000	3.200
7	1.600	4.124
8	3.200	3.200
9	4.800	4.124
10	6.400	3.200
11	8.000	4.124
12	9.600	3.200
13	11.200	4.124
14	0.319	2.875
15	1.599	2.875
16	3.199	2.875
17	4.799	2.875
18	6.399	2.875
19	7.999	2.875
20	9.599	2.875
21	11.199	2.875
22	12.479	2.875
23	12.789	0.000
24	12.794	1.438
25	12.799	2.670
26	12.800	2.875
27	12.801	3.080
28	12.800	3.200
29	14.400	4.124
30	16.000	3.200
31	17.600	4.124
32	19.200	3.200
33	20.800	4.124
34	22.400	3.200
35	24.000	4.124
36	13.119	2.875
37	14.399	2.875
38	15.999	2.875
39	17.599	2.875
40	19.199	2.875
41	20.799	2.875
42	22.399	2.875
43	23.999	2.875
44	25.279	2.875
45	25.589	0.000
46	25.594	1.438
47	25.599	2.670
48	25.600	2.875
49	25.601	3.080
50	25.600	3.200
51	27.200	4.124
52	28.800	3.200
53	30.400	4.124
54	32.000	3.200
55	33.600	4.124
56	35.200	3.200
57	36.800	4.124
58	25.919	2.875
59	27.199	2.875
60	28.799	2.875
61	30.399	2.875
62	31.999	2.875
63	33.599	2.875
64	35.199	2.875
65	36.799	2.875
66	38.079	2.875
67	38.389	0.000
68	38.394	1.438
69	38.399	2.670
70	38.400	2.875
71	38.401	3.080

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 57
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDLBwsAAgACAACAEQAWAPCA

72	38.400	3.200
73	40.000	4.124
74	41.600	3.200
75	43.200	4.124
76	44.800	3.200
77	46.400	4.124
78	48.000	3.200
79	49.600	4.124
80	38.719	2.875
81	39.999	2.875
82	41.599	2.875
83	43.199	2.875
84	44.799	2.875
85	46.399	2.875
86	47.999	2.875
87	49.599	2.875
88	50.879	2.875
89	51.189	0.000
90	51.194	1.438
91	51.199	2.670
92	51.200	2.875
93	51.201	3.080
94	51.200	3.200

Opleggingen:

knoop nr.	hoek	X-richting		Y-richting		Rotatie	
		type	Veerconst m/N	type	Veerconst m/N	type	Veerconst N*m/gr
1	0.0	1	0.0	1	0.0	0	0.0
23	0.0	1	0.0	1	0.0	0	0.0
45	0.0	1	0.0	1	0.0	0	0.0
67	0.0	1	0.0	1	0.0	0	0.0
89	0.0	1	0.0	1	0.0	0	0.0

Staven:

staaf nr.	Van knp	Naar knp	Profiel	Materiaalsoort	Lengte [mm]
1	1	2	RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	1438 (39)
2	2	3	RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	1233 (40)
3	3	4	RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	205 (41)
4	4	5	RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	205 (42)
5	5	6	RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	120 (43)
6	16	8	RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (44)
7	18	10	RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (45)
8	20	12	RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (46)
9	6	7	* Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (47)
10	7	8	* Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (48)
11	8	9	* Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (49)
12	9	10	* Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (50)
13	10	11	* Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (51)
14	11	12	* Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (52)
15	12	13	* Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (53)
16	13	28	* Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (54)
17	4	14	1e tralie	S235 (EN10219)	319 (55)
18	14	15	1e tralie	S235 (EN10219)	1280 (56)
19	15	16	1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (57)
20	16	17	1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (58)
21	17	18	1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (59)
22	18	19	1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (60)
23	19	20	1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (61)
24	20	21	1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (62)
25	21	22	1e tralie	S235 (EN10219)	1280 (63)
26	22	26	1e tralie	S235 (EN10219)	321 (64)
27	23	24	RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	1438 (65)
28	24	25	RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	1233 (66)
29	25	26	RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	205 (67)
30	26	27	RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	205 (68)
31	27	28	RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	120 (69)
32	38	30	RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (70)
33	40	32	RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (71)
34	42	34	RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (72)
35	28	29	* Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (73)
36	29	30	* Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (74)
37	30	31	* Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (75)

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 58
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAgACAAAEQAWAPCA

38	31	*	32	0	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (5)
39	32	0	33	*	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (6)
40	33	*	34	0	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (7)
41	34	0	35	*	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (8)
42	35	*	50	0	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (9)
43	26		36		2e tralie	S235 (EN10219)	319 (10)
44	36		37		2e tralie	S235 (EN10219)	1280 (11)
45	37		38		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (12)
46	38		39		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (13)
47	39		40		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (14)
48	40		41		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (15)
49	41		42		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (16)
50	42		43		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (17)
51	43		44		2e tralie	S235 (EN10219)	1280 (18)
52	44		48		2e tralie	S235 (EN10219)	321 (19)
53	45		46		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	1438 (20)
54	46		47		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	1233 (21)
55	47		48		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	205 (22)
56	48		49		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	205 (23)
57	49		50		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	120 (24)
58	60		52		RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (25)
59	62		54		RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (26)
60	64		56		RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (27)
61	50	0	51	*	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (28)
62	51	*	52	0	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (29)
63	52	0	53	*	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (30)
64	53	*	54	0	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (31)
65	54	0	55	*	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (32)
66	55	*	56	0	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (33)
67	56	0	57	*	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (34)
68	57	*	72	0	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (35)
69	48		58		2e tralie	S235 (EN10219)	319 (36)
70	58		59		2e tralie	S235 (EN10219)	1280 (37)
71	59		60		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (38)
72	60		61		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (39)
73	61		62		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (40)
74	62		63		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (41)
75	63		64		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (42)
76	64		65		2e tralie	S235 (EN10219)	1600 (43)
77	65		66		2e tralie	S235 (EN10219)	1280 (44)
78	66		70		2e tralie	S235 (EN10219)	321 (45)
79	67		68		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	1438 (46)
80	68		69		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	1233 (47)
81	69		70		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	205 (48)
82	70		71		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	205 (49)
83	71		72		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	120 (50)
84	82		74		RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (51)
85	84		76		RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (52)
86	86		78		RHBK80*50*3.0	S235 (EN10219)	325 (53)
87	72	0	73	*	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (54)
88	73	*	74	0	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (55)
89	74	0	75	*	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (56)
90	75	*	76	0	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (57)
91	76	0	77	*	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (58)
92	77	*	78	0	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (59)
93	78	0	79	*	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (60)
94	79	*	94	0	Roede dek	S235 (EN10219)	1848 (61)
95	70		80		1e tralie	S235 (EN10219)	319 (62)
96	80		81		1e tralie	S235 (EN10219)	1280 (63)
97	81		82		1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (64)
98	82		83		1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (65)
99	83		84		1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (66)
100	84		85		1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (67)
101	85		86		1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (68)
102	86		87		1e tralie	S235 (EN10219)	1600 (69)
103	87		88		1e tralie	S235 (EN10219)	1280 (70)
104	88		92		1e tralie	S235 (EN10219)	321 (71)
105	89		90		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	1438 (72)
106	90		91		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	1233 (73)
107	91		92		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	205 (74)
108	92		93		RHBK100*100*3.0	S235 (EN10219)	205 (75)

109 93 94 RHBK100*100*3.0 S235 (EN10219) 120 (5)

Profielen:

Nr.	Profiel	I [mm ⁴]	A [mm ²]	W [mm ³]
1	RHBK100*100*3.0	1789800.5	1148.5	35796.0
2	RHBK100*100*3.0	1789800.5	1148.5	35796.0
3	1e tralie	85293641.4	2029.6	100.0
4	RHBK80*50*3.0	623906.1	728.5	15597.7
5	2e tralie	85293641.4	2029.6	100.0
6	RHBK80*50*3.0	623906.1	728.5	15597.7
7	Roede dek	1000000.0	500.0	1000.0

Materialen:

Nr.	Soort	Elast.Modul. [N/mm ²]	Vloeispanning [N/mm ²]
1	S235 (EN10219)	210000.0	235.0

3.6.2 Algemene belastingen en waarden voor het rekenmodel en de analyse

- Traliebelasting:

- installaties = (q.inst+q.teeltgoot)*v = (100 +0)*4.5 qinstall = 450.0 N/m
- eigen gewicht = Ftral / l = 2764 / 12.8 qtral = 215.9 N/m
- gewas = qgew * v = 0 * 4.5 qgewas = 0.0 N/m

- Loodrecht op het dek:

- eigen gewicht = qdek*v*sin(a)*cos(a) = 140 *4.5 *sin(30.0)*cos(30.0) qdek.a = 272.8 N/m
- sneeuw = qsneeuw*v*sin(a)*cos(a) = 423 *4.5 *sin(30.0)*cos(30.0) qsneew.a = 825.2 N/m

- Evenwijdig aan het dek:

- eigen gewicht = qdek*v*cos(a)² = 140 *4.5 *cos(30.0)² qdek.s = 472.5 N/m
- sneeuw = qsneeuw*v*cos(a)² = 423 *4.5 *cos(30.0)² qsneew.s = 1429.2 N/m
- wind = wind*v = 533 *4.5 qwind.s = 2.4 N/m

- Puntlast goot:

- eigen gewicht goot = qgoot*v = 70 *4.5 qgoot.m = 315.0 N/m
- bij de zijgevel = 0.5*qgoot.m = 0.5*315.0 qgoot.s = 157.5 N/m
 (gedeeltelijk naar de zijgevel afgedragen)

- Puntlast zijgevel bij de goot:

- Windlast = $qwind * \frac{0.5*ph}{ph-vspant-hspant/2} * ph * v$
 $= 533 * \frac{0.5*3200}{3200-100-450/2} * 3.200 * 4.500$ Fhw.gt = 4268 N

- Puntlast zijgevel op fundatiehoogte

- Windlast = $qwind * (1 - \frac{0.5*ph}{ph-vspant-hspant/2}) * ph * v$
 $= 533 * (1 - \frac{0.5*3200}{3200-100-450/2}) * 3.200 * 4.500$ Fhw.fh = 3401 N

- Dekwasser: Gewicht = 6000 N, wielbasis = 1500 mm

$$Fkd = \frac{\text{Gewicht}}{4} * (2 - \frac{\text{wielbasis}}{2*vakmaat}) = \frac{6000}{4} * (2 - \frac{1500}{2*4500})$$
Fkd = 2750 N

3.7 REKENVARIABLEN METHODE MOUTY

3.7.1 Bepalen van de kniklengte van tralieliggers

Voor het bepalen van de kniklengte van de randen van tralieliggers wordt de methode van J. Mouty toegepast. Deze methode is beschreven in het rapport "Calcul des longueurs de flambement des éléments des pouters à treillis" (Cidect monographie no 4). In het rapport is een analytische formule voor het bepalen van de kniklengte van randstaven afgeleid.

De theorie van Mouty is verder uitgewerkt voor de toepassing voor tralieliggers van Venlokasten. Hierbij zijn de invloeden van ondermeer de stijfheid van diagonalen, de stijfheid de goten en de rotatiestijfheid van de randen meegenomen. Een volledige toelichting op het gebruik van de "methode Mouty" voor het bepalen van kniklengten van randen van tralieliggers staat in het TNO rapport TNO-rapport 2006-D-R0529 (2006).

De afgeleide theorie van Mouty is in verschillende onderdelen opgesplitst.

- 3.7.1.1 Steun van de diagonaalknopen
- 3.7.1.2 Steun van de torsiestijfheid van de tralieliggerrand
- 3.7.1.3 Steun van de opleggingen
- 3.7.1.4 Samengestelde veerstijfheid per type tralieliggerkap
- 3.7.1.5 Bepaling van de knikfactor
- 3.7.1.6 Reductie kniklengte door normaalkrachtverdeling

3.7.1.1 Steun van de diagonaalknopen

- De steun een diagonaalknoop aan een rand:

$$a.kn = 1 / \left\{ \frac{1}{a.t + a.d} + \frac{1}{a.rd} \right\} \quad \text{N/mm}$$

Waarin:

a.kn = Steun via de diagonaalknopen in een veld [N/mm]

a.t = Steun van de trekdiagonalen [N/mm]

a.d = Steun van de drukdiagonalen [N/mm]

a.rd = Steun van de tegenoverliggende rand [N/mm]

- Bepaling van de inklemming van de lasverbinding van de diagonaal.

De factor voor de stijfheid van de lasverbinding wordt gebruikt voor het berekenen van de rotatieveerstijfheid. Indien de waarde van de aansluitfactor 1 is dan is er sprake van een slappe scharnierende inklemming voor een waarde 0,5 is er sprake van een vaste inklemming. Onderstaande tabel wordt gebruikt om de gegeven aansluitfactor van de diagonaal om te rekenen naar een rotatieveerstijfheid van de verbinding.

Tabel: Veerstijfheid lasverbinding als functie van de aansluitfactor van de diagonaal.

Aansluitfactor lasverbinding	Rotatieveerstijfheid k.d [Nmm/rad]
0.5	20000
0.625	4000
0.75	1400
0.875	500
1.000	30

- Steun van de diagonalen:

$$a.t = 1 / \left\{ \frac{Ldiag^3}{3 \cdot E \cdot Idia} + \frac{Ldiag^2}{k.d} \right\} \quad \text{N/mm}$$

Waarin:

a.t = Steun van de diagonalen [N/mm]
 E = E-modulus van het materiaal [N/mm²]
 Idia = Traagheidsmoment van de diagonaal [mm⁴]
 Ldiag = Diagonaallengte [mm]
 k.d = Rotatieveerstijfheid van de lasverbinding [Nmm/rad]

- Steun van de drukdiagonalen: idem

- Steun van de tegenoverliggende rand:

$$a.rd = 1 / \left\{ \frac{ht.nett^3}{3 \cdot E \cdot Iz.rd} \right\} \quad \text{N/mm}$$

Waarin:

a.rd = Steun van de tegenoverliggende rand [N/mm]
 ht.nett = Netto hoogte van de tralieligger [mm]
 Iz.rd = Traagheidsmoment van de tegenoverliggende rand [mm⁴]

3.7.1.2 Torsiestijfheid van de rand

$$at.rd = \frac{G \cdot It.rd}{lvelld \cdot ht.nett^2} \cdot \left[2 - 2 \cdot \cos \left\{ \frac{\pi \cdot lvelld}{bkap} \right\} \right] \quad \text{N/mm}$$

Waarin:

at.rd = Steun van de torsiestijfheid rand
 G = Glijmodulus van het materiaal [=80769 N/mm²]
 lvelld = Afstand tussen de knooppunten van twee diagonalen [mm]
 It.rd = Torsietraagheidsmoment van van de rand [mm⁴]
 bkap = Kapbreedte [mm]

3.7.1.3 Steun van de opleggingen

BOVENRAND

- Eindoplegging, zijgevelkolom

$$a.br.e = 1 / \left[\frac{ht.nett^2}{0.5 \cdot vak + \frac{1}{\frac{1}{vspan} + \frac{e.rd}{ht.nett} + \frac{1}{\frac{1}{q1 \cdot q2 \cdot Eg \cdot Iz.g} + \frac{k.e}{It.k \cdot G} + \frac{It.p \cdot G}{G \cdot It.rd} \cdot \frac{4}{bkap}}}} \right]$$

- Eindoplegging, middenkolom

$$a.br.e = 1 / \left[\frac{ht.nett^2}{\frac{vak}{1} + \frac{1}{\frac{1}{vspan} + \frac{hgat}{e.rd} + \frac{1}{\frac{1}{q1 \cdot q2 \cdot Eg \cdot Iz.g} + \frac{k.e}{It.k \cdot G} + \frac{Itg.k \cdot G}{It.p \cdot G} + \frac{G \cdot It.rd}{4 \cdot bkap}}}} \right]$$

- Middenoplegging, zwevende goot

$$a.br.z = 1 / \left[\frac{ht.nett^2}{\frac{vak}{1} + \frac{1}{\frac{1}{vspan} + \frac{hgat}{1} + \frac{1}{\frac{1}{q1 \cdot q2 \cdot Eg \cdot Iz.g} + \frac{k.e}{It.ozk \cdot G} + \frac{Itg.ozk \cdot G}{G \cdot It.rd} \cdot \frac{4}{bkap}}}} \right]$$

ONDERRAND

- Eindoplegging, zijgevelkolom

$$a.br.e = 1 / \left[\frac{ht.nett^2}{0.5 \cdot vak + \frac{1}{\frac{1}{vspan + ht.nett} + \frac{e.rd}{ht.nett} + \frac{1}{\frac{1}{q1 \cdot q2 \cdot Eg \cdot Iz.g} + \frac{k.e}{It.k \cdot G} + \frac{It.p \cdot G}{G \cdot It.rd} \cdot \frac{4}{bkap}}}} \right]$$

- Eindoplegging, middenkolom

$$a.br.e = 1 / \left[\frac{ht.nett^2}{\frac{vak}{1} + \frac{1}{\frac{1}{vspan + ht.nett} + \frac{hgat}{e.rd} + \frac{1}{\frac{1}{q1 \cdot q2 \cdot Eg \cdot Iz.g} + \frac{k.e}{It.k \cdot G} + \frac{Itg.k \cdot G}{It.p \cdot G} + \frac{G \cdot It.rd}{4 \cdot bkap}}}} \right]$$

- Middenoplegging, zwevende goot

$$a.br.z = 1 / \left[\frac{ht.nett^2}{\frac{vak}{1} + \frac{1}{\frac{1}{vspan} + \frac{ht.nett}{hgat} + \frac{1}{\frac{1}{q1 \cdot q2 \cdot Eg \cdot Iz.g} + \frac{k.e}{It.ozk \cdot G} + \frac{Itg.ozk \cdot G}{Itg.vg \cdot G} + \frac{G \cdot It.rd}{4 \cdot bkap}}}} \right]$$

Waarin:

q1 = constante q1=2 (geldt altijd)
 q2 = constante; goot steunt 1 tralieligger => q1=2 (zijgevelgoot)
 goot steunt 2 tralieliggers => q1=1 (middengoot)
 vak = vakmaat [mm]
 bkap = kapbreedte [mm]
 vspant = Spantverlaging [mm]
 hgat = De hoogte van het mechaniekgat [mm]
 e.rd = Boutafstand rand, of gemiddeld bij twee bouten onder/boven [mm]
 k.e = Torsiestijfheid kolom-goot verbinding [N/mm]
 Eg = E-modulus van het materiaal van de goot [N/mm²]
 It.p = Torsietraagheidsmoment van de kopplaat [mm⁴]
 Iz.g = Horizontaal traagheidsmoment goot [mm⁴]
 It.k = Torsietraagheidsmoment van de kolom [mm⁴]
 Itg.k = Torsietraagheidsmoment van de kolom tpv. mechaniekgat [mm⁴]
 It.ozk = Torsietraagheidsmoment van de opzetkolom [mm⁴]
 Itg.ozk = Torsietraagheidsmoment van de opzetkolom tpv mechaniekgat [mm⁴]
 It.gv = Torsietraagheidsmoment van de gootverticaal [mm⁴]
 It.rd = Torsietraagheidsmoment van de rand [mm⁴]

3.7.1.4 Samengestelde veerstijfheid per type tralieliggerkap

$$a.rd.b-e = 1 / \left\{ a.rd.b + a.rd.e + \frac{1}{nk * a.kn} + \frac{2}{at.or + at.br} \right\} \text{ N/mm}$$

Waarin:

a.rd.b-e = Vervangende veerstijfheid kap tralieligger (begin-eind)
 a.rd.b = Steun van de opleggingen aan het begin van de kap
 a.rd.e = Steun van de opleggingen aan het eind van de kap
 nk = Aantal diagonaalknoppen aan de rand
 at.or = Torsiestijfheid van de onderrand
 at.br = Torsiestijfheid van de bovenrand
 a.kn = Steun via de diagonaalknoppen in een veld [N/mm]

3.7.1.5 Bepaling van de knikfactor

$$Crd.b-e = \frac{(bkap)^3 * a.rd.b-e}{E * Ix.rd}$$

Waarin:

Crd.b-e = Constante Mouty per kap tralieligger (begin-eind)
 Ix.rd = Horizontaal traagheidsmoment rand tralieligger

De knikfactor β_m wordt bepaald door interpolatie met de constante Crd met behulp van de interactietabel van Mouty.

Tabel: Knikfactor β als functie van Crd

Constante Crd.b-e	knikfactor β_m
0.1	1.00
25	0.82
75	0.67
200	0.54
350	0.44
1100	0.38
3000	0.29
7000	0.24
13000	0.20
40000	0.17

3.7.1.6 Reductie kniklengte door normaalkrachtverdeling

Voor de berekening van de stabiliteit van de randen uit het vlak van de tralieligger wordt bij het bepalen van de kniklengte gebruik gemaakt van een normaalkrachtenverloop in de randen waarmee de kniklengte gereduceerd mag worden.

Voor een aan beide zijden scharnierend ondersteund profiel geldt:

$$\beta_n = \frac{\{ 1 + 0.88 \cdot N_0/N_1 \}^{0.5}}{\{ 1.88 \}} \quad \dots \dots \dots \text{(zie DIN 4114)}$$

waarin:

- β_n = knikfactor door normaalkrachtverdeling
- N_1 = Grootste normaaldrukkracht per kap (altijd - = druk)
(indien de betreffende rand in de betreffende kap niet op druk wordt belast, speelt knik en dus ook N_1 geen enkele rol)
- N_0 = Normaalkracht aan de andere zijde van de kap (- = druk; + = trek)
- N_0/N_1 = Quotiënt van N_0 en $N_1 < 1.0$. Indien de normaalkracht in de betreffende rand in de betreffende kap van teken wisselt, wordt N_0/N_1 negatief.
Overeenkomstig DIN 4114 geldt als minimum waarde: $N_0/N_1 = -0.20$

De kniklengte van een tralieliggersrand (Lk.br) wordt als volgt berekend:

$$Lk.br = \beta_m \cdot \beta_n \cdot b_{kap}$$

Algemene gegevens van de kas die gebruikt worden bij de berekening van de kniklengte:

- Gegevens kas
 - Kapbreedte : $b_{kap} = 3200$ mm
 - Vakmaat : $vak = 4500$ mm
 - Spantverlaging : $v_{spant} = 100$ mm
 - Mechaniekgat opzetkolom : $h_{gat} \times b_{gat} = 40 \times 30$ mm
 - middenkolom : $h_{gat} \times b_{gat} = 60 \times 42$ mm
- Kolom : RHBK100*100*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : $I_{t.kol} = 2708185$ mm⁴
 - Torsietraagheidsmoment gat: $I_{tg.kol} = 383542$ mm⁴
- Opzetkolom : RHBK80*50*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : $I_{t.ozk} = 622996$ mm⁴
 - Torsietraagheidsmoment gat: $I_{tg.ozk} = 32366$ mm⁴
 - Rotatieveerstijfheid : $k.e = 5000$ Nm/rad (normaal)
 - Veerstijfheid horizontaal : $k.h = 6000$ Nm/rad (normaal)

Op de volgende bladzijden worden per tralieligger de knikfactoren bepaald volgens de hiervoor beschreven methode Mouty.

3.7.2 Aanvullende gegevens van de 1e rij tralies:

- Gegevens tralieligger
 - Effectieve traliehoogte : hteff = 410 mm
 - Netto traliehoogte : hnett = 370 mm
 - Glijmodulus tralieligger : G = 80769 N/mm²
- Bovenrand : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : It.br = 717716 mm⁴
 - Traagheidsmoment : Iy.br = 1159323 mm⁴ (Horizontaal)
- Onderrand : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : It.or = 717716 mm⁴
 - Traagheidsmoment : Iy.or = 1159323 mm⁴ (Horizontaal)
- Diagonalen:
 - Drukdiagonaal : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Trekdiagonaal : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Plaatsing 1e diagonaal : op onderrand, dus drukdiagonaal
 - Aantal diagonalen per kap : 10
 - lengte diagonaal : Ldiag = 489 mm
 - Veldlengte diagonaalknopen: lveld = 640 mm
 - Diagonaalknopen bovenrand : nk.br = 5
 - Diagonaalknopen onderrand : nk.or = 4
 - Traagheidsmoment drukdiag : Iydiag.dd = 62000 mm⁴
 - Traagheidsmoment trekdiag : Iydiag.td = 62000 mm⁴
 - Steun van de diagonalen : 0.60 (aansluitfactor diagonaal - rand)
 - Rotatieveerstijfheid : Kd = 7200 Nm/rad (lasverbinding)
- Gootverticaal : RHBK100*50*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : It.gv = 853355 mm⁴
- Kopplaat bovenrand : ST100*12.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : It.p = 57600 mm⁴ (zonder schotje)
 - Aantal bouten : 1 (gem. randafstand e.br = 25.0 mm)
 - Schotjes bij bovenrand : 2 x 50 x 5 mm (aantal x breedte x dikte)
 - Torsietraagheidsmoment : It.s = 2357 mm⁴ (alleen schotje(s))
 - Torsietraagheidsmoment : It.p.br = 59957 mm⁴ (incl. verbinding)
- Kopplaat onderrand : ST100*12.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : It.p = 57600 mm⁴ (zonder schotje)
 - Aantal bouten : 1 (gem. randafstand e.or = 25.0 mm)
 - Torsietraagheidsmoment : It.p.or = 57600 mm⁴ (incl. verbinding)

3.7.2.1 Steun van de diagonaalknoppen

$$\text{Steun drukdiagonaal a.d} = \frac{\left\{ \frac{(489)^3}{3 \cdot 210000 \cdot 62000} + \frac{(489)^2}{7200E3} \right\}^{-1}}{1} = 27.60 \text{ N/mm}$$

$$\text{Steun trekdiagonaal a.t} = \frac{\left\{ \frac{(489)^3}{3 \cdot 210000 \cdot 62000} + \frac{(489)^2}{7200E3} \right\}^{-1}}{1} = 27.60 \text{ N/mm}$$

$$\text{Steun torsie bovenrand a.brd} = \frac{\left\{ \frac{(410)^3}{3 \cdot 210000 \cdot 1159323} \right\}^{-1}}{1} = 10597.3 \text{ N/mm}$$

$$\text{Steun torsie onderrand a.ord} = \frac{\left\{ \frac{(410)^3}{3 \cdot 210000 \cdot 1159323} \right\}^{-1}}{1} = 10597.3 \text{ N/mm}$$

$$\text{Bovenrand Eindkap a.kn.br.e} = \frac{\left\{ \frac{1}{27.60 + 27.60} + \frac{1}{10597.} \right\}^{-1}}{1} = 54.91 \text{ N/mm}$$

$$\text{Bovenrand Middenkap a.kn.br.m} = \frac{\left\{ \frac{1}{27.60 + 27.60} + \frac{1}{10597.} \right\}^{-1}}{1} = 54.91 \text{ N/mm}$$

$$\text{Onderrand Eindkap a.kn.or.e} = \frac{\left\{ \frac{1}{27.60 + 27.60} + \frac{1}{10597.} \right\}^{-1}}{1} = 54.91 \text{ N/mm}$$

$$\text{Onderrand Middenkap a.kn.or.m} = \frac{\left\{ \frac{1}{27.60 + 27.60} + \frac{1}{10597.} \right\}^{-1}}{1} = 54.91 \text{ N/mm}$$

3.7.2.2 Steun rand door torsiestijfheid van de randen

$$\text{Bovenrand at.brd} = \frac{80769 \cdot 717716}{640 \cdot (410)^2} \cdot \left(2 - 2 \cdot \cos \left\{ \frac{\pi \cdot 640}{3200} \right\} \right) = 205.81 \text{ N/mm}$$

$$\text{Onderrand at.bor} = \frac{80769 \cdot 717716}{640 \cdot (410)^2} \cdot \left(2 - 2 \cdot \cos \left\{ \frac{\pi \cdot 640}{3200} \right\} \right) = 205.81 \text{ N/mm}$$

3.7.2.3 Steun van de opleggingen

- BOVENRAND

- Bij eindkolom

$$a.br.e = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{0.5 * 4500}{2 * 2 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{100}{2708185 * 80769} + \frac{25}{59957 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 25.92 \text{ N/mm}$$

- Bij middenkolom

$$a.br.m = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{4500}{2 * 1 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{100}{2708185 * 80769} + \frac{60}{383542 * 80769} + \frac{-25}{59957 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 22.72 \text{ N/mm}$$

- Bij opzetkolom

$$a.br.z = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{4500}{2 * 1 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{100}{622996 * 80769} + \frac{40}{32366 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 21.90 \text{ N/mm}$$

- ONDERRAND:

- Bij eindkolom:

$$a.or.e = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{0.5 * 4500}{2 * 2 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{410 + 100}{2708185 * 80769} + \frac{25}{57600 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 25.68 \text{ N/mm}$$

- Bij middenkolom:

$$a.or.m = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{4500}{2 * 1 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{410 + 100}{2708185 * 80769} + \frac{60}{383542 * 80769} + \frac{25}{57600 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 22.54 \text{ N/mm}$$

- Bij opzetkolom:

$$a.or.z = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{4500}{2 * 1 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{100}{622996 * 80769} + \frac{40}{32366 * 80769} + \frac{410}{853355 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 21.43 \text{ N/mm}$$

3.7.2.4 Bepaling van de knikfactor van Mouty - Bovenrand

- Samengestelde veerstijfheid per kaptype

$$a.br.e-z = 25.92 + 21.90 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 165.45 \text{ N/mm}$$

$$a.br.z-z = 21.90 + 21.90 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 161.44 \text{ N/mm}$$

$$a.br.m-z = 22.72 + 21.90 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 162.26 \text{ N/mm}$$

$$a.br.m-m = 22.72 + 22.72 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 163.07 \text{ N/mm}$$

$$a.br.e-m = 25.92 + 22.72 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 166.27 \text{ N/mm}$$

$$a.br.e-e = 25.92 + 25.92 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 169.47 \text{ N/mm}$$

- Constante van Mouty

$$Cbr.e-z = \frac{(3200)^3 \cdot 165.45}{210000 \cdot 1159323} = 22 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.e-z} = 0.840$$

$$Cbr.z-z = \frac{(3200)^3 \cdot 161.44}{210000 \cdot 1159323} = 22 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.z-z} = 0.844$$

$$Cbr.m-z = \frac{(3200)^3 \cdot 162.26}{210000 \cdot 1159323} = 22 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.m-z} = 0.843$$

$$Cbr.m-m = \frac{(3200)^3 \cdot 163.07}{210000 \cdot 1159323} = 22 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.m-m} = 0.842$$

$$Cbr.e-m = \frac{(3200)^3 \cdot 166.27}{210000 \cdot 1159323} = 22 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.e-m} = 0.839$$

$$Cbr.e-e = \frac{(3200)^3 \cdot 169.47}{210000 \cdot 1159323} = 23 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.e-e} = 0.836$$

3.7.2.5 Bepaling van de knikfactor van Mouty - Onderrand

- Samengestelde veerstijfheid per kaptype

$$a.or.e-z = 25.68 + 21.43 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 153.37 \text{ N/mm}$$

$$a.or.z-z = 21.43 + 21.43 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 149.12 \text{ N/mm}$$

$$a.or.m-z = 22.54 + 21.43 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 150.23 \text{ N/mm}$$

$$a.or.m-m = 22.54 + 22.54 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 151.33 \text{ N/mm}$$

$$a.or.e-m = 25.68 + 22.54 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 154.47 \text{ N/mm}$$

$$a.or.e-e = 25.68 + 25.68 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 157.62 \text{ N/mm}$$

- Constante van Mouty

$$Cor.e-z = \frac{(3200)^3 \cdot 153.37}{210000 \cdot 1159323} = 21 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.e-z} = 0.851$$

$$Cor.z-z = \frac{(3200)^3 \cdot 149.12}{210000 \cdot 1159323} = 20 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.z-z} = 0.856$$

$$Cor.m-z = \frac{(3200)^3 \cdot 150.23}{210000 \cdot 1159323} = 20 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.m-z} = 0.855$$

$$Cor.m-m = \frac{(3200)^3 \cdot 151.33}{210000 \cdot 1159323} = 20 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.m-m} = 0.853$$

$$Cor.e-m = \frac{(3200)^3 \cdot 154.47}{210000 \cdot 1159323} = 21 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.e-m} = 0.850$$

$$Cor.e-e = \frac{(3200)^3 \cdot 157.62}{210000 \cdot 1159323} = 21 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.e-e} = 0.847$$

3.7.3 Aanvullende gegevens van de 2e rij tralies:

- Gegevens tralieligger
 - Effectieve traliehoogte : hteff = 410 mm
 - Netto traliehoogte : hnett = 370 mm
 - Glijmodulus tralieligger : G = 80769 N/mm²
- Bovenrand : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : It.br = 717716 mm⁴
 - Traagheidsmoment : Iy.br = 1159323 mm⁴ (Horizontaal)
- Onderrand : RHBK100*40*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : It.or = 717716 mm⁴
 - Traagheidsmoment : Iy.or = 1159323 mm⁴ (Horizontaal)
- Diagonalen:
 - Drukdiagonaal : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Trekdiagonaal : VKBK35*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Plaatsing 1e diagonaal : op onderrand, dus drukdiagonaal
 - Aantal diagonalen per kap : 10
 - lengte diagonaal : Ldiag = 489 mm
 - Veldlengte diagonaalknopen: lveld = 640 mm
 - Diagonaalknopen bovenrand : nk.br = 5
 - Diagonaalknopen onderrand : nk.or = 4
 - Traagheidsmoment drukdiag : Iydiag.dd = 62000 mm⁴
 - Traagheidsmoment trekdiag : Iydiag.td = 62000 mm⁴
 - Steun van de diagonalen : 0.60 (aansluitfactor diagonaal - rand)
 - Rotatieveerstijfheid : Kd = 7200 Nm/rad (lasverbinding)
- Gootverticaal : RHBK100*50*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : It.gv = 853355 mm⁴
- Kopplaat bovenrand : ST100*12.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : It.p = 57600 mm⁴ (zonder schotje)
 - Aantal bouten : 1 (gem. randafstand e.br = 25.0 mm)
 - Schotjes bij bovenrand : 2 x 50 x 5 mm (aantal x breedte x dikte)
 - Torsietraagheidsmoment : It.s = 2357 mm⁴ (alleen schotje(s))
 - Torsietraagheidsmoment : It.p.br = 59957 mm⁴ (incl. verbinding)
- Kopplaat onderrand : ST100*12.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
 - Torsietraagheidsmoment : It.p = 57600 mm⁴ (zonder schotje)
 - Aantal bouten : 1 (gem. randafstand e.or = 25.0 mm)
 - Torsietraagheidsmoment : It.p.or = 57600 mm⁴ (incl. verbinding)

3.7.3.1 Steun van de diagonaalknoppen

$$\text{Steun drukdiagonaal a.d} = \frac{\left\{ \frac{(489)^3}{3 \cdot 210000 \cdot 62000} + \frac{(489)^2}{7200E3} \right\}^{-1}}{1} = 27.60 \text{ N/mm}$$

$$\text{Steun trekdiagonaal a.t} = \frac{\left\{ \frac{(489)^3}{3 \cdot 210000 \cdot 62000} + \frac{(489)^2}{7200E3} \right\}^{-1}}{1} = 27.60 \text{ N/mm}$$

$$\text{Steun torsie bovenrand a.brd} = \frac{\left\{ \frac{(410)^3}{3 \cdot 210000 \cdot 1159323} \right\}^{-1}}{1} = 10597.3 \text{ N/mm}$$

$$\text{Steun torsie onderrand a.ord} = \frac{\left\{ \frac{(410)^3}{3 \cdot 210000 \cdot 1159323} \right\}^{-1}}{1} = 10597.3 \text{ N/mm}$$

$$\text{Bovenrand Eindkap a.kn.br.e} = \frac{\left\{ \frac{1}{27.60 + 27.60} + \frac{1}{10597.} \right\}^{-1}}{1} = 54.91 \text{ N/mm}$$

$$\text{Bovenrand Middenkap a.kn.br.m} = \frac{\left\{ \frac{1}{27.60 + 27.60} + \frac{1}{10597.} \right\}^{-1}}{1} = 54.91 \text{ N/mm}$$

$$\text{Onderrand Eindkap a.kn.or.e} = \frac{\left\{ \frac{1}{27.60 + 27.60} + \frac{1}{10597.} \right\}^{-1}}{1} = 54.91 \text{ N/mm}$$

$$\text{Onderrand Middenkap a.kn.or.m} = \frac{\left\{ \frac{1}{27.60 + 27.60} + \frac{1}{10597.} \right\}^{-1}}{1} = 54.91 \text{ N/mm}$$

3.7.3.2 Steun rand door torsiestijfheid van de randen

$$\text{Bovenrand at.brd} = \frac{80769 \cdot 717716}{640 \cdot (410)^2} \cdot \left(2 - 2 \cdot \cos \left\{ \frac{\pi \cdot 640}{3200} \right\} \right) = 205.81 \text{ N/mm}$$

$$\text{Onderrand at.bor} = \frac{80769 \cdot 717716}{640 \cdot (410)^2} \cdot \left(2 - 2 \cdot \cos \left\{ \frac{\pi \cdot 640}{3200} \right\} \right) = 205.81 \text{ N/mm}$$

3.7.3.3 Steun van de opleggingen

- BOVENRAND

- Bij eindkolom

$$a.br.e = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{0.5 * 4500}{2 * 2 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{100}{2708185 * 80769} + \frac{25}{59957 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 25.92 \text{ N/mm}$$

- Bij middenkolom

$$a.br.m = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{4500}{2 * 1 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{100}{2708185 * 80769} + \frac{60}{383542 * 80769} + \frac{-25}{59957 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 22.72 \text{ N/mm}$$

- Bij opzetkolom

$$a.br.z = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{4500}{2 * 1 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{100}{622996 * 80769} + \frac{40}{32366 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 21.90 \text{ N/mm}$$

- ONDERRAND:

- Bij eindkolom:

$$a.or.e = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{0.5 * 4500}{2 * 2 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{410 + 100}{2708185 * 80769} + \frac{25}{57600 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 25.68 \text{ N/mm}$$

- Bij middenkolom:

$$a.or.m = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{4500}{2 * 1 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{410 + 100}{2708185 * 80769} + \frac{60}{383542 * 80769} + \frac{25}{57600 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 22.54 \text{ N/mm}$$

- Bij opzetkolom:

$$a.or.z = 1/[(410)^2] * \left\{ \frac{4500}{2 * 1 * 210000 * 264584} + \frac{1}{5000 E3} + \frac{100}{622996 * 80769} + \frac{40}{32366 * 80769} + \frac{410}{853355 * 80769} + \frac{1}{80769 * 717716 * (4/3200)} \right\} = 21.43 \text{ N/mm}$$

3.7.3.4 Bepaling van de knikfactor van Mouty - Bovenrand

- Samengestelde veerstijfheid per kaptype

$$a.br.e-z = 25.92 + 21.90 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 165.45 \text{ N/mm}$$

$$a.br.z-z = 21.90 + 21.90 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 161.44 \text{ N/mm}$$

$$a.br.m-z = 22.72 + 21.90 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 162.26 \text{ N/mm}$$

$$a.br.m-m = 22.72 + 22.72 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 163.07 \text{ N/mm}$$

$$a.br.e-m = 25.92 + 22.72 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 166.27 \text{ N/mm}$$

$$a.br.e-e = 25.92 + 25.92 + \frac{\left\{ \frac{1}{5.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{1} = 169.47 \text{ N/mm}$$

- Constante van Mouty

$$Cbr.e-z = \frac{(3200)^3 \cdot 165.45}{210000 \cdot 1159323} = 22 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.e-z} = 0.840$$

$$Cbr.z-z = \frac{(3200)^3 \cdot 161.44}{210000 \cdot 1159323} = 22 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.z-z} = 0.844$$

$$Cbr.m-z = \frac{(3200)^3 \cdot 162.26}{210000 \cdot 1159323} = 22 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.m-z} = 0.843$$

$$Cbr.m-m = \frac{(3200)^3 \cdot 163.07}{210000 \cdot 1159323} = 22 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.m-m} = 0.842$$

$$Cbr.e-m = \frac{(3200)^3 \cdot 166.27}{210000 \cdot 1159323} = 22 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.e-m} = 0.839$$

$$Cbr.e-e = \frac{(3200)^3 \cdot 169.47}{210000 \cdot 1159323} = 23 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.br.e-e} = 0.836$$

3.7.3.5 Bepaling van de knikfactor van Mouty - Onderrand

- Samengestelde veerstijfheid per kaptype

$$a.or.e-z = 25.68 + 21.43 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}} = 153.37 \text{ N/mm}$$

$$a.or.z-z = 21.43 + 21.43 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}} = 149.12 \text{ N/mm}$$

$$a.or.m-z = 22.54 + 21.43 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}} = 150.23 \text{ N/mm}$$

$$a.or.m-m = 22.54 + 22.54 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}} = 151.33 \text{ N/mm}$$

$$a.or.e-m = 25.68 + 22.54 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}} = 154.47 \text{ N/mm}$$

$$a.or.e-e = 25.68 + 25.68 + \frac{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}}{\left\{ \frac{1}{4.0 \cdot 54.91} + \frac{2}{205.81 + 205.81} \right\}^{-1}} = 157.62 \text{ N/mm}$$

- Constante van Mouty

$$Cor.e-z = \frac{(3200)^3 \cdot 153.37}{210000 \cdot 1159323} = 21 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.e-z} = 0.851$$

$$Cor.z-z = \frac{(3200)^3 \cdot 149.12}{210000 \cdot 1159323} = 20 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.z-z} = 0.856$$

$$Cor.m-z = \frac{(3200)^3 \cdot 150.23}{210000 \cdot 1159323} = 20 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.m-z} = 0.855$$

$$Cor.m-m = \frac{(3200)^3 \cdot 151.33}{210000 \cdot 1159323} = 20 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.m-m} = 0.853$$

$$Cor.e-m = \frac{(3200)^3 \cdot 154.47}{210000 \cdot 1159323} = 21 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.e-m} = 0.850$$

$$Cor.e-e = \frac{(3200)^3 \cdot 157.62}{210000 \cdot 1159323} = 21 \rightarrow \text{knikfactor } \beta_{m.or.e-e} = 0.847$$

3.8 THEORIE VAN DE BEREKENING

VAN DE STABILITEIT VAN DE BOVENRAND EN DE ONDERRAND UIT HET VLAK VAN DE TRALIE (ZIE DIN 4114).

Bij de berekening van de stabiliteit van de bovenrand en de onderrand uit het vlak van de tralieliggers wordt, per systeemplengte, rekening gehouden met:

- Steun van en verende inklemming volgens methode Mouty
- het normaalkrachtenverloop in de rand. Er wordt uitgegaan van een rechtlijnig verloop.

Bij het berekenen van de kniklengte (lky) van de randen uit het vlak van de tralie kunnen volgens DIN4114 4 verschillende basissituaties optreden:

- 1) Aan beide zijden scharnierend ondersteund:
 - $lky1 = \text{systeemplengte} * [(1 + 0.88 * N0/N1) / 1.88]^{1/2}$
- 2) Aan de zijde van N1 scharnierend ondersteund en aan de zijde van N0 volledig ingeklemd:
 - $lky2 = \text{systeemplengte} * [(1 + 0.51 * N0/N1) / 3.09]^{1/2}$
- 3) Aan de zijde van N1 volledig ingeklemd en aan de zijde van N0 scharnierend ondersteund:
 - $lky3 = \text{systeemplengte} * [(1 + 1.65 * N0/N1) / 5.42]^{1/2}$
- 4) Aan beide zijden volledig ingeklemd:
 - $lky4 = \text{systeemplengte} * [(1 + 0.93 * N0/N1) / 7.72]^{1/2}$

waarin:

N1 = Grootste normaaldrukkracht per lengte (altijd - = druk)
 (indien de betreffende rand tussen de opleggingen niet op druk wordt belast, speelt knik en dus ook N1 geen enkele rol)
 N0 = Normaalkracht aan de andere zijde van de kap (- = druk; + = trek)
 N0/N1 = Quotiënt van N0 en N1 < 1.0. Indien de normaalkracht tussen de opleggingen van teken wisselt, wordt N0/N1 negatief. Overeenkomstig DIN 4114 geldt als minimum waarde: N0/N1 = -0.20

De invloed van de steunen en de mate van inklemming van de randen is bepaald volgens methode Mouty. De gunstige effecten van het normaalkrachtenverloop op de kniklengte kan dan alleen nog bepaald worden met de formule voor een aan beide zijden scharnierende ondersteuning. Door de beide factoren van Mouty en DIN 4114 met elkaar te vermenigvuldigen wordt de werkelijke kniklengte van de tralieliggerrand bepaald.

Kniklengtebepaling volgens gecombineerde methode Mouty en DIN4114

Plaats- bepaling		Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- den	Mouty knfct	DIN4114 knfct	Knik- lengte [mm]
A	B	N0	N1	n0-n1	m	n	Lknik = m * n * L.AB

De berekening van de stabiliteitscontroles vindt plaats volgens EN 1993-1-1

3.9 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.1 Berekening van de belastingen per tralie:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 140)	=	140 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.50	=	315 N
- E.G. 1e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- E.G. 2e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(1250,1000)+1.00*0	=	0 N
- Sneeuwbelasting	: (0.00 * 423)	=	0 N/m ²
- Gewas winter	: (0.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 100)	=	100 N/m ²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 140)	=	140 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.50	=	315 N
- E.G. 1e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- E.G. 2e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(1250,1000)+1.00*0	=	0 N
- Sneeuwbelasting	: (1.00 * 423)	=	423 N/m ²
- Gewas winter	: (0.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 100)	=	100 N/m ²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanhoogte van de eerste kolom

Knoop * = zwevende goot 1e rij tralies

Knoop * = middenkolom

- Horizontale belasting:

Fk,hor = 0 N (geen windbelasting)

- Verticale belasting:

Fvg = eigen gewicht goot = (1.00 * 70) * 4.50 = 315 N

Fk,vert = -0.5 * Fvg

F*,vert t.p.v. een goot = Fvg

3.9.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.9.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

Indvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:										- -+- + Tekenafspraak		

3.9.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.00
Installaties	1.00	1.00
Sneeuw	0.00	1.00
Wind	0.00	0.00
gewas	0.00	0.00

3.9.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas	
		= 1.00*450.0 + 1.00*215.9 + 0.00*0.0	qtral = 665.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*sin(dek)	qdek.E = 272.8 N/m
		= [1.00*545.6 + 0.00*1650.3]*sin(30.0)	
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*cos(dek)	qdek.L = 472.5 N/m
		= [1.00*545.6 + 0.00*1650.3]*cos(30.0)	
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 472.5 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 472.5 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 472.5 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 472.5 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 472.5 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 472.5 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 472.5 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 472.5 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.70	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 -0.0)*0.70 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 +0.0)*0.70 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.00*450.0 + 1.00*215.9 + 0.00*0.0	qtral = 665.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 1.00*1650.3]*sin(30.0)	qdek.E = 1098.0 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 1.00*1650.3]*cos(30.0)	qdek.L = 1901.7 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 1901.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 1901.7 N/m
	- 3e kaphelft	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 1901.7 N/m
	- 4e kaphelft	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 1901.7 N/m
	- Middenkap links	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 1901.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 1901.7 N/m
	- Eindkap links	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 1901.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 1901.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.72	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 -0.0)*0.72 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 +0.0)*0.72 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.9.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen			
	Rekentoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand				U_lijn	
	X-as [mm] Horiz.	Y-as [mm] Vert.	X-as [N] Horiz.	Y-as [N] Vert.	X-as [N] Horiz.	Y-as [N] Vert.	X-verpl [mm] Horiz.	Y-verpl [mm] Vert.	[mm] Vert.	
1	-0.011	0.000			1022	17185			0.000	
2	-0.006	1.438							0.000	
3	-0.001	2.670							0.000	
6	0.000	3.200	0	-158					0.000	
7	1.600	4.124							0.000	
8	3.200	3.200	0	-315					0.000	
9	4.800	4.124							0.000	
10	6.400	3.200	0	-315					0.000	
11	8.000	4.124							0.000	
12	9.600	3.200	0	-315					0.000	
13	11.200	4.124							0.000	
4	0.000	2.875	1000	0			1.15	-0.09	0.000	
14	0.319	2.875					1.15	-1.19	1.099	
15	1.599	2.875					1.15	-5.50	5.385	
16	3.199	2.875					1.15	-9.87	9.746	
17	4.799	2.875					1.15	-12.30	12.150	
18	6.399	2.875					1.15	-12.44	12.269	
19	7.999	2.875					1.14	-10.38	10.195	
20	9.599	2.875					1.14	-6.82	6.617	
21	11.199	2.875					1.14	-2.87	2.649	
22	12.479	2.875					1.14	-0.57	0.330	
23	12.789	0.000			-209	47378			0.000	
24	12.794	1.438							0.000	
25	12.799	2.670							0.000	
28	12.800	3.200	0	-315					0.000	
29	14.400	4.124							0.000	
30	16.000	3.200	0	-315					0.000	
31	17.600	4.124							0.000	
32	19.200	3.200	0	-315					0.000	
33	20.800	4.124							0.000	
34	22.400	3.200	0	-315					0.000	
35	24.000	4.124							0.000	
26	12.800	2.875					1.14	-0.24	0.000	
36	13.119	2.875					1.14	-0.05	-0.197	
37	14.399	2.875					1.14	-0.27	0.032	
38	15.999	2.875					1.13	-1.82	1.588	
39	17.599	2.875					1.13	-3.46	3.230	
40	19.199	2.875					1.13	-4.34	4.118	
41	20.799	2.875					1.13	-4.05	3.831	
42	22.399	2.875					1.13	-2.76	2.549	
43	23.999	2.875					1.12	-1.08	0.872	
44	25.279	2.875					1.12	-0.24	0.040	
45	25.589	0.000			21	39783			0.000	
46	25.594	1.438							0.000	
47	25.599	2.670							0.000	
50	25.600	3.200	0	-315					0.000	
51	27.200	4.124							0.000	
52	28.800	3.200	0	-315					0.000	
53	30.400	4.124							0.000	
54	32.000	3.200	0	-315					0.000	
55	33.600	4.124							0.000	
56	35.200	3.200	0	-315					0.000	
57	36.800	4.124							0.000	
48	25.600	2.875					1.12	-0.20	0.000	
58	25.919	2.875					1.12	-0.25	0.046	
59	27.199	2.875					1.12	-1.10	0.895	
60	28.799	2.875					1.12	-2.79	2.580	
61	30.399	2.875					1.12	-4.08	3.859	
62	31.999	2.875					1.12	-4.36	4.137	
63	33.599	2.875					1.11	-3.47	3.237	
64	35.199	2.875					1.11	-1.82	1.584	
65	36.799	2.875					1.11	-0.26	0.024	
66	38.079	2.875					1.11	-0.04	-0.201	
67	38.389	0.000			301	47340			0.000	
68	38.394	1.438							0.000	
69	38.399	2.670							0.000	
72	38.400	3.200	0	-315					0.000	

73	40.000	4.124							0.000
74	41.600	3.200	0	-315					0.000
75	43.200	4.124							0.000
76	44.800	3.200	0	-315					0.000
77	46.400	4.124							0.000
78	48.000	3.200	0	-315					0.000
79	49.600	4.124							0.000
80	38.400	2.875			1.11	-0.24			0.000
81	38.719	2.875			1.11	-0.57			0.331
82	39.999	2.875			1.11	-2.87			2.649
83	41.599	2.875			1.10	-6.81			6.603
84	43.199	2.875			1.10	-10.34			10.159
85	44.799	2.875			1.10	-12.38			12.211
86	46.399	2.875			1.10	-12.22			12.077
87	47.999	2.875			1.09	-9.80			9.673
88	49.599	2.875			1.09	-5.44			5.336
89	50.879	2.875			1.09	-1.19			1.093
90	51.189	0.000		-1135	17275				0.000
91	51.194	1.438							0.000
92	51.199	2.670							0.000
93	51.200	2.875	-1000	0					0.000
94	51.201	3.080							
95	51.200	3.200	0	-158		1.09	-0.09		

Tabel 3.9.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaf nr.	Profiel			B	E	G	I	N			E	I	N	D
		X-as	Y-as	Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment					
		[N/m]	[N/m]	[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]					
		Horizontaal	Verticaal											
1	RHBK100*100*3.			-17189	-965	0			-17189	-965			-1387	
2	RHBK100*100*3.			-17189	-950	-1387			-17189	-950			-2557	
3	RHBK100*100*3.			-17189	-965	-2557			-17189	-965			-2755	
4	RHBK100*100*3.			-4226	-3538	1154			-4226	-3538			429	
5	RHBK100*100*3.			-4194	-3576	429			-4194	-3576			-0	
6	RHBK80*50*3.0			-8429	18	-6			-8429	18			-0	
7	RHBK80*50*3.0			-8429	34	-11			-8429	34			-0	
8	RHBK80*50*3.0			-8429	49	-16			-8429	49			0	
9	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5105	1737	0			-3076	-1776			-36	
10	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3076	1776	-36			-5105	-1737			0	
11	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5113	1732	0			-3085	-1781			-45	
12	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3085	1781	-45			-5113	-1732			0	
13	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5109	1735	0			-3080	-1778			-40	
14	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3080	1778	-40			-5109	-1735			0	
15	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5091	1745	0			-3062	-1768			-21	
16	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3062	1768	-21			-5091	-1745			0	
17	1e tralie	0.0	-665.9	1530	12971	-3909			1530	12758			194	
18	1e tralie	0.0	-665.9	1530	12758	194			1530	11906			15979	
19	1e tralie	0.0	-665.9	1530	11906	15979			1530	10840			34176	
20	1e tralie	0.0	-665.9	1540	2411	34182			1540	1346			37188	
21	1e tralie	0.0	-665.9	1540	1346	37188			1540	280			38489	
22	1e tralie	0.0	-665.9	1535	-8149	38500			1535	-9214			24609	
23	1e tralie	0.0	-665.9	1535	-9214	24609			1535	-10280			9014	
24	1e tralie	0.0	-665.9	1514	-18709	9030			1514	-19774			-21757	
25	1e tralie	0.0	-665.9	1514	-19774	-21757			1514	-20627			-47613	
26	1e tralie	0.0	-665.9	1514	-20627	-47613			1514	-20841			-54270	
27	RHBK100*100*3.			-47377	367	0			-47377	367			527	
28	RHBK100*100*3.			-47377	408	527			-47377	408			1030	
29	RHBK100*100*3.			-47377	367	1030			-47377	367			1106	
30	RHBK100*100*3.			-8429	30	-0			-8429	30			6	
31	RHBK100*100*3.			-8429	-46	6			-8429	-46			0	
32	RHBK80*50*3.0			-8429	11	-4			-8429	11			-0	
33	RHBK80*50*3.0			-8429	26	-9			-8429	26			-0	
34	RHBK80*50*3.0			-8429	41	-13			-8429	41			0	
35	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5090	1746	0			-3061	-1767			-20	
36	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3061	1767	-20			-5090	-1746			0	
37	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5104	1738	0			-3076	-1776			-35	
38	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3076	1776	-35			-5104	-1738			0	
39	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5106	1737	0			-3077	-1777			-37	
40	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3077	1777	-37			-5106	-1737			0	
41	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5094	1744	0			-3066	-1770			-24	
42	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3066	1770	-24			-5094	-1744			0	
43	2e tralie	0.0	-665.9	1722	18109	-53164			1722	17896			-47423	
44	2e tralie	0.0	-665.9	1722	17896	-47423			1722	17044			-25061	

45	2e tralie	0.0	-665.9	1722	17044	-25061	1722	15978	1357
46	2e tralie	0.0	-665.9	1738	7549	1360	1738	6484	12587
47	2e tralie	0.0	-665.9	1738	6484	12587	1738	5418	22109
48	2e tralie	0.0	-665.9	1740	-3011	22117	1740	-4076	16448
49	2e tralie	0.0	-665.9	1740	-4076	16448	1740	-5142	9073
50	2e tralie	0.0	-665.9	1727	-13571	9087	1727	-14636	-13479
51	2e tralie	0.0	-665.9	1727	-14636	-13479	1727	-15489	-32759
52	2e tralie	0.0	-665.9	1727	-15489	-32759	1727	-15703	-37767
53	RHBK100*100*3.			-39783	112	-0	-39783	112	161
54	RHBK100*100*3.			-39783	147	161	-39783	147	342
55	RHBK100*100*3.			-39783	112	342	-39783	112	365
56	RHBK100*100*3.			-8429	28	0	-8429	28	6
57	RHBK100*100*3.			-8429	-48	6	-8429	-48	-0
58	RHBK80*50*3.0			-8429	15	-5	-8429	15	-0
59	RHBK80*50*3.0			-8429	30	-10	-8429	30	-0
60	RHBK80*50*3.0			-8429	45	-15	-8429	45	-0
61	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5094	1744	0	-3066	-1770	-24
62	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3066	1770	-24	-5094	-1744	0
63	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5106	1737	0	-3077	-1777	-37
64	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3077	1777	-37	-5106	-1737	0
65	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5104	1738	0	-3076	-1776	-35
66	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3076	1776	-35	-5104	-1738	0
67	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5090	1746	0	-3061	-1767	-20
68	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3061	1767	-20	-5090	-1746	0
69	2e tralie	0.0	-665.9	1706	15651	-37402	1706	15439	-32444
70	2e tralie	0.0	-665.9	1706	15439	-32444	1706	14587	-13228
71	2e tralie	0.0	-665.9	1706	14587	-13228	1706	13521	9259
72	2e tralie	0.0	-665.9	1719	5092	9263	1719	4027	16558
73	2e tralie	0.0	-665.9	1719	4027	16558	1719	2961	22148
74	2e tralie	0.0	-665.9	1717	-5468	22158	1717	-6534	12557
75	2e tralie	0.0	-665.9	1717	-6534	12557	1717	-7599	1251
76	2e tralie	0.0	-665.9	1701	-16028	1265	1701	-17094	-25232
77	2e tralie	0.0	-665.9	1701	-17094	-25232	1701	-17946	-47658
78	2e tralie	0.0	-665.9	1701	-17946	-47658	1701	-18160	-53454
79	RHBK100*100*3.			-47341	-143	-0	-47341	-143	-206
80	RHBK100*100*3.			-47341	-102	-206	-47341	-102	-331
81	RHBK100*100*3.			-47341	-143	-331	-47341	-143	-360
82	RHBK100*100*3.			-8429	26	1	-8429	26	6
83	RHBK100*100*3.			-8429	-50	6	-8429	-50	0
84	RHBK80*50*3.0			-8429	8	-3	-8429	8	-0
85	RHBK80*50*3.0			-8429	23	-7	-8429	23	0
86	RHBK80*50*3.0			-8429	38	-12	-8429	38	0
87	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5091	1745	0	-3063	-1768	-21
88	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3063	1768	-21	-5091	-1745	0
89	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5109	1735	0	-3080	-1778	-40
90	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3080	1778	-40	-5109	-1735	0
91	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5113	1732	0	-3085	-1781	-45
92	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3085	1781	-45	-5113	-1732	0
93	Roede dek	-1098.0	-1901.7	-5104	1738	0	-3076	-1776	-35
94	Roede dek	1098.0	-1901.7	-3076	1776	-35	-5104	-1738	0
95	1e tralie	0.0	-665.9	1401	20751	-53815	1401	20539	-47231
96	1e tralie	0.0	-665.9	1401	20539	-47231	1401	19686	-21487
97	1e tralie	0.0	-665.9	1401	19686	-21487	1401	18621	9158
98	1e tralie	0.0	-665.9	1422	10192	9160	1422	9126	24614
99	1e tralie	0.0	-665.9	1422	9126	24614	1422	8060	38364
100	1e tralie	0.0	-665.9	1427	-369	38371	1427	-1434	36929
101	1e tralie	0.0	-665.9	1427	-1434	36929	1427	-2500	33782
102	1e tralie	0.0	-665.9	1417	-10929	33794	1417	-11994	15456
103	1e tralie	0.0	-665.9	1417	-11994	15456	1417	-12847	-442
104	1e tralie	0.0	-665.9	1417	-12847	-442	1417	-13060	-4601
105	RHBK100*100*3.			-17271	1192	0	-17271	1192	1714
106	RHBK100*100*3.			-17270	1208	1714	-17270	1208	3202
107	RHBK100*100*3.			-17271	1192	3202	-17271	1192	3447
108	RHBK100*100*3.			-4203	3566	-1154	-4203	3566	-423
109	RHBK100*100*3.			-4235	3528	-423	-4235	3528	0

3.9.3 De krachtsverdeling in de 2e rij tralies:

Tabel 3.9.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)		N(x) in [N] (+ = trek)		Q(x) in [N] (+ = ~~-)	
12.80 - 16.00	-53164	1357	1722	1722	18109	15978
16.00 - 19.20	1360	22109	1738	1738	7549	5418
19.20 - 22.40	22117	9073	1740	1740	-3011	-5142
22.40 - 25.60	9087	-37767	1727	1727	-13571	-15703
25.60 - 28.80	-37402	9259	1706	1706	15651	13521
28.80 - 32.00	9263	22148	1719	1719	5092	2961
32.00 - 35.20	22158	1251	1717	1717	-5468	-7599
35.20 - 38.40	1265	-53454	1701	1701	-16028	-18160

3.9.3.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:

- uvtoel = $12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: uvtoel = 30.0 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 4.14$ mm

- Controle van de 2e rij tralies:

Doorbuiging: $|4.1|$ mm < 30.0 mm, dus: voldoet.

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.3.2 Controle van de bovenrand:

3.9.3.21 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.9.3.1)
 met: Effectieve spanhoogte: 410.0 mm

Tabel 3.9.3.2: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)		Systeem- lengte
x in [m]	Spant		[mm]
12.80 - 16.00	130530	-2448	3199
16.00 - 19.20	-2449	-53055	3200
19.20 - 22.40	-53075	-21260	3200
22.40 - 25.60	-21299	92977	3201
25.60 - 28.80	92077	-21729	3199
28.80 - 32.00	-21734	-53161	3200
32.00 - 35.20	-53185	-2192	3200
35.20 - 38.40	-2235	131226	3201

3.9.3.22 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.9.3.22:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	130530 -2448	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.01	0.01
16.00-19.20	-2449 -53055	z-z	0.844	0.628	2009	1	0.18	0.24
19.20-22.40	-53075 -21260	z-z	0.844	0.716	2290	1	0.18	0.26
22.40-25.60	-21299 92977	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.07	0.09
25.60-28.80	92077 -21729	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.07	0.09
28.80-32.00	-21734 -53161	z-z	0.844	0.717	2296	1	0.18	0.26
32.00-35.20	-53185 -2192	z-z	0.844	0.626	2004	1	0.18	0.24
35.20-38.40	-2235 131226	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.01	0.01

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,dare} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.72 - 0.2) * (|-53161| / (0.710 * 291834 / 1.0))) = 1.02 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-53161| / (0.710 * 291834 / 1.0))) = 1.08 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.02, 1.08) = 1.02 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.61
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-53161| / (0.710 * 291834 / 1.0) + 1.02 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.256 + 0.000 = 0.256 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-53161| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.61 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.196 + 0.000 = 0.196
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.256, 0.196) = 0.256$$

- controle: 0.26 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.3.23 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -53185 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdarel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-53185| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.92$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-53185| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.04$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.92, 1.04) = 0.92$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.55$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-53185| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.92 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.196 + 0.000 = 0.196$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-53185| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.182 + 0.000 = 0.182$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.196, 0.182) = 0.196$

- controle: $0.20 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.3.24 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-53185|}{291834} = 0.18$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 131226 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|131226|}{291834} = 0.45$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.45 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.3.3 Controle van de onderrand:

3.9.3.31 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.9.3.3: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.9.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.9.3.3: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
12.80 - 16.00	-128808 4170	3199
16.00 - 19.20	4187 54793	3200
19.20 - 22.40	54815 23000	3200
22.40 - 25.60	23026 -91251	3201
25.60 - 28.80	-90371 23435	3199
28.80 - 32.00	23453 54880	3200
32.00 - 35.20	54903 3909	3200
35.20 - 38.40	3936 -129526	3201

3.9.3.32 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.9.3.32:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	-128808 4170	m-z	0.855	0.768	2456	1	0.44	0.65
22.40-25.60	23026 -91251	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.31	0.44
25.60-28.80	-90371 23435	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.31	0.43
35.20-38.40	3936 -129526	z-m	0.855	0.769	2460	1	0.44	0.65

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.78 - 0.2) * (|-129526| / (0.678 * 291834 / 1.0))) = 1.24$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-129526| / (0.678 * 291834 / 1.0))) = 1.37$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.24, 1.37) = 1.24$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.74$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0)$$

$$= |-129526| / (0.678 * 291834 / 1.0) + 1.24 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.655 + 0.000 = 0.655$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0)$$

$$= |-129526| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.74 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.446 + 0.000 = 0.446$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.655, 0.446) = 0.655$$

- controle: 0.65 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.3.33 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -129526 + |-18160|/\tan(49.1) = -113820$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 \cdot l_{veld} = 0.50 \cdot 640 = 320$ mm

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.21 - 0.2) \cdot (|-113820| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.40$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-113820| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.53$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.53) = 0.40$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.24$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-113820| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.40 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.392 + 0.000 = 0.392$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-113820| / (1.000 \cdot 291834 / 1.0) + 0.24 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.390 + 0.000 = 0.390$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.392, 0.390) = 0.392$

- controle: $0.39 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.3.34 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-129526|}{291834} = 0.44$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 54903$ N

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|54903|}{291834} = 0.19$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.44 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.3.4 Controle van de diagonalen:

3.9.3.41 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{ddmaxd} = -18160 \text{ N}$ (zie tabel 3.9.3.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: $F_{punt} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 1.00 * 0 = 0 \text{ N}$

- Res.diag.drukkracht: $N_{ddiagd} = \frac{Q_{ddmaxd} - F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{-18160 - 0}{\sin(49.1)} = -24010 \text{ N}$

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-24010|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.219$

controle: $0.219 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-24010|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 65.1 \text{ N/mm}^2$

$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 65.1 / 235.0 = 0.277$

controle: $0.277 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{y,2} = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-24010| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41$
 $K_{y,3} = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-24010| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.47$
 $K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.41, 0.47) = 0.41$
 $K_{z,b} = 0.6 * K_{y,b} = 0.25$

$UC_{stab,1} = |N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0)$
 $= |-24010| / (0.949 * 109643 / 1.0) + 0.41 * |0.0| / (1.00 * 1054.0 / 1.0)$
 $= 0.231 + 0.000 = 0.231$

$UC_{stab,2} = |N_{Ed}| / (C_{hz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0)$
 $= |-24010| / (0.949 * 109643 / 1.0) + 0.25 * |0.0| / (1.00 * 1054.0 / 1.0)$
 $= 0.231 + 0.000 = 0.231$

Maatgevend: $UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.231, 0.231) = 0.231$

controle: $0.231 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.3.42 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 18160$ N (zie tabel 3.9.3.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{18160 + 0}{\sin(49.1)} = 24010 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{24010}{63685} = 0.377$$

- UC-Trek : $0.377 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 7599$ N (zie tabel 3.9.3.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-7599}{\sin(49.1)} = -10047 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{10047}{104000} = 0.097$$

- UC-Druk : $0.097 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.3.43 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -24010 N			Nd = - 10047 N		
Nt = 0 N			Nt = 24010 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 15706 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 18160 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 15706 N			Fsdev = 6572 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	34.69 N/mm ²	34.69 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	42.43 N/mm ²	42.43 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	34.69 N/mm ²	34.69 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	58.35 N/mm ²	58.35 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.28	0.28	
UC2	0.00	0.00	0.12	0.12	
SgmWsd	42.43 N/mm ²	42.43 N/mm ²	17.75 N/mm ²	17.75 N/mm ²	
UC3	0.20	0.20	0.09	0.09	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.33	0.33	
UCd1	0.33	0.33	0.14	0.14	
UClas	0.20	0.20	0.28	0.28	
UCdia	0.33	0.33	0.33	0.33	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.20		0.28		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.28 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.3.44 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \quad \text{Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \quad \text{N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \quad \text{N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \quad \text{N/mm} > 625.7 \quad \text{N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \quad \text{Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-53.19| * 0.01 * 14.4 = 7.6 \quad \text{Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} = \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}}} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716 \cdot 2} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$\text{kor} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.7 / 0.95) = 79.6 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 79.6 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-129.53| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 94.4 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 91
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -8429 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-8429| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.9.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-53164	1722	18109	144336	9054	144903
25.60	-37767	1727	-15703	102785	-7851	103383
25.60	-37402	1706	15651	101790	7826	102390
38.40	-53454	1701	-18160	145108	-9080	145675

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb} \quad \text{met } F_t \geq 0 \text{ N}$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \text{ max} = 145675 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \text{ max} = 203328 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $145675 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.9.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-53164	1722	18109	0	9054	12805
25.60	-37767	1727	-15703	0	-7851	11103
25.60	-37402	1706	15651	0	7826	11067
38.40	-53454	1701	-18160	0	-9080	12841

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo} \quad \text{met } F_t \geq 0 \text{ N}$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \text{ max} = 12841 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \text{ max} = 90432 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $12841 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.3.53 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 145.1$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $145.1 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0.0 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.3.54 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.9.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
12.80	-53164	1722	18109	130530	0	0.51	0.07
25.60	-37767	1727	-15703	92977	0	0.37	0.06
25.60	-37402	1706	15651	92977	0	0.37	0.06
38.40	-53454	1701	-18160	131226	0	0.52	0.07

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 131226 \cdot 25.0 = 1640 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $1640 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.3.55 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.9.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	87.24	0.00	87.24	100.74	0.48	0.30
verticaal	81.09	7.10	81.09	93.73	0.45	0.28
schotjes	81.09	7.10	81.09	93.73	0.45	0.28
kopplaat horizontaal	92.73	0.00	92.73	107.08	0.52	0.32
verticaal	87.01	6.61	87.01	100.55	0.48	0.30
schotjes	5.72	100.47	5.72	58.38	0.28	0.02

Controle: $0.52 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Tabel 3.9.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	12.10	0.00	12.10	13.97	0.07	0.04
verticaal	0.00	13.97	0.00	8.07	0.04	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	12.10	0.00	12.10	13.97	0.07	0.04
verticaal	0.00	13.97	0.00	8.07	0.04	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.07 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.4 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.9.4.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn	Normaal- krachtenlijn	Dwars- krachtenlijn
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)	N(x) in [N] (+ = trek)	Q(x) in [N] (+ = ~~~)
0.00 - 3.20	-3909 34176	1530 1530	12971 10840
3.20 - 6.40	34182 38489	1540 1540	2411 280
6.40 - 9.60	38500 9014	1535 1535	-8149 -10280
9.60 - 12.80	9030 -54270	1514 1514	-18709 -20841
38.40 - 41.60	-53815 9158	1401 1401	20751 18621
41.60 - 44.80	9160 38364	1422 1422	10192 8060
44.80 - 48.00	38371 33782	1427 1427	-369 -2500
48.00 - 51.20	33794 -4601	1417 1417	-10929 -13060

3.9.4.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - $u_{vtoel} = 12800 / 250 < 30.0 \text{ mm}$, dus: $u_{vtoel} = 30.0 \text{ mm}$

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 12.27 \text{ mm}$

- Controle van de 1e rij tralies:

Doorbuiging: $12.3 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm}$, dus: voldoet.

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.4.2 Controle van de bovenrand:

3.9.4.2.1 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.9.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.9.4.2: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)	Systeem- lengte
x in [m] Spant		[mm]
0.00 - 3.20	10299 -82591	3199
3.20 - 6.40	-82600 -93105	3200
6.40 - 9.60	-93134 -21219	3200
9.60 - 12.80	-21267 133124	3201
38.40 - 41.60	131957 -21636	3199
41.60 - 44.80	-21632 -92859	3200
44.80 - 48.00	-92874 -81681	3200
48.00 - 51.20	-81717 11931	3201

3.9.4.22 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.9.4.22:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	10299 -82591	e-z	0.840	0.578	1849	1	0.28	0.36
3.20- 6.40	-82600 -93105	z-z	0.844	0.821	2627	1	0.32	0.49
6.40- 9.60	-93134 -21219	z-z	0.844	0.674	2157	1	0.32	0.43
9.60-12.80	-21267 133124	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.07	0.09
12.80-16.00	131957 -21636	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.07	0.09
16.00-19.20	-21632 -92859	z-z	0.844	0.675	2161	1	0.32	0.43
19.20-22.40	-92874 -81681	z-z	0.844	0.820	2622	1	0.32	0.49
22.40-25.60	-81717 11931	z-e	0.840	0.572	1830	1	0.28	0.35

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,dare} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.83 - 0.2) * (|-93105| / (0.645 * 291834 / 1.0))) = 1.18$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-93105| / (0.645 * 291834 / 1.0))) = 1.26$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.18, 1.26) = 1.18$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.71$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-93105| / (0.645 * 291834 / 1.0) + 1.18 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.495 + 0.000 = 0.495$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-93105| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.71 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.343 + 0.000 = 0.343$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.495, 0.343) = 0.495$$

- controle: 0.49 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.4.23 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -93134 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z.2} &= C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdarel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-93134| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.94 \\ K_{z.3} &= C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-93134| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.15 \\ K_{z.b} &= \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.94, 1.15) = 0.94 \\ K_{y.b} &= 0.6 * K_{z.b} = 0.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ &= |-93134| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.94 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0) \\ &= 0.343 + 0.000 = 0.343 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ &= |-93134| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0) \\ &= 0.319 + 0.000 = 0.319 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.343, 0.319) = 0.343$$

- controle: $0.34 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.4.24 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-93134|}{291834} = 0.32$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 133124 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|133124|}{291834} = 0.46$$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.46 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.4.3 Controle van de onderrand:

3.9.4.31 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.9.4.3: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.9.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.9.4.3: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 3.20	-8769 84121	3199
3.20 - 6.40	84141 94645	3200
6.40 - 9.60	94669 22753	3200
9.60 - 12.80	22782 -131610	3201
12.80 - 16.00	-130556 23037	3199
16.00 - 19.20	23053 94281	3200
19.20 - 22.40	94302 83109	3200
22.40 - 25.60	83134 -10514	3201

3.9.4.32 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.9.4.32:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte [mm]	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$				
0.00-3.20	-8769 84121	e-z	0.851	0.705	2254	1	0.03	0.04
3.20-6.40	84141 94645	z-m	0.855	0.717	2296	1	0.45	0.64
6.40-9.60	94669 22753	m-z	0.855	0.716	2291	1	0.45	0.63
9.60-12.80	22782 -131610	z-e	0.851	0.705	2256	1	0.04	0.05

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.72 - 0.2) * (|-131610| / (0.710 * 291834 / 1.0))) = 1.20$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-131610| / (0.710 * 291834 / 1.0))) = 1.36$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.20, 1.36) = 1.20$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.72$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-131610| / (0.710 * 291834 / 1.0) + 1.20 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.635 + 0.000 = 0.635$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-131610| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.72 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.453 + 0.000 = 0.453$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.635, 0.453) = 0.635$$

- controle: 0.64 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.4.33 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -131610 + |-20841|/\tan(49.1) = -113585 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 \cdot l_{veld} = 0.50 \cdot 640 = 320 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.21 - 0.2) \cdot (|-113585| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.40$
 $K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-113585| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.53$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.53) = 0.40$
 $K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.24$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-113585| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.40 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.391 + 0.000 = 0.391$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-113585| / (1.000 \cdot 291834 / 1.0) + 0.24 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.389 + 0.000 = 0.389$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.391, 0.389) = 0.391$

- controle: $0.39 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.4.34 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-131610|}{291834} = 0.45$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 94669 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|94669|}{291834} = 0.32$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.45 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.4.4 Controle van de diagonalen:

3.9.4.4.1 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : Qddmaxd = -20841 N (zie tabel 3.9.4.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: Fpunt = 0.00 * max(1250, 1000) + 1.00 * 0 = 0 N

- Res.diag.drukkkracht: Nddiagd = $\frac{Qddmaxd - Fpunt/2}{\sin(\alpha)}$ = $\frac{-20841 - 0}{\sin(49.1)} = -27554$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

UCsterkte = $\frac{|NEd|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} = \frac{|-27554|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.251$

controle: 0.251 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

Sigma: $\frac{|NEd|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} = \frac{|-27554|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 74.8$ N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 74.8 / 235.0 = 0.318

controle: 0.318 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

Ky.2 = Cmy * (1.0 + (lambdarel.y - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-27554| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41
 Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-27554| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.48
 Ky.b = Min(Ky.2, Ky.3) = Min(0.41, 0.48) = 0.41
 Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.25

UCstab.1 = $\frac{|NEd|}{(Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0)}$
 = $\frac{|-27554|}{(0.949 * 109643 / 1.0) + 0.41 * |0.0| / (1.00 * 1054.0 / 1.0)}$
 = 0.265 + 0.000 = 0.265

UCstab.2 = $\frac{|NEd|}{(Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0)}$
 = $\frac{|-27554|}{(0.949 * 109643 / 1.0) + 0.25 * |0.0| / (1.00 * 1054.0 / 1.0)}$
 = 0.265 + 0.000 = 0.265

Maatgevend: UCstab.b = max(UCstab.1, UCstab.2) = max(0.265, 0.265) = 0.265

controle: 0.265 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.4.42 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 20841$ N (zie tabel 3.9.4.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

- Res.diag.trekkracht: $N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{20841 + 0}{\sin(49.1)} = 27554$ N

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{27554}{63685} = 0.433$

- UC-Trek : $0.433 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 10280$ N (zie tabel 3.9.4.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

- Res. diagonaaldrukkracht: $N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-10280}{\sin(49.1)} = -13591$ N

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{13591}{104000} = 0.131$

- UC-Druk : $0.131 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.4.43 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -27554 N			Nd = - 13591 N		
Nt = 0 N			Nt = 27554 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 18024 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 20841 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 18024 N			Fsdev = 8891 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	39.81 N/mm ²	39.81 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	48.69 N/mm ²	48.69 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	39.81 N/mm ²	39.81 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	66.96 N/mm ²	66.96 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.32	0.32	
UC2	0.00	0.00	0.14	0.14	
SgmWsd	48.69 N/mm ²	48.69 N/mm ²	24.02 N/mm ²	24.02 N/mm ²	
UC3	0.23	0.23	0.12	0.12	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.38	0.38	
UCd1	0.38	0.38	0.19	0.19	
UClas	0.23	0.23	0.32	0.32	
UCdia	0.38	0.38	0.38	0.38	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.23		0.32		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.32 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.4.44 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand

Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.

- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{vspan}{Eozk * Iozk} + \frac{hspan}{Egv * Igv} + \frac{kap}{Gbr * Itor * 2} = \frac{100}{210000 * 299160} + \frac{450}{210000 * 1083901} + \frac{3200}{80769 * 717716 * 2} = 31.17 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \quad \text{Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \quad \text{N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: kcr = 625.7 N/mm

- Controle: 3884.6 N/mm > 625.7 N/mm, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \quad \text{Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-93.13| * 0.01 * 14.4 = 13.4 \quad \text{Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{\text{koz}k} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{\text{Gbr} \cdot I_{\text{tbr}} \cdot 2} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716 \cdot 2} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$\text{kor} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: kcr = 115.5 N/mm (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.6 / 0.95) = 77.2 \text{ N/mm}$$

- Controle: 135.6 N/mm > 77.2 N/mm, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-131.61| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 95.9 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 105
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -8429 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-8429| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.4.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.9.4.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-3909	1530	12971	11314	6485	14565
12.80	-54270	1514	-20841	147217	-10420	147953
38.40	-53815	1401	20751	145932	10375	146668
51.20	-4601	1417	-13060	13126	-6530	16049

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 147953$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $147953 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.9.4.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-3909	1530	12971	0	6485	9172
12.80	-54270	1514	-20841	0	-10420	14737
38.40	-53815	1401	20751	0	10375	14673
51.20	-4601	1417	-13060	0	-6530	9235

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 14737$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $14737 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.4.53 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 147.2$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $147.2 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0.0 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.4.54 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.9.4.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
0.00	-3909	1530	12971	10299	0	0.06	0.05
12.80	-54270	1514	-20841	133124	0	0.53	0.08
38.40	-53815	1401	20751	131957	0	0.52	0.08
51.20	-4601	1417	-13060	11931	0	0.07	0.05

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 133124 \cdot 25.0 = 1664 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $1664 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.9.4.55 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.9.4.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	89.32	0.00	89.32	103.14	0.50	0.31
verticaal	82.27	8.15	82.27	95.11	0.46	0.29
schotjes	82.27	8.15	82.27	95.11	0.46	0.29
kopplaat horizontaal	94.84	0.00	94.84	109.51	0.53	0.33
verticaal	88.27	7.58	88.27	102.02	0.49	0.31
schotjes	6.57	101.93	6.57	59.33	0.29	0.02

Controle: $0.53 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Tabel 3.9.4.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	13.89	0.00	13.89	16.03	0.08	0.05
verticaal	0.00	16.03	0.00	9.26	0.04	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	13.89	0.00	13.89	16.03	0.08	0.05
verticaal	0.00	16.03	0.00	9.26	0.04	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.08 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 3200 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 5432 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r1 = 800 / bkg < 2.0$;
 $800 / 800 = 1.00$, dus $r1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r2 = 1125 / bd < 2.0$;
 $1125 / 1125 = 1.00$, dus $r2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r1 < 50.0$ mm;
 $3200 / 100 * 1.00 = 40.0$ mm, dus ugevel = 65.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4500 * 1.00 = 30.0$ mm, dus udek = 70.1 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 65.0 + 70.1 = 65.2 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(42.7 , 0.1 , 60.0) = 128.0 mm

3.10 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.1 Berekening van de belastingen per tralie:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 140)$ = 140 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.50$ = 315 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
 - Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(1250, 1000) + 1.00 * 0$ = 0 N
 - Gewasbelasting : $(1.00 * 0)$ = 0 N/m²
 - Installaties : $(1.00 * 100)$ = 100 N/m²
 - Windbelasting : $(1.00 * 533 * 0.98)$ = 520 N/m²
- (fCdim = Cdim; lr*Cdim; par/Cdim = 0.83 * 0.85 / 0.72 = 0.98)

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.02 * 140)$ = 143 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.02 * 70) * 4.50$ = 322 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.02 * 215.9)$ = 220.5 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.02 * 215.9)$ = 220.5 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(1250, 1000) + 1.02 * 0$ = 0 N
 - Gewasbelasting : $(1.28 * 0)$ = 0 N/m²
 - Installaties : $(1.02 * 100)$ = 102 N/m²
 - Windbelasting : $(1.28 * 533)$ = 679 N/m²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop * = zwevende goot 1e rij tralies
 Knoop * = middenkolom

- Horizontale belasting:
 - $F_{k,hor} = (3.200 - 0.5 * 2.875) * (679 * (+0.60 - (-0.30))) * 4.50 = 5918 \text{ N}$
- Verticale belasting:
 - $F_{vg} = \text{eigen gewicht goot} = (1.02 * 70) * 4.50 = 322 \text{ N}$
 - $F_{k,vert} = -0.5 * F_{vg}$
 - $F^*,_{vert} \text{ t.p.v. een goot} = F_{vg}$

3.10.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.10.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

		- -+- + Tekenafspreek									
		+									
gevel *	*°\	\	/°\	\	/°\...	/°\	\	/°*	*		
druk +	1e kap	2e kap		middenkappen	x aantal hor.		eindkap +	zuig	de kas		
+0.60	+0.30	-1.00	-0.70	-0.50	-0.40	-0.40..x0	-0.40	-0.40	+0.30	-0.30	

3.10.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.02
Installaties	1.00	1.02
Sneeuw	0.00	0.00
Wind	1.00	1.28
gewas	1.00	1.28

3.10.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas	
		= 1.00*450.0 + 1.00*215.9 + 1.00*0.0	qtral = 666.0 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*sin(dek)	
		= [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 272.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*cos(dek)	
		= [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 472.5 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(+0.30--0.30)	qdek.L1 = 1910.3 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-1.00--0.30)	qdek.L2 = -1204.9 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.70--0.30)	qdek.L3 = -486.0 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.50--0.30)	qdek.L4 = -6.8 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Lm1 = 232.9 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Lm2 = 232.9 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Le1 = 232.9 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Le2 = 232.9 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*1.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.70	FhwCpf = 175 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.00*4267.6*(0.6 --0.3)*0.70 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 3702 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*3400.7*(0.6 --0.3)	Fhw.fh = 3061 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.00*4267.6*(0.3 +-0.3)*0.70 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*3400.7*(0.3 +-0.3)	Fhw.fh = 0 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.02*450.0 + 1.02*215.9 + 1.28*0.0	qtral = 680.1 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.02*157.5	Fgt.s = 161 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.02*315.0	Fgt.m = 322 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.02*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 278.6 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.02*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 482.6 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 482.6 + 1.28*2396.3*(+0.30--0.30)	qdek.L1 = 2315.8 N/m
	- 2e kaphelft	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-1.00--0.30)	qdek.L2 = -1656.2 N/m
	- 3e kaphelft	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.70--0.30)	qdek.L3 = -739.6 N/m
	- 4e kaphelft	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.50--0.30)	qdek.L4 = -128.5 N/m
	- Middenkap links	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Lm1 = 177.0 N/m
	- Middenkap rechts	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Lm2 = 177.0 N/m
	- Eindkap links	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Le1 = 177.0 N/m
	- Eindkap Rechts	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Le2 = 177.0 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*1.28*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.72	FhwCpf = 229 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.28*4267.6*(0.6 --0.3)*0.72 + 1*1.02*1000	Fhw.gt = 4547 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.28*3400.7*(0.6 --0.3)	Fhw.fh = 3902 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.28*4267.6*(0.3 +-0.3)*0.72 + 1*1.02*1000	Fhw.gt = 1021 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.28*3400.7*(0.3 +-0.3)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.10.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen			
	Rekentoestand		Oplegreacties				gebruikstoestand			U_lijn
			X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn	
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn	
	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.		
1	-0.011	0.000	3902	0	-5762	4488			0.000	
2	-0.006	1.438							0.000	
3	-0.001	2.670							0.000	
6	0.000	3.200	0	-161					0.000	
7	1.600	4.124							0.000	
8	3.200	3.200	0	-322					0.000	
9	4.800	4.124							0.000	
10	6.400	3.200	0	-322					0.000	
11	8.000	4.124							0.000	
12	9.600	3.200	0	-322					0.000	
13	11.200	4.124	229	0					0.000	
4	0.000	2.875	5918	0			36.84	-0.19	0.000	
14	0.319	2.875					36.84	-1.12	0.923	
15	1.599	2.875					36.83	-4.50	4.290	
16	3.199	2.875					36.81	-7.63	7.406	
17	4.799	2.875					36.79	-9.18	8.939	
18	6.399	2.875					36.77	-9.00	8.738	
19	7.999	2.875					36.75	-7.26	6.990	
20	9.599	2.875					36.73	-4.56	4.273	
21	11.199	2.875					36.71	-1.79	1.484	
22	12.479	2.875					36.70	-0.44	0.115	
23	12.789	0.000			-2201	15206			0.000	
24	12.794	1.438							0.000	
25	12.799	2.670							0.000	
28	12.800	3.200	0	-322					0.000	
29	14.400	4.124	229	0					0.000	
30	16.000	3.200	0	-322					0.000	
31	17.600	4.124	229	0					0.000	
32	19.200	3.200	0	-322					0.000	
33	20.800	4.124	229	0					0.000	
34	22.400	3.200	0	-322					0.000	
35	24.000	4.124	229	0					0.000	
26	12.800	2.875					36.69	-0.32	0.000	
36	13.119	2.875					36.69	-0.31	-0.012	
37	14.399	2.875					36.68	-0.92	0.604	
38	15.999	2.875					36.66	-2.40	2.084	
39	17.599	2.875					36.65	-3.67	3.360	
40	19.199	2.875					36.63	-4.15	3.839	
41	20.799	2.875					36.62	-3.60	3.293	
42	22.399	2.875					36.60	-2.28	1.977	
43	23.999	2.875					36.59	-0.81	0.511	
44	25.279	2.875					36.58	-0.26	-0.039	
45	25.589	0.000			-2155	13721			0.000	
46	25.594	1.438							0.000	
47	25.599	2.670							0.000	
50	25.600	3.200	0	-322					0.000	
51	27.200	4.124	229	0					0.000	
52	28.800	3.200	0	-322					0.000	
53	30.400	4.124	229	0					0.000	
54	32.000	3.200	0	-322					0.000	
55	33.600	4.124	229	0					0.000	
56	35.200	3.200	0	-322					0.000	
57	36.800	4.124	229	0					0.000	
48	25.600	2.875					36.57	-0.30	0.000	
58	25.919	2.875					36.57	-0.41	0.113	
59	27.199	2.875					36.56	-1.32	1.018	
60	28.799	2.875					36.55	-2.78	2.477	
61	30.399	2.875					36.54	-3.77	3.457	
62	31.999	2.875					36.53	-3.84	3.523	
63	33.599	2.875					36.52	-2.92	2.603	
64	35.199	2.875					36.51	-1.43	1.110	
65	36.799	2.875					36.49	-0.15	-0.179	
66	38.079	2.875					36.48	-0.10	-0.226	
67	38.389	0.000			-2062	15749			0.000	
68	38.394	1.438							0.000	
69	38.399	2.670							0.000	
72	38.400	3.200	0	-322					0.000	

73	40.000	4.124	229	0				0.000
74	41.600	3.200	0	-322				0.000
75	43.200	4.124	229	0				0.000
76	44.800	3.200	0	-322				0.000
77	46.400	4.124	229	0				0.000
78	48.000	3.200	0	-322				0.000
79	49.600	4.124						0.000
80	38.400	2.875			36.48	-0.33		0.000
81	38.719	2.875			36.48	-0.65		0.330
82	39.999	2.875			36.47	-2.65		2.333
83	41.599	2.875			36.47	-5.75		5.454
84	43.199	2.875			36.46	-8.36		8.081
85	44.799	2.875			36.45	-9.68		9.416
86	46.399	2.875			36.44	-9.28		9.028
87	47.999	2.875			36.44	-7.21		6.967
88	49.599	2.875			36.43	-3.88		3.654
89	50.879	2.875			36.42	-0.92		0.705
90	51.189	0.000	0	0	-2469	6638		0.000
91	51.194	1.438						0.000
92	51.199	2.670						0.000
93	51.200	2.875	-1021	0				0.000
94	51.201	3.080						
94	51.200	3.200	0	-161		36.42	-0.21	

Tabel 3.10.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaf nr.	Profiel			B	E	G	I	N		E	I	N	D
		X-as	Y-as	Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment				
		[N/m]	[N/m]	[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]				
		Horizontaal	Verticaal										
1	RHBK100*100*3.			-4481	1874	-0				-4481	1874		2694
2	RHBK100*100*3.			-4480	1878	2694				-4480	1878		5009
3	RHBK100*100*3.			-4481	1874	5009				-4481	1874		5393
4	RHBK100*100*3.			-2001	1082	-350				-2001	1082		-128
5	RHBK100*100*3.			-2011	1064	-128				-2011	1064		0
6	RHBK80*50*3.0			560	2265	-736				560	2265		-0
7	RHBK80*50*3.0			-591	-850	276				-591	-850		-0
8	RHBK80*50*3.0			-1336	125	-41				-1336	125		0
9	Roede dek	-278.6	-2315.8	10	2135	0				524	-2143		-8
10	Roede dek	278.6	1656.2	-1594	-1526	-8				-2109	1534		0
11	Roede dek	-278.6	739.6	17	-683	0				532	683		0
12	Roede dek	278.6	128.5	858	-119	0				343	119		0
13	Roede dek	-278.6	-177.0	-802	161	0				-288	-166		-5
14	Roede dek	278.6	-177.0	-288	166	-5				-802	-161		0
15	Roede dek	-278.6	-177.0	-665	164	0				-151	-163		1
16	Roede dek	278.6	-177.0	-415	163	1				-929	-164		0
17	1e tralie	0.0	-680.1	-5135	2483	5743				-5135	2266		6500
18	1e tralie	0.0	-680.1	-5135	2266	6500				-5135	1395		8843
19	1e tralie	0.0	-680.1	-5135	1395	8843				-5135	307		10204
20	1e tralie	0.0	-680.1	-7401	859	10940				-7401	-229		11445
21	1e tralie	0.0	-680.1	-7401	-229	11445				-7401	-1317		10208
22	1e tralie	0.0	-680.1	-6549	-1905	9932				-6549	-2993		6013
23	1e tralie	0.0	-680.1	-6549	-2993	6013				-6549	-4081		353
24	1e tralie	0.0	-680.1	-6670	-5418	394				-6670	-6507		-9146
25	1e tralie	0.0	-680.1	-6670	-6507	-9146				-6670	-7377		-18032
26	1e tralie	0.0	-680.1	-6670	-7377	-18032				-6670	-7596		-20435
27	RHBK100*100*3.			-15199	2252	0				-15199	2252		3237
28	RHBK100*100*3.			-15197	2265	3237				-15197	2265		6029
29	RHBK100*100*3.			-15199	2252	6029				-15199	2252		6490
30	RHBK100*100*3.			-1402	232	-74				-1402	232		-26
31	RHBK100*100*3.			-1404	219	-26				-1404	219		0
32	RHBK80*50*3.0			-1402	228	-74				-1402	228		-0
33	RHBK80*50*3.0			-1402	234	-76				-1402	234		-0
34	RHBK80*50*3.0			-1402	239	-78				-1402	239		0
35	Roede dek	-278.6	-177.0	-667	163	0				-152	-164		-1
36	Roede dek	278.6	-177.0	-416	164	-1				-931	-163		0
37	Roede dek	-278.6	-177.0	-671	161	0				-156	-166		-5
38	Roede dek	278.6	-177.0	-420	166	-5				-935	-161		0
39	Roede dek	-278.6	-177.0	-671	161	0				-156	-166		-5
40	Roede dek	278.6	-177.0	-420	166	-5				-935	-161		0
41	Roede dek	-278.6	-177.0	-666	163	0				-151	-164		-0
42	Roede dek	278.6	-177.0	-415	164	-0				-930	-163		0
43	2e tralie	0.0	-680.1	-4695	6208	-13871				-4695	5991		-11926
44	2e tralie	0.0	-680.1	-4695	5991	-11926				-4695	5121		-4815

45	2e tralie	0.0	-680.1	-4695	5121	-4815	-4695	4032	2508
46	2e tralie	0.0	-680.1	-4919	2629	2582	-4919	1541	5918
47	2e tralie	0.0	-680.1	-4919	1541	5918	-4919	453	7514
48	2e tralie	0.0	-680.1	-5148	-950	7590	-5148	-2038	5199
49	2e tralie	0.0	-680.1	-5148	-2038	5199	-5148	-3126	1068
50	2e tralie	0.0	-680.1	-5382	-4529	1146	-5382	-5617	-6972
51	2e tralie	0.0	-680.1	-5382	-5617	-6972	-5382	-6488	-14719
52	2e tralie	0.0	-680.1	-5382	-6488	-14719	-5382	-6706	-16837
53	RHBK100*100*3.			-13714	2200	-0	-13714	2200	3163
54	RHBK100*100*3.			-13712	2212	3163	-13712	2212	5890
55	RHBK100*100*3.			-13714	2200	5890	-13714	2200	6341
56	RHBK100*100*3.			-1402	232	-74	-1402	232	-26
57	RHBK100*100*3.			-1404	219	-26	-1404	219	-0
58	RHBK80*50*3.0			-1402	229	-75	-1402	229	0
59	RHBK80*50*3.0			-1402	234	-76	-1402	234	-0
60	RHBK80*50*3.0			-1402	239	-78	-1402	239	0
61	Roede dek	-278.6	-177.0	-668	163	0	-153	-164	-2
62	Roede dek	278.6	-177.0	-417	164	-2	-932	-163	0
63	Roede dek	-278.6	-177.0	-671	161	0	-156	-166	-5
64	Roede dek	278.6	-177.0	-420	166	-5	-935	-161	0
65	Roede dek	-278.6	-177.0	-670	161	0	-155	-166	-4
66	Roede dek	278.6	-177.0	-419	166	-4	-934	-161	0
67	Roede dek	-278.6	-177.0	-665	164	0	-150	-163	1
68	Roede dek	278.6	-177.0	-414	163	1	-929	-164	0
69	2e tralie	0.0	-680.1	-3454	5612	-10423	-3454	5395	-8667
70	2e tralie	0.0	-680.1	-3454	5395	-8667	-3454	4524	-2319
71	2e tralie	0.0	-680.1	-3454	4524	-2319	-3454	3436	4050
72	2e tralie	0.0	-680.1	-3679	2033	4124	-3679	945	6507
73	2e tralie	0.0	-680.1	-3679	945	6507	-3679	-143	7149
74	2e tralie	0.0	-680.1	-3909	-1546	7225	-3909	-2634	3881
75	2e tralie	0.0	-680.1	-3909	-2634	3881	-3909	-3722	-1204
76	2e tralie	0.0	-680.1	-4143	-5125	-1126	-4143	-6213	-10197
77	2e tralie	0.0	-680.1	-4143	-6213	-10197	-4143	-7084	-18707
78	2e tralie	0.0	-680.1	-4143	-7084	-18707	-4143	-7302	-21017
79	RHBK100*100*3.			-15742	2114	-0	-15742	2114	3039
80	RHBK100*100*3.			-15740	2128	3039	-15740	2128	5662
81	RHBK100*100*3.			-15742	2114	5662	-15742	2114	6095
82	RHBK100*100*3.			-1402	231	-74	-1402	231	-26
83	RHBK100*100*3.			-1404	218	-26	-1404	218	0
84	RHBK80*50*3.0			-1402	227	-74	-1402	227	-0
85	RHBK80*50*3.0			-1402	232	-76	-1402	232	-0
86	RHBK80*50*3.0			-1468	124	-40	-1468	124	-0
87	Roede dek	-278.6	-177.0	-667	163	0	-152	-164	-1
88	Roede dek	278.6	-177.0	-416	164	-1	-931	-163	0
89	Roede dek	-278.6	-177.0	-672	160	0	-157	-167	-6
90	Roede dek	278.6	-177.0	-421	167	-6	-936	-160	0
91	Roede dek	-278.6	-177.0	-673	160	0	-158	-167	-7
92	Roede dek	278.6	-177.0	-422	167	-7	-937	-160	0
93	Roede dek	-278.6	-177.0	-801	162	0	-286	-165	-3
94	Roede dek	278.6	-177.0	-286	165	-3	-801	-162	0
95	1e tralie	0.0	-680.1	-2308	7044	-14848	-2308	6827	-12637
96	1e tralie	0.0	-680.1	-2308	6827	-12637	-2308	5956	-4456
97	1e tralie	0.0	-680.1	-2308	5956	-4456	-2308	4868	4204
98	1e tralie	0.0	-680.1	-2531	3465	4278	-2531	2377	8951
99	1e tralie	0.0	-680.1	-2531	2377	8951	-2531	1289	11884
100	1e tralie	0.0	-680.1	-2758	-114	11959	-2758	-1202	10906
101	1e tralie	0.0	-680.1	-2758	-1202	10906	-2758	-2291	8111
102	1e tralie	0.0	-680.1	-2877	-3759	8152	-2877	-4848	1266
103	1e tralie	0.0	-680.1	-2877	-4848	1266	-2877	-5718	-5496
104	1e tralie	0.0	-680.1	-2877	-5718	-5496	-2877	-5937	-7367
105	RHBK100*100*3.			-6630	2491	-0	-6630	2491	3581
106	RHBK100*100*3.			-6628	2497	3581	-6628	2497	6658
107	RHBK100*100*3.			-6630	2491	6658	-6630	2491	7168
108	RHBK100*100*3.			-699	615	-199	-699	615	-73
109	RHBK100*100*3.			-705	609	-73	-705	609	-0

3.10.3 De krachtsverdeling in de 2e rij tralies:

Tabel 3.10.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m]	M(x) in [Nm]		N(x) in [N]		Q(x) in [N]	
begin - eind	(+ = U/- =)		(+ = trek)		(+ = ~~~)	
12.80 - 16.00	-13871	2508	-4695	-4695	6208	4032
16.00 - 19.20	2582	7514	-4919	-4919	2629	453
19.20 - 22.40	7590	1068	-5148	-5148	-950	-3126
22.40 - 25.60	1146	-16837	-5382	-5382	-4529	-6706
25.60 - 28.80	-10423	4050	-3454	-3454	5612	3436
28.80 - 32.00	4124	7149	-3679	-3679	2033	-143
32.00 - 35.20	7225	-1204	-3909	-3909	-1546	-3722
35.20 - 38.40	-1126	-21017	-4143	-4143	-5125	-7302

3.10.3.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:

- uvtoel = $12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: uvtoel = 30.0 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 3.84$ mm

- Controle van de 2e rij tralies:

Doorbuiging: $|3.8|$ mm < 30.0 mm, dus: voldoet.

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.3.2 Controle van de bovenrand:

3.10.3.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.10.3.1)
 met: Effectieve spanhoogte: 410.0 mm

Tabel 3.10.32: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N]		Systeem- lengte
x in [m]	(trek = positief)	Spant	[mm]
12.80 - 16.00	31485	-8464	3199
16.00 - 19.20	-8757	-20786	3200
19.20 - 22.40	-21086	-5179	3200
22.40 - 25.60	-5485	38375	3201
25.60 - 28.80	23694	-11604	3199
28.80 - 32.00	-11898	-19275	3200
32.00 - 35.20	-19576	983	3200
35.20 - 38.40	675	49189	3201

3.10.3.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.10.3.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfc staaf- lengte	Knk- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	31485 -8464	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.03	0.04
16.00-19.20	-8757 -20786	z-z	0.844	0.720	2305	1	0.07	0.10
19.20-22.40	-21086 -5179	z-z	0.844	0.679	2171	1	0.07	0.10
22.40-25.60	-5485 38375	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.02	0.02
25.60-28.80	23694 -11604	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.04	0.05
28.80-32.00	-11898 -19275	z-z	0.844	0.764	2446	1	0.07	0.10
32.00-35.20	-19576 983	z-z	0.844	0.602	1925	1	0.07	0.09

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{dare} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.73 - 0.2) * (|-20786| / (0.708 * 291834 / 1.0))) = 0.95 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-20786| / (0.708 * 291834 / 1.0))) = 0.97 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.95, 0.97) = 0.95 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.57
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-20786| / (0.708 * 291834 / 1.0) + 0.95 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.101 + 0.000 = 0.101 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-20786| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.57 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.076 + 0.000 = 0.076
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.101, 0.076) = 0.101$$

- controle: 0.10 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -21086 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-21086| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.91$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-21086| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.96$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.91, 0.96) = 0.91$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.55$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-21086| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.91 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.078 + 0.000 = 0.078$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-21086| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.072 + 0.000 = 0.072$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.078, 0.072) = 0.078$

- controle: $0.08 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-21086|}{291834} = 0.07$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 49189 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|49189|}{291834} = 0.17$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.17 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.3.3 Controle van de onderrand:

3.10.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.10.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.10.3.1)
 - met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.10.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
12.80 - 16.00	-36181 3768	3199
16.00 - 19.20	3837 15867	3200
19.20 - 22.40	15937 31	3200
22.40 - 25.60	103 -43757	3201
25.60 - 28.80	-27148 8150	3199
28.80 - 32.00	8220 15597	3200
32.00 - 35.20	15667 -4891	3200
35.20 - 38.40	-4819 -53333	3201

3.10.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.10.3.3:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	-36181 3768	m-z	0.855	0.743	2375	1	0.12	0.18
22.40-25.60	103 -43757	z-m	0.855	0.778	2491	1	0.15	0.22
25.60-28.80	-27148 8150	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.09	0.13
32.00-35.20	15667 -4891	z-z	0.856	0.708	2266	1	0.02	0.02
35.20-38.40	-4819 -53333	z-m	0.855	0.809	2591	1	0.18	0.28

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{darel.y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.82 - 0.2) * (|-53333| / (0.652 * 291834 / 1.0))) = 1.06$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-53333| / (0.652 * 291834 / 1.0))) = 1.10$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.06, 1.10) = 1.06$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.63$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-53333| / (0.652 * 291834 / 1.0) + 1.06 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.280 + 0.000 = 0.280$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-53333| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.63 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.184 + 0.000 = 0.184$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.280, 0.184) = 0.280$$

- controle: $0.28 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -53333 + |-7302|/\tan(49.1) = -47017$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld}/2 = 1/4 * 0 * 640 /2 = 0$ E3 Nmm
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v * q_{gew} * h_{ohgew} + \gamma * v * q_{tg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.28 * 4.50 * 0 * 0.80 + 1.02 * 4.50 * 0 * 1.60 = 0$ N)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 * l_{veld} = 0.50 * 640 = 320$ mm
 ($l_{ky} = l_{veld}/2$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kz.2 = Cmz * (1.0 + (\lambda_{b,dare} \cdot z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + (0.21 - 0.2) * (|-47017| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.40$$

$$Kz.3 = Cmz * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-47017| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.45$$

$$Kz.b = \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.40, 0.45) = 0.40$$

$$Ky.b = 0.6 * Kz.b = 0.24$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-47017| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.162 + 0.000 = 0.162$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-47017| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.161 + 0.000 = 0.161$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.162, 0.161) = 0.162$$

- controle: $0.16 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-53333|}{291834} = 0.18$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 15937$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|15937|}{291834} = 0.05$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.18 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.3.4 Controle van de diagonalen:

3.10.3.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : Qddmaxd = -7302 N (zie tabel 3.10.3.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: Fpunt = 0.00 * max(1250, 1000) + 1.02 * 0 = 0 N

- Res.diag.drukkracht: Nddiagd = $\frac{Qddmaxd - Fpunt/2}{\sin(\alpha)} = \frac{-7302 - 0}{\sin(49.1)} = -9655$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

UCsterkte = $\frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-9655|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.088$

controle: 0.088 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

Sigma: $\frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-9655|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 26.2$ N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 26.2 / 235.0 = 0.111

controle: 0.111 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

Ky.2 = Cmy * (1.0 + (lambdarel.y - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-9655| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.40
 Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-9655| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.43
 Ky.b = Min(Ky.2, Ky.3) = Min(0.40, 0.43) = 0.40
 Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.24

UCstab.1 = $\frac{|N_{Ed}|}{\frac{Chiy * NRk}{1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}}$
 = $\frac{|-9655|}{\frac{0.949 * 109643}{1.0} + 0.40 * \frac{0.0}{1.00 * 1054.0 / 1.0}}$
 = 0.093 + 0.000 = 0.093

UCstab.2 = $\frac{|N_{Ed}|}{\frac{Chiz * NRk}{1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}}$
 = $\frac{|-9655|}{\frac{0.949 * 109643}{1.0} + 0.24 * \frac{0.0}{1.00 * 1054.0 / 1.0}}$
 = 0.093 + 0.000 = 0.093

Maatgevend: UCstab.b = max(UCstab.1, UCstab.2) = max(0.093, 0.093) = 0.093

controle: 0.093 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.3.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 7302$ N (zie tabel 3.10.3.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{7302 + 0}{\sin(49.1)} = 9655 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{9655}{63685} = 0.152$$

- UC-Trek : $0.152 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 3722$ N (zie tabel 3.10.3.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-3722}{\sin(49.1)} = -4921 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{4921}{104000} = 0.047$$

- UC-Druk : $0.047 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -9655 N			Nd = - 4921 N		
Nt = 0 N			Nt = 9655 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 6316 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 7302 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 6316 N			Fsdev = 3219 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	13.95 N/mm ²	13.95 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	17.06 N/mm ²	17.06 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	13.95 N/mm ²	13.95 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	23.46 N/mm ²	23.46 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.11	0.11	
UC2	0.00	0.00	0.05	0.05	
SgmWsd	17.06 N/mm ²	17.06 N/mm ²	8.70 N/mm ²	8.70 N/mm ²	
UC3	0.08	0.08	0.04	0.04	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.13	0.13	
UCd1	0.13	0.13	0.07	0.07	
UClas	0.08	0.08	0.11	0.11	
UCdia	0.13	0.13	0.13	0.13	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.08		0.11		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.11 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.3.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \quad \text{Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \quad \text{N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \quad \text{N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \quad \text{Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-21.09| * 0.01 * 14.4 = 3.0 \quad \text{Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} = \frac{4500}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}}} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.3 / 0.95) = 34.1 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 34.1 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-53.33| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 38.9 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 125
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -1581 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-1581| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.10.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-13871	-4695	6208	35087	3104	35361
25.60	-16837	-5382	-6706	42747	-3353	43009
25.60	-10423	-3454	5612	26400	2806	26697
38.40	-21017	-4143	-7302	54647	-3651	54891

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb} - \frac{M}{hbbout}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 54891$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $54891 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.10.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-13871	-4695	6208	0	3104	4390
25.60	-16837	-5382	-6706	0	-3353	4742
25.60	-10423	-3454	5612	0	2806	3968
38.40	-21017	-4143	-7302	0	-3651	5164

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo} + \frac{M}{hobout}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 5164$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $5164 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 54.6$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $54.6 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0.0 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.10.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
12.80	-13871	-4695	6208	31485	0	0.13	0.02
25.60	-16837	-5382	-6706	38375	0	0.15	0.02
25.60	-10423	-3454	5612	23694	0	0.10	0.02
38.40	-21017	-4143	-7302	49189	0	0.19	0.03

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 49189 \cdot 25.0 = 615 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $615 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.10.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	32.87	0.00	32.87	37.95	0.18	0.11
verticaal	30.40	2.85	30.40	35.14	0.17	0.11
schotjes	30.40	2.85	30.40	35.14	0.17	0.11
kopplaat horizontaal	34.92	0.00	34.92	40.32	0.19	0.12
verticaal	32.62	2.66	32.62	37.69	0.18	0.11
schotjes	2.30	37.66	2.30	21.91	0.11	0.01

Controle: $0.19 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Tabel 3.10.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	4.87	0.00	4.87	5.62	0.03	0.02
verticaal	0.00	5.62	0.00	3.24	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	4.87	0.00	4.87	5.62	0.03	0.02
verticaal	0.00	5.62	0.00	3.24	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.03 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.4 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.10.4.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m]	M(x) in [Nm]		N(x) in [N]		Q(x) in [N]	
begin - eind	(+ = U/- =)		(+ = trek)		(+ = ~~~)	
0.00 - 3.20	5743	10204	-5135	-5135	2483	307
3.20 - 6.40	10940	10208	-7401	-7401	859	-1317
6.40 - 9.60	9932	353	-6549	-6549	-1905	-4081
9.60 - 12.80	394	-20435	-6670	-6670	-5418	-7596
12.80 - 16.00	-14848	4204	-2308	-2308	7044	4868
16.00 - 19.20	4278	11884	-2531	-2531	3465	1289
19.20 - 22.40	11959	8111	-2758	-2758	-114	-2291
22.40 - 25.60	8152	-7367	-2877	-2877	-3759	-5937

3.10.4.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - $u_{\text{vtoel}} = 12800 / 250 < 30.0 \text{ mm}$, dus: $u_{\text{vtoel}} = 30.0 \text{ mm}$

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{\text{max}} = 9.42 \text{ mm}$

- Controle van de 1e rij tralies:

Doorbuiging: $9.4 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm}$, dus: voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.4.2 Controle van de bovenrand:

3.10.4.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.10.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.10.42: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N]		Systeem- lengte
x in [m]	(trek = positief)		[mm]
	Spant		
0.00 - 3.20	-16574	-27456	3199
3.20 - 6.40	-30384	-28599	3200
6.40 - 9.60	-27499	-4136	3200
9.60 - 12.80	-4296	46508	3201
12.80 - 16.00	35061	-11407	3199
16.00 - 19.20	-11699	-30250	3200
19.20 - 22.40	-30548	-21163	3200
22.40 - 25.60	-21321	16531	3201

3.10.4.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.10.4.2:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	-16574 -27456	e-z	0.840	0.758	2424	1	0.09	0.14
3.20- 6.40	-30384 -28599	z-z	0.844	0.832	2662	1	0.10	0.16
6.40- 9.60	-27499 -4136	z-z	0.844	0.655	2095	1	0.09	0.13
9.60-12.80	-4296 46508	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.01	0.02
12.80-16.00	35061 -11407	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.04	0.05
16.00-19.20	-11699 -30250	z-z	0.844	0.712	2279	1	0.10	0.15
19.20-22.40	-30548 -21163	z-z	0.844	0.781	2498	1	0.10	0.16
22.40-25.60	-21321 16531	z-e	0.840	0.556	1780	1	0.07	0.09

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,dare} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.84 - 0.2) * (|-30384| / (0.638 * 291834 / 1.0))) = 0.99 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-30384| / (0.638 * 291834 / 1.0))) = 1.02 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.99, 1.02) = 0.99 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.60
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-30384| / (0.638 * 291834 / 1.0) + 0.99 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.163 + 0.000 = 0.163 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-30384| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.60 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.112 + 0.000 = 0.112
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.163, 0.112) = 0.163$$

- controle: 0.16 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.4.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -30548 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bda} \cdot z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-30548| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.91$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-30548| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.98$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.91, 0.98) = 0.91$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.55$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-30548| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.91 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.112 + 0.000 = 0.112$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-30548| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.105 + 0.000 = 0.105$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.112, 0.105) = 0.112$

- controle: $0.11 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.4.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-30548|}{291834} = 0.10$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 46508 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|46508|}{291834} = 0.16$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.16 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.4.3 Controle van de onderrand:

3.10.4.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.10.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.10.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.10.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 3.20	11439 22321	3199
3.20 - 6.40	22983 21197	3200
6.40 - 9.60	20949 -2413	3200
9.60 - 12.80	-2374 -53177	3201
38.40 - 41.60	-37370 9099	3199
41.60 - 44.80	9168 27719	3200
44.80 - 48.00	27789 18405	3200
48.00 - 51.20	18443 -19408	3201

3.10.4.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.10.4.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
6.40- 9.60	20949 -2413	z-z	0.856	0.708	2266	1	0.01	0.01
9.60-12.80	-2374 -53177	z-m	0.855	0.794	2542	1	0.18	0.28
38.40-41.60	-37370 9099	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.13	0.18
48.00-51.20	18443 -19408	z-e	0.851	0.705	2256	1	0.07	0.09

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,dare} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.80 - 0.2) * (|-53177| / (0.662 * 291834 / 1.0))) = 1.05$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-53177| / (0.662 * 291834 / 1.0))) = 1.10$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.05, 1.10) = 1.05$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.63$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-53177| / (0.662 * 291834 / 1.0) + 1.05 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.275 + 0.000 = 0.275$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-53177| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.63 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.183 + 0.000 = 0.183$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.275, 0.183) = 0.275$$

- controle: $0.28 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.4.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -53177 + |-7596|/\tan(49.1) = -46608 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld}/2 = 1/4 * 0 * 640 /2 = 0 \text{ E3 Nmm}$
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v * q_{gew} * h_{ohgew} + \gamma * v * q_{tg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.28 * 4.50 * 0 * 0.80 + 1.02 * 4.50 * 0 * 1.60 = 0 \text{ N}$)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 * l_{veld} = 0.50 * 640 = 320 \text{ mm}$
 ($l_{ky} = l_{veld}/2$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{m2} * (1.0 + (\lambda_{bdare} l_z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + (0.21 - 0.2) * (|-46608| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{z.3} = C_{m2} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-46608| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.45$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.45) = 0.40$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.24$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-46608| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.160 + 0.000 = 0.160$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-46608| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.160 + 0.000 = 0.160$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.160, 0.160) = 0.160$$

- controle: $0.16 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.4.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-53177|}{291834} = 0.18$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 27789 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|27789|}{291834} = 0.10$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.18 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.4.4 Controle van de diagonalen:

3.10.4.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : Qddmaxd = -7596 N (zie tabel 3.10.4.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: Fpunt = 0.00 * max(1250, 1000) + 1.02 * 0 = 0 N

- Res.diag.drukkkracht: Nddiagd = $\frac{Qddmaxd - Fpunt/2}{\sin(\alpha)}$ = $\frac{-7596 - 0}{\sin(49.1)} = -10042$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

UCsterkte = $\frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10042|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.092$

controle: 0.092 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

Sigma: $\frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10042|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 27.2$ N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 27.2 / 235.0 = 0.116

controle: 0.116 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

Ky.2 = Cmy * (1.0 + (lambdarel.y - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-10042| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.40
 Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-10042| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.43
 Ky.b = Min(Ky.2, Ky.3) = Min(0.40, 0.43) = 0.40
 Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.24

UCstab.1 = $\frac{|N_{Ed}|}{\frac{Chiy * NRk}{1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}}$
 = $\frac{|-10042|}{\frac{0.949 * 109643}{1.0} + 0.40 * \frac{|0.0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}}$
 = 0.097 + 0.000 = 0.097

UCstab.2 = $\frac{|N_{Ed}|}{\frac{Chiz * NRk}{1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}}$
 = $\frac{|-10042|}{\frac{0.949 * 109643}{1.0} + 0.24 * \frac{|0.0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}}$
 = 0.097 + 0.000 = 0.097

Maatgevend: UCstab.b = max(UCstab.1, UCstab.2) = max(0.097, 0.097) = 0.097

controle: 0.097 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.4.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 7596$ N (zie tabel 3.10.4.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{7596 + 0}{\sin(49.1)} = 10042 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{10042}{63685} = 0.158$$

- UC-Trek : $0.158 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 4081$ N (zie tabel 3.10.4.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-4081}{\sin(49.1)} = -5396 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{5396}{104000} = 0.052$$

- UC-Druk : $0.052 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.4.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -10042 N			Nd = - 5396 N		
Nt = 0 N			Nt = 10042 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 6569 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 7596 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 6569 N			Fsdev = 3530 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	14.51 N/mm ²	14.51 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	17.75 N/mm ²	17.75 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	14.51 N/mm ²	14.51 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	24.40 N/mm ²	24.40 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.12	0.12	
UC2	0.00	0.00	0.05	0.05	
SgmWsd	17.75 N/mm ²	17.75 N/mm ²	9.54 N/mm ²	9.54 N/mm ²	
UC3	0.09	0.09	0.05	0.05	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.14	0.14	
UCd1	0.14	0.14	0.07	0.07	
UClas	0.09	0.09	0.12	0.12	
UCdia	0.14	0.14	0.14	0.14	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.09		0.12		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.12 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.4.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \quad \text{Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \quad \text{N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \quad \text{N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \quad \text{Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-30.55| * 0.01 * 14.4 = 4.4 \quad \text{Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} = \frac{450}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}}} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.3 / 0.95) = 33.5 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 33.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-53.18| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 38.8 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 139
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -2011 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-2011| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.4.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.10.4.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	5743	-5135	2483	0	1241	1755
12.80	-20435	-6670	-7596	51814	-3798	52092
38.40	-14848	-2308	7044	38917	3522	39235
51.20	-7367	-2877	-5937	18444	-2968	18916

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N_t \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 * nbb}{hbbout} * M$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 52092$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $52092 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.10.4.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	5743	-5135	2483	12930	1241	13049
12.80	-20435	-6670	-7596	0	-3798	5371
38.40	-14848	-2308	7044	0	3522	4981
51.20	-7367	-2877	-5937	0	-2968	4198

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N_t \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 * nbo}{hobout} * M$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 13049$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $13049 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.4.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 51.8$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $51.8 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 12.9$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $12.9 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.4.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.10.4.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
0.00	5743	-5135	2483	0	11439	0.00	0.10
12.80	-20435	-6670	-7596	46508	0	0.18	0.03
38.40	-14848	-2308	7044	35061	0	0.14	0.03
51.20	-7367	-2877	-5937	16531	0	0.07	0.02

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 46508 \cdot 25.0 = 581 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $581 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 11439 \cdot 25.0 = 143 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $143 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.10.4.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.10.4.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	31.31	0.00	31.31	36.15	0.17	0.11
verticaal	28.74	2.97	28.74	33.23	0.16	0.10
schotjes	28.74	2.97	28.74	33.23	0.16	0.10
kopplaat horizontaal	33.23	0.00	33.23	38.37	0.18	0.12
verticaal	30.84	2.76	30.84	35.64	0.17	0.11
schotjes	2.39	35.61	2.39	20.74	0.10	0.01

Controle: $0.18 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.2: a1) Dead load + Services + Wind + Crop

Tabel 3.10.4.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	17.98	0.00	17.98	20.76	0.10	0.06
verticaal	16.33	1.91	16.33	18.89	0.09	0.06
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	17.98	0.00	17.98	20.76	0.10	0.06
verticaal	16.33	1.91	16.33	18.89	0.09	0.06
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.10 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.2: a1) Dead load + Services + Wind + Crop

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 3200 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 5432 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r1 = 800 / bkg < 2.0$;
 $800 / 800 = 1.00$, dus $r1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r2 = 1125 / bd < 2.0$;
 $1125 / 1125 = 1.00$, dus $r2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r1 < 50.0$ mm;
 $3200 / 100 * 1.00 = 40.0$ mm, dus ugevel = 65.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4500 * 1.00 = 30.0$ mm, dus udek = 70.1 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 65.0 + 70.1 = 65.2 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(42.7 , 0.1 , 60.0) = 128.0 mm

3.11 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.1 Berekening van de belastingen per tralie:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 140)	=	140 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.50	=	315 N
- E.G. 1e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- E.G. 2e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(1250,1000)+1.00*0	=	0 N
- Sneeuwbelasting	: (1.00 * 423)	=	423 N/m ²
- Gewas winter	: (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 100)	=	100 N/m ²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.02 * 140)	=	143 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.02 * 70) * 4.50	=	322 N
- E.G. 1e rij tralies	: (1.02 * 215.9)	=	220.5 N/m
- E.G. 2e rij tralies	: (1.02 * 215.9)	=	220.5 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(1250,1000)+1.02*0	=	0 N
- Sneeuwbelasting	: (1.28 * 423)	=	540 N/m ²
- Gewas winter	: (1.28 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.02 * 100)	=	102 N/m ²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanhoogte van de eerste kolom
 Knoop * = zwevende goot 1e rij tralies
 Knoop * = middenkolom

- Horizontale belasting:
 $F_{k,hor} = 0 \text{ N}$ (geen windbelasting)
- Verticale belasting:
 $F_{vg} = \text{eigen gewicht goot} = (1.02 * 70) * 4.50 = 322 \text{ N}$
 $F_{k,vert} = -0.5 * F_{vg}$
 $F^*,_{vert} \text{ t.p.v. een goot} = F_{vg}$

3.11.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.11.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

Indvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:										-	-	+	Tekenafspreek

3.11.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.02
Installaties	1.00	1.02
Sneeuw	1.00	1.28
Wind	0.00	0.00
gewas	1.00	1.28

3.11.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qqewas = 1.00*450.0 + 1.00*215.9 + 1.00*0.0	qtral = 666.0 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qqoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qqoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 1.00*1650.3]*sin(30.0)	qdek.E = 1098.0 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 1.00*1650.3]*cos(30.0)	qdek.L = 1901.7 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 1901.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 1901.7 N/m
	- 3e kaphelft	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 1901.7 N/m
	- 4e kaphelft	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 1901.7 N/m
	- Middenkap links	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 1901.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 1901.7 N/m
	- Eindkap links	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 1901.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 1901.7 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 1901.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.70	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt = 0.00*4267.6*(0.0 -0.0)*0.70 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	goothoogte		
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt = 0.00*4267.6*(0.0 +0.0)*0.70 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	goothoogte		
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.02*450.0 + 1.02*215.9 + 1.28*0.0	qtral = 680.1 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.02*157.5	Fgt.s = 161 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.02*315.0	Fgt.m = 322 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.02*545.6 + 1.28*1650.3]*sin(30.0)	qdek.E = 1330.7 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.02*545.6 + 1.28*1650.3]*cos(30.0)	qdek.L = 2304.8 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 2304.8 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 2304.8 N/m
	- 2e kaphelft	= 2304.8 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 2304.8 N/m
	- 3e kaphelft	= 2304.8 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 2304.8 N/m
	- 4e kaphelft	= 2304.8 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 2304.8 N/m
	- Middenkap links	= 2304.8 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 2304.8 N/m
	- Middenkap rechts	= 2304.8 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 2304.8 N/m
	- Eindkap links	= 2304.8 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 2304.8 N/m
	- Eindkap Rechts	= 2304.8 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 2304.8 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.72	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 -0.0)*0.72 + 1*1.02*1000	Fhw.gt = 1021 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 +0.0)*0.72 + 1*1.02*1000	Fhw.gt = 1021 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.11.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen				
	X-as [mm]		Y-as [mm]		Rekentoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand		U_lijn [mm]
					X-as [N]	Y-as [N]	X-as [N]	Y-as [N]	X-verpl [mm]	Y-verpl [mm]	
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	
1	-0.011	0.000			1191	20082					0.000
2	-0.006	1.438									0.000
3	-0.001	2.670									0.000
6	0.000	3.200	0	-161							0.000
7	1.600	4.124									0.000
8	3.200	3.200	0	-322							0.000
9	4.800	4.124									0.000
10	6.400	3.200	0	-322							0.000
11	8.000	4.124									0.000
12	9.600	3.200	0	-322							0.000
13	11.200	4.124									0.000
4	0.000	2.875	1021	0					2.56	-0.22	0.000
14	0.319	2.875							2.56	-2.75	2.527
15	1.599	2.875							2.57	-12.69	12.427
16	3.199	2.875							2.57	-22.91	22.600
17	4.799	2.875							2.58	-28.58	28.229
18	6.399	2.875							2.58	-28.96	28.563
19	7.999	2.875							2.59	-24.18	23.737
20	9.599	2.875							2.59	-15.90	15.414
21	11.199	2.875							2.60	-6.67	6.143
22	12.479	2.875							2.60	-1.33	0.760
23	12.789	0.000			-243	55311					0.000
24	12.794	1.438									0.000
25	12.799	2.670									0.000
28	12.800	3.200	0	-322							0.000
29	14.400	4.124									0.000
30	16.000	3.200	0	-322							0.000
31	17.600	4.124									0.000
32	19.200	3.200	0	-322							0.000
33	20.800	4.124									0.000
34	22.400	3.200	0	-322							0.000
35	24.000	4.124									0.000
26	12.800	2.875							2.61	-0.57	0.000
36	13.119	2.875							2.61	-0.12	-0.450
37	14.399	2.875							2.61	-0.69	0.130
38	15.999	2.875							2.62	-4.41	3.860
39	17.599	2.875							2.63	-8.28	7.738
40	19.199	2.875							2.63	-10.37	9.837
41	20.799	2.875							2.64	-9.63	9.117
42	22.399	2.875							2.64	-6.57	6.066
43	23.999	2.875							2.65	-2.55	2.060
44	25.279	2.875							2.66	-0.58	0.093
45	25.589	0.000			24	46466					0.000
46	25.594	1.438									0.000
47	25.599	2.670									0.000
50	25.600	3.200	0	-322							0.000
51	27.200	4.124									0.000
52	28.800	3.200	0	-322							0.000
53	30.400	4.124									0.000
54	32.000	3.200	0	-322							0.000
55	33.600	4.124									0.000
56	35.200	3.200	0	-322							0.000
57	36.800	4.124									0.000
48	25.600	2.875							2.66	-0.48	0.000
58	25.919	2.875							2.66	-0.59	0.108
59	27.199	2.875							2.66	-2.61	2.115
60	28.799	2.875							2.67	-6.65	6.140
61	30.399	2.875							2.68	-9.70	9.184
62	31.999	2.875							2.68	-10.41	9.881
63	33.599	2.875							2.69	-8.29	7.753
64	35.199	2.875							2.70	-4.40	3.851
65	36.799	2.875							2.70	-0.67	0.111
66	38.079	2.875							2.71	-0.11	-0.459
67	38.389	0.000			350	55266					0.000
68	38.394	1.438									0.000
69	38.399	2.670									0.000
72	38.400	3.200	0	-322							0.000

73	40.000	4.124						0.000
74	41.600	3.200	0	-322				0.000
75	43.200	4.124						0.000
76	44.800	3.200	0	-322				0.000
77	46.400	4.124						0.000
78	48.000	3.200	0	-322				0.000
79	49.600	4.124						0.000
80	38.400	2.875			2.71	-0.57		0.000
81	38.719	2.875			2.71	-1.33		0.761
82	39.999	2.875			2.71	-6.67		6.144
83	41.599	2.875			2.72	-15.87	15.382	
84	43.199	2.875			2.72	-24.09	23.652	
85	44.799	2.875			2.73	-28.82	28.424	
86	46.399	2.875			2.74	-28.40	28.054	
87	47.999	2.875			2.74	-22.73	22.427	
88	49.599	2.875			2.75	-12.57	12.312	
89	50.879	2.875			2.75	-2.73	2.510	
90	51.189	0.000		-1323	20186			0.000
91	51.194	1.438						0.000
92	51.199	2.670						0.000
93	51.200	2.875	-1021	0				0.000
94	51.201	3.080						
95	51.200	3.200	0	-161		2.75	-0.21	

Tabel 3.11.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaf nr.	Profiel	X-as [N/m] Horizontaal	Y-as [N/m] Verticaal	B E G I N			E I N D		
				Normaal [N]	Dwarskr [N]	Moment [Nm]	Normaal [N]	Dwarskr [N]	Moment [Nm]
1	RHBK100*100*3.			-20086	-1124	-0	-20086	-1124	-1616
2	RHBK100*100*3.			-20087	-1106	-1616	-20087	-1106	-2979
3	RHBK100*100*3.			-20086	-1124	-2979	-20086	-1124	-3209
4	RHBK100*100*3.			-5092	-4288	1399	-5092	-4288	520
5	RHBK100*100*3.			-5053	-4333	520	-5053	-4333	-0
6	RHBK80*50*3.0			-10156	22	-7	-10156	22	-0
7	RHBK80*50*3.0			-10156	40	-13	-10156	40	-0
8	RHBK80*50*3.0			-10155	58	-19	-10155	58	0
9	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6186	2106	0	-3728	-2152	-43
10	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3728	2152	-43	-6186	-2106	0
11	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6197	2100	0	-3738	-2158	-54
12	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3738	2158	-54	-6197	-2100	0
13	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6191	2103	0	-3733	-2155	-48
14	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3733	2155	-48	-6191	-2103	0
15	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6170	2115	0	-3712	-2143	-26
16	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3712	2143	-26	-6170	-2115	0
17	1e tralie	0.0	-680.1	2092	15004	-4608	2092	14787	142
18	1e tralie	0.0	-680.1	2092	14787	142	2092	13916	18512
19	1e tralie	0.0	-680.1	2092	13916	18512	2092	12828	39908
20	1e tralie	0.0	-680.1	2104	2673	39915	2104	1584	43321
21	1e tralie	0.0	-680.1	2104	1584	43321	2104	496	44986
22	1e tralie	0.0	-680.1	2098	-9659	44999	2098	-10748	28673
23	1e tralie	0.0	-680.1	2098	-10748	28673	2098	-11836	10606
24	1e tralie	0.0	-680.1	2074	-21991	10625	2074	-23080	-25432
25	1e tralie	0.0	-680.1	2074	-23080	-25432	2074	-23950	-55531
26	1e tralie	0.0	-680.1	2074	-23950	-55531	2074	-24169	-63256
27	RHBK100*100*3.			-55310	427	0	-55310	427	614
28	RHBK100*100*3.			-55310	476	614	-55310	476	1200
29	RHBK100*100*3.			-55310	427	1200	-55310	427	1287
30	RHBK100*100*3.			-10156	36	-1	-10156	36	7
31	RHBK100*100*3.			-10155	-56	7	-10155	-56	0
32	RHBK80*50*3.0			-10156	14	-5	-10156	14	0
33	RHBK80*50*3.0			-10156	32	-10	-10156	32	-0
34	RHBK80*50*3.0			-10156	49	-16	-10156	49	0
35	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6169	2116	0	-3710	-2142	-24
36	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3710	2142	-24	-6169	-2116	0
37	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6186	2106	0	-3727	-2152	-42
38	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3727	2152	-42	-6186	-2106	0
39	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6187	2105	0	-3729	-2153	-44
40	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3729	2153	-44	-6187	-2105	0
41	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6174	2113	0	-3716	-2145	-30
42	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3716	2145	-30	-6174	-2113	0
43	2e tralie	0.0	-680.1	2315	20987	-61968	2315	20770	-55309
44	2e tralie	0.0	-680.1	2315	20770	-55309	2315	19900	-29280

45	2e tralie	0.0	-680.1	2315	19900	-29280	2315	18812	1689
46	2e tralie	0.0	-680.1	2334	8656	1693	2334	7568	14672
47	2e tralie	0.0	-680.1	2334	7568	14672	2334	6480	25910
48	2e tralie	0.0	-680.1	2336	-3676	25920	2336	-4764	19168
49	2e tralie	0.0	-680.1	2336	-4764	19168	2336	-5853	10675
50	2e tralie	0.0	-680.1	2321	-16008	10691	2321	-17096	-15793
51	2e tralie	0.0	-680.1	2321	-17096	-15793	2321	-17967	-38233
52	2e tralie	0.0	-680.1	2321	-17967	-38233	2321	-18185	-44037
53	RHBK100*100*3.			-46466	131	-0	-46466	131	188
54	RHBK100*100*3.			-46466	172	188	-46466	172	399
55	RHBK100*100*3.			-46466	131	399	-46466	131	426
56	RHBK100*100*3.			-10156	34	0	-10156	34	7
57	RHBK100*100*3.			-10155	-58	7	-10155	-58	0
58	RHBK80*50*3.0			-10156	18	-6	-10156	18	0
59	RHBK80*50*3.0			-10156	36	-12	-10156	36	-0
60	RHBK80*50*3.0			-10156	53	-17	-10156	53	0
61	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6174	2113	0	-3716	-2145	-30
62	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3716	2145	-30	-6174	-2113	0
63	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6187	2105	0	-3729	-2153	-44
64	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3729	2153	-44	-6187	-2105	0
65	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6186	2106	0	-3727	-2152	-42
66	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3727	2152	-42	-6186	-2106	0
67	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6169	2116	0	-3710	-2142	-24
68	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3710	2142	-24	-6169	-2116	0
69	2e tralie	0.0	-680.1	2297	18126	-43611	2297	17909	-37865
70	2e tralie	0.0	-680.1	2297	17909	-37865	2297	17038	-15499
71	2e tralie	0.0	-680.1	2297	17038	-15499	2297	15950	10891
72	2e tralie	0.0	-680.1	2312	5794	10897	2312	4706	19297
73	2e tralie	0.0	-680.1	2312	4706	19297	2312	3618	25956
74	2e tralie	0.0	-680.1	2310	-6538	25968	2310	-7626	14637
75	2e tralie	0.0	-680.1	2310	-7626	14637	2310	-8714	1565
76	2e tralie	0.0	-680.1	2291	-18870	1582	2291	-19958	-29480
77	2e tralie	0.0	-680.1	2291	-19958	-29480	2291	-20829	-55583
78	2e tralie	0.0	-680.1	2291	-20829	-55583	2291	-21047	-62306
79	RHBK100*100*3.			-55267	-166	0	-55267	-166	-239
80	RHBK100*100*3.			-55267	-117	-239	-55267	-117	-383
81	RHBK100*100*3.			-55267	-166	-383	-55267	-166	-417
82	RHBK100*100*3.			-10156	32	1	-10156	32	7
83	RHBK100*100*3.			-10155	-60	7	-10155	-60	0
84	RHBK80*50*3.0			-10156	10	-3	-10156	10	-0
85	RHBK80*50*3.0			-10156	28	-9	-10156	28	0
86	RHBK80*50*3.0			-10156	46	-15	-10156	46	-0
87	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6171	2115	0	-3712	-2143	-26
88	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3712	2143	-26	-6171	-2115	0
89	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6191	2103	0	-3733	-2155	-48
90	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3733	2155	-48	-6191	-2103	0
91	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6197	2100	0	-3738	-2158	-54
92	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3738	2158	-54	-6197	-2100	0
93	Roede dek	-1330.7	-2304.8	-6186	2106	0	-3728	-2152	-43
94	Roede dek	1330.7	-2304.8	-3728	2152	-43	-6186	-2106	0
95	1e tralie	0.0	-680.1	1942	24064	-62724	1942	23847	-55084
96	1e tralie	0.0	-680.1	1942	23847	-55084	1942	22976	-25117
97	1e tralie	0.0	-680.1	1942	22976	-25117	1942	21888	10774
98	1e tralie	0.0	-680.1	1966	11733	10777	1966	10644	28679
99	1e tralie	0.0	-680.1	1966	10644	28679	1966	9556	44839
100	1e tralie	0.0	-680.1	1973	-599	44848	1973	-1688	43019
101	1e tralie	0.0	-680.1	1973	-1688	43019	1973	-2776	39448
102	1e tralie	0.0	-680.1	1960	-12931	39463	1960	-14020	17902
103	1e tralie	0.0	-680.1	1960	-14020	17902	1960	-14890	-601
104	1e tralie	0.0	-680.1	1960	-14890	-601	1960	-15109	-5417
105	RHBK100*100*3.			-20182	1390	0	-20182	1390	1998
106	RHBK100*100*3.			-20181	1408	1998	-20181	1408	3733
107	RHBK100*100*3.			-20182	1390	3733	-20182	1390	4018
108	RHBK100*100*3.			-5063	4321	-1399	-5063	4321	-513
109	RHBK100*100*3.			-5102	4275	-513	-5102	4275	0

3.11.3 De krachtsverdeling in de 2e rij tralies:

Tabel 3.11.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m]	M(x) in [Nm]		N(x) in [N]		Q(x) in [N]	
begin - eind	(+ = U/- =)		(+ = trek)		(+ = ~~~)	
12.80 - 16.00	-61968	1689	2315	2315	20987	18812
16.00 - 19.20	1693	25910	2334	2334	8656	6480
19.20 - 22.40	25920	10675	2336	2336	-3676	-5853
22.40 - 25.60	10691	-44037	2321	2321	-16008	-18185
25.60 - 28.80	-43611	10891	2297	2297	18126	15950
28.80 - 32.00	10897	25956	2312	2312	5794	3618
32.00 - 35.20	25968	1565	2310	2310	-6538	-8714
35.20 - 38.40	1582	-62306	2291	2291	-18870	-21047

3.11.3.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:

- uvtoel = $12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: uvtoel = 30.0 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 9.88$ mm

- Controle van de 2e rij tralies:

Doorbuiging: 9.9 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.3.2 Controle van de bovenrand:

3.11.3.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.11.3.1)
 met: Effectieve spanhoogte: 410.0 mm

Tabel 3.11.32: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N]		Systeem- lengte
x in [m]	(trek = positief) Spant		[mm]
12.80 - 16.00	152298	-2961	3199
16.00 - 19.20	-2963	-62028	3200
19.20 - 22.40	-62052	-24867	3200
22.40 - 25.60	-24914	108569	3201
25.60 - 28.80	107517	-25415	3199
28.80 - 32.00	-25422	-62152	3200
32.00 - 35.20	-62181	-2662	3200
35.20 - 38.40	-2714	153112	3201

3.11.3.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.11.3.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	152298 -2961	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.01	0.01
16.00-19.20	-2963 -62028	z-z	0.844	0.628	2010	1	0.21	0.28
19.20-22.40	-62052 -24867	z-z	0.844	0.716	2290	1	0.21	0.30
22.40-25.60	-24914 108569	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.09	0.11
25.60-28.80	107517 -25415	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.09	0.11
28.80-32.00	-25422 -62152	z-z	0.844	0.718	2296	1	0.21	0.30
32.00-35.20	-62181 -2662	z-z	0.844	0.627	2006	1	0.21	0.28
35.20-38.40	-2714 153112	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.01	0.01

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,darely} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.72 - 0.2) * (|-62152| / (0.710 * 291834 / 1.0))) = 1.04 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-62152| / (0.710 * 291834 / 1.0))) = 1.12 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.04, 1.12) = 1.04 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.62
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-62152| / (0.710 * 291834 / 1.0) + 1.04 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.300 + 0.000 = 0.300 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-62152| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.62 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.229 + 0.000 = 0.229
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.300, 0.229) = 0.300$$

- controle: 0.30 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -62181 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdarel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-62181| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.93$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-62181| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.06$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.93, 1.06) = 0.93$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.56$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-62181| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.93 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.229 + 0.000 = 0.229$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-62181| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.213 + 0.000 = 0.213$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.229, 0.213) = 0.229$

- controle: $0.23 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-62181|}{291834} = 0.21$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 153112 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|153112|}{291834} = 0.52$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.52 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.3.3 Controle van de onderrand:

3.11.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.11.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.11.3.1)
 - met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.11.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
12.80 - 16.00	-149984 5276	3199
16.00 - 19.20	5297 64362	3200
19.20 - 22.40	64389 27204	3200
22.40 - 25.60	27235 -106248	3201
25.60 - 28.80	-105221 27712	3199
28.80 - 32.00	27734 64464	3200
32.00 - 35.20	64492 4972	3200
35.20 - 38.40	5004 -150821	3201

3.11.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.11.3.3:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	-149984 5276	m-z	0.855	0.767	2453	1	0.51	0.76
22.40-25.60	27235 -106248	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.36	0.51
25.60-28.80	-105221 27712	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.36	0.50
35.20-38.40	5004 -150821	z-m	0.855	0.768	2457	1	0.52	0.76

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.77 - 0.2) * (|-150821| / (0.678 * 291834 / 1.0))) = 1.29$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-150821| / (0.678 * 291834 / 1.0))) = 1.45$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.29, 1.45) = 1.29$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.78$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-150821| / (0.678 * 291834 / 1.0) + 1.29 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.762 + 0.000 = 0.762$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-150821| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.78 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.519 + 0.000 = 0.519$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.762, 0.519) = 0.762$$

- controle: 0.76 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -150821 + |-21047|/\tan(49.1) = -132618 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld}/2 = 1/4 * 0 * 640 /2 = 0 \text{ E3 Nmm}$
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v * q_{gew} * h_{ohgew} + \gamma * v * q_{tg} * h_{ohgtg}$)
 $= 1.28 * 4.50 * 0 * 0.80 + 1.28 * 4.50 * 0 * 1.60 = 0 \text{ N}$)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 * l_{veld} = 0.50 * 640 = 320 \text{ mm}$
 ($l_{ky} = l_{veld}/2$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdare} * z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + (0.21 - 0.2) * (|-132618| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-132618| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.55$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.55) = 0.40$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.24$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-132618| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.457 + 0.000 = 0.457$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-132618| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.454 + 0.000 = 0.454$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.457, 0.454) = 0.457$$

- controle: $0.46 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-150821|}{291834} = 0.52$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 64492 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|64492|}{291834} = 0.22$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.52 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.3.4 Controle van de diagonalen:

3.11.3.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : Qddmaxd = -21047 N (zie tabel 3.11.3.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: Fpunt = 0.00 * max(1250, 1000) + 1.02 * 0 = 0 N

- Res.diag.drukkracht: Nddiagd = $\frac{Qddmaxd - Fpunt/2}{\sin(\alpha)}$ = $\frac{-21047 - 0}{\sin(49.1)}$ = -27826 N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

UCsterkte = $\frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-27826|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.254$

controle: 0.254 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

Sigma: $\frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-27826|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 75.5 \text{ N/mm}^2$

UCspanning = Sigma/fy = 75.5 / 235.0 = 0.321

controle: 0.321 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

Ky.2 = Cmy * (1.0 + (lambdarel.y - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-27826| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41
 Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-27826| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.49
 Ky.b = Min(Ky.2, Ky.3) = Min(0.41, 0.49) = 0.41
 Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.25

UCstab.1 = $\frac{|N_{Ed}|}{\frac{Chiy * NRk}{1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}}$
 = $\frac{|-27826|}{\frac{0.949 * 109643}{1.0} + 0.41 * \frac{0.0}{1.00 * 1054.0 / 1.0}}$
 = 0.268 + 0.000 = 0.268

UCstab.2 = $\frac{|N_{Ed}|}{\frac{Chiz * NRk}{1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}}$
 = $\frac{|-27826|}{\frac{0.949 * 109643}{1.0} + 0.25 * \frac{0.0}{1.00 * 1054.0 / 1.0}}$
 = 0.268 + 0.000 = 0.268

Maatgevend: UCstab.b = max(UCstab.1, UCstab.2) = max(0.268, 0.268) = 0.268

controle: 0.268 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.3.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 21047$ N (zie tabel 3.11.3.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{21047 + 0}{\sin(49.1)} = 27826 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{27826}{63685} = 0.437$$

- UC-Trek : $0.437 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 8714$ N (zie tabel 3.11.3.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-8714}{\sin(49.1)} = -11521 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{11521}{104000} = 0.111$$

- UC-Druk : $0.111 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -27826 N			Nd = - 11521 N		
Nt = 0 N			Nt = 27826 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 18203 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 21047 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 18203 N			Fsdev = 7537 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	40.20 N/mm ²	40.20 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	49.17 N/mm ²	49.17 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	40.20 N/mm ²	40.20 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	67.62 N/mm ²	67.62 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.33	0.33	
UC2	0.00	0.00	0.14	0.14	
SgmWsd	49.17 N/mm ²	49.17 N/mm ²	20.36 N/mm ²	20.36 N/mm ²	
UC3	0.24	0.24	0.10	0.10	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.38	0.38	
UCd1	0.38	0.38	0.16	0.16	
UClas	0.24	0.24	0.33	0.33	
UCdia	0.38	0.38	0.38	0.38	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.24		0.33		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.33 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.3.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \text{ Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \text{ N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \text{ Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-62.18| * 0.01 * 14.4 = 8.9 \text{ Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{k_{\text{ozk}}} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}} \cdot 2} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716 \cdot 2} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.8 / 0.95) = 92.6 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 92.6 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-150.82| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 109.9 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 159
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -1E+4 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-10156| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.11.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-61968	2315	20987	168390	10494	169043
25.60	-44037	2321	-18185	120004	-9093	120691
25.60	-43611	2297	18126	118842	9063	119532
38.40	-62306	2291	-21047	169292	-10523	169945

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb} \quad \text{met } F_t \geq 0 \text{ N}$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \text{ max} = 169945 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \text{ max} = 203328 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $169945 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.11.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-61968	2315	20987	0	10494	14840
25.60	-44037	2321	-18185	0	-9093	12859
25.60	-43611	2297	18126	0	9063	12817
38.40	-62306	2291	-21047	0	-10523	14882

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo} \quad \text{met } F_t \geq 0 \text{ N}$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \text{ max} = 14882 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \text{ max} = 90432 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $14882 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 169.3$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $169.3 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0.0 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.11.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
12.80	-61968	2315	20987	152298	0	0.60	0.08
25.60	-44037	2321	-18185	108569	0	0.43	0.07
25.60	-43611	2297	18126	107517	0	0.43	0.07
38.40	-62306	2291	-21047	153112	0	0.60	0.08

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 153112 \cdot 25.0 = 1914 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $1914 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.11.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	101.74	0.00	101.74	117.48	0.57	0.35
verticaal	94.62	8.23	94.62	109.36	0.53	0.33
schotjes	94.62	8.23	94.62	109.36	0.53	0.33
kopplaat horizontaal	108.15	0.00	108.15	124.89	0.60	0.38
verticaal	101.52	7.66	101.52	117.31	0.56	0.35
schotjes	6.63	117.23	6.63	68.11	0.33	0.02

Controle: $0.60 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Tabel 3.11.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	14.02	0.00	14.02	16.19	0.08	0.05
verticaal	0.00	16.19	0.00	9.35	0.04	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	14.02	0.00	14.02	16.19	0.08	0.05
verticaal	0.00	16.19	0.00	9.35	0.04	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.08 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.4 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.11.4.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn	Normaal- krachtenlijn	Dwars- krachtenlijn
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)	N(x) in [N] (+ = trek)	Q(x) in [N] (+ = ~~~)
0.00 - 3.20	-4608 39908	2092 2092	15004 12828
3.20 - 6.40	39915 44986	2104 2104	2673 496
6.40 - 9.60	44999 10606	2098 2098	-9659 -11836
9.60 - 12.80	10625 -63256	2074 2074	-21991 -24169
12.80 - 16.00	-62724 10774	1942 1942	24064 21888
16.00 - 19.20	10777 44839	1966 1966	11733 9556
19.20 - 22.40	44848 39448	1973 1973	-599 -2776
22.40 - 25.60	39463 -5417	1960 1960	-12931 -15109

3.11.4.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - $u_{vtoel} = 12800 / 250 < 30.0 \text{ mm}$, dus: $u_{vtoel} = 30.0 \text{ mm}$

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 28.56 \text{ mm}$

- Controle van de 1e rij tralies:

Doorbuiging: $28.6 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm}$, dus: voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.4.2 Controle van de bovenrand:

3.11.4.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.11.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.11.42: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)	Systeem- lengte
x in [m]	Spant	[mm]
0.00 - 3.20	12286 -96291	3199
3.20 - 6.40	-96302 -108669	3200
6.40 - 9.60	-108704 -24820	3200
9.60 - 12.80	-24878 155320	3201
12.80 - 16.00	153957 -25307	3199
16.00 - 19.20	-25303 -108381	3200
19.20 - 22.40	-108400 -95228	3200
22.40 - 25.60	-95270 14191	3201

3.11.4.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.11.4.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	12286 -96291	e-z	0.840	0.577	1846	1	0.33	0.41
3.20- 6.40	-96302 -108669	z-z	0.844	0.821	2627	1	0.37	0.58
6.40- 9.60	-108704 -24820	z-z	0.844	0.674	2158	1	0.37	0.51
9.60-12.80	-24878 155320	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.09	0.11
12.80-16.00	153957 -25307	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.09	0.11
16.00-19.20	-25303 -108381	z-z	0.844	0.676	2162	1	0.37	0.50
19.20-22.40	-108400 -95228	z-z	0.844	0.819	2622	1	0.37	0.58
22.40-25.60	-95270 14191	z-e	0.840	0.571	1827	1	0.33	0.41

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,dare} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.83 - 0.2) * (|-108669| / (0.645 * 291834 / 1.0))) = 1.23 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-108669| / (0.645 * 291834 / 1.0))) = 1.32 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.23, 1.32) = 1.23 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.74
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-108669| / (0.645 * 291834 / 1.0) + 1.23 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.577 + 0.000 = 0.577 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-108669| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.74 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.400 + 0.000 = 0.400
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.577, 0.400) = 0.577$$

- controle: 0.58 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.4.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -108704 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bda} \cdot z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-108704| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.95$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-108704| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.19$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.95, 1.19) = 0.95$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.57$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-108704| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.95 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.400 + 0.000 = 0.400$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-108704| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.57 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.372 + 0.000 = 0.372$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.400, 0.372) = 0.400$

- controle: $0.40 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.4.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-108704|}{291834} = 0.37$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 155320 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|155320|}{291834} = 0.53$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.53 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.4.3 Controle van de onderrand:

3.11.4.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.11.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.11.4.1)
 - met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.11.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 3.20	-10193 98383	3199
3.20 - 6.40	98407 110773	3200
6.40 - 9.60	110802 26918	3200
9.60 - 12.80	26952 -153245	3201
38.40 - 41.60	-152015 27250	3199
41.60 - 44.80	27270 110348	3200
44.80 - 48.00	110373 97201	3200
48.00 - 51.20	97231 -12231	3201

3.11.4.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.11.4.3:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte [mm]	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	-10193 98383	e-z	0.851	0.705	2254	1	0.03	0.05
9.60-12.80	26952 -153245	z-m	0.855	0.716	2293	1	0.53	0.74
38.40-41.60	-152015 27250	m-z	0.855	0.715	2287	1	0.52	0.73
48.00-51.20	97231 -12231	z-e	0.851	0.705	2256	1	0.04	0.06

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.72 - 0.2) * (|-153245| / (0.711 * 291834 / 1.0))) = 1.25$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-153245| / (0.711 * 291834 / 1.0))) = 1.43$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.25, 1.43) = 1.25$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.75$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-153245| / (0.711 * 291834 / 1.0) + 1.25 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.739 + 0.000 = 0.739$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-153245| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.75 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.528 + 0.000 = 0.528$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.739, 0.528) = 0.739$$

- controle: 0.74 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.4.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -153245 + |-24169|/\tan(49.1) = -132343 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld}/2 = 1/4 * 0 * 640 /2 = 0 \text{ E3 Nmm}$
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v * q_{gew} * h_{ohgew} + \gamma * v * q_{tg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.28 * 4.50 * 0 * 0.80 + 1.28 * 4.50 * 0 * 1.60 = 0 \text{ N}$)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 * l_{veld} = 0.50 * 640 = 320 \text{ mm}$
 ($l_{ky} = l_{veld}/2$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdare} * z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + (0.21 - 0.2) * (|-132343| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-132343| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.55$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.55) = 0.40$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.24$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-132343| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.456 + 0.000 = 0.456$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-132343| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.453 + 0.000 = 0.453$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.456, 0.453) = 0.456$$

- controle: $0.46 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.4.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-153245|}{291834} = 0.53$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 110802 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|110802|}{291834} = 0.38$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.53 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.4.4 Controle van de diagonalen:

3.11.4.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : Qddmaxd = -24169 N (zie tabel 3.11.4.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: Fpunt = 0.00 * max(1250, 1000) + 1.02 * 0 = 0 N

- Res.diag.drukkracht: Nddiagd = $\frac{Qddmaxd - Fpunt/2}{\sin(\alpha)}$ = $\frac{-24169 - 0}{\sin(49.1)} = -31954$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

UCsterkte = $\frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-31954|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.291$

controle: 0.291 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

Sigma: $\frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-31954|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 86.7$ N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 86.7 / 235.0 = 0.369

controle: 0.369 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

Ky.2 = Cmy * (1.0 + (lambdarel.y - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-31954| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41
 Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-31954| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.50
 Ky.b = Min(Ky.2, Ky.3) = Min(0.41, 0.50) = 0.41
 Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.25

UCstab.1 = $\frac{|N_{Ed}|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}$
 = $\frac{|-31954|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.41 * \frac{|0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}$
 = 0.307 + 0.000 = 0.307

UCstab.2 = $\frac{|N_{Ed}|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}$
 = $\frac{|-31954|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.25 * \frac{|0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}$
 = 0.307 + 0.000 = 0.307

Maatgevend: UCstab.b = max(UCstab.1, UCstab.2) = max(0.307, 0.307) = 0.307

controle: 0.307 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.4.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 24169$ N (zie tabel 3.11.4.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{24169 + 0}{\sin(49.1)} = 31954 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{31954}{63685} = 0.502$$

- UC-Trek : $0.502 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 11836$ N (zie tabel 3.11.4.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-11836}{\sin(49.1)} = -15648 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{15648}{104000} = 0.150$$

- UC-Druk : $0.150 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.4.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -31954 N			Nd = - 15648 N		
Nt = 0 N			Nt = 31954 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 20903 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 24169 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 20903 N			Fsdev = 10236 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	46.16 N/mm ²	46.16 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	56.46 N/mm ²	56.46 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	46.16 N/mm ²	46.16 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	77.65 N/mm ²	77.65 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.37	0.37	
UC2	0.00	0.00	0.16	0.16	
SgmWsd	56.46 N/mm ²	56.46 N/mm ²	27.65 N/mm ²	27.65 N/mm ²	
UC3	0.27	0.27	0.13	0.13	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.44	0.44	
UCd1	0.44	0.44	0.21	0.21	
UClas	0.27	0.27	0.37	0.37	
UCdia	0.44	0.44	0.44	0.44	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.27		0.37		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.37 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.4.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \text{ Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \text{ N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \text{ Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-108.70| * 0.01 * 14.4 = 15.6 \text{ Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{k_{\text{ozk}}} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}}} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.7 / 0.95) = 89.8 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 89.8 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-153.25| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 111.7 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 173
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -1E+4 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-10156| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.4.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.11.4.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-4608	2092	15004	13483	7502	17156
12.80	-63256	2074	-24169	171746	-12084	172594
38.40	-62724	1942	24064	170245	12032	171094
51.20	-5417	1960	-15109	15598	-7554	18906

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 172594$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $172594 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.11.4.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-4608	2092	15004	0	7502	10609
12.80	-63256	2074	-24169	0	-12084	17090
38.40	-62724	1942	24064	0	12032	17016
51.20	-5417	1960	-15109	0	-7554	10683

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 17090$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $17090 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.4.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 171.7$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $171.7 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0.0 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.4.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.11.4.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
0.00	-4608	2092	15004	12286	0	0.07	0.06
12.80	-63256	2074	-24169	155320	0	0.61	0.09
38.40	-62724	1942	24064	153957	0	0.61	0.09
51.20	-5417	1960	-15109	14191	0	0.08	0.06

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 155320 \cdot 25.0 = 1941 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $1941 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.11.4.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.11.4.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	104.16	0.00	104.16	120.28	0.58	0.36
verticaal	95.98	9.45	95.98	110.96	0.53	0.33
schotjes	95.98	9.45	95.98	110.96	0.53	0.33
kopplaat horizontaal	110.60	0.00	110.60	127.71	0.61	0.38
verticaal	102.99	8.79	102.99	119.03	0.57	0.36
schotjes	7.61	118.92	7.61	69.22	0.33	0.03

Controle: $0.61 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Tabel 3.11.4.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	16.10	0.00	16.10	18.59	0.09	0.06
verticaal	0.00	18.59	0.00	10.74	0.05	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	16.10	0.00	16.10	18.59	0.09	0.06
verticaal	0.00	18.59	0.00	10.74	0.05	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.09 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 3200 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 5432 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r1 = 800 / bkg < 2.0$;
 $800 / 800 = 1.00$, dus $r1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r2 = 1125 / bd < 2.0$;
 $1125 / 1125 = 1.00$, dus $r2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r1 < 50.0$ mm;
 $3200 / 100 * 1.00 = 40.0$ mm, dus ugevel = 65.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4500 * 1.00 = 30.0$ mm, dus udek = 70.1 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 65.0 + 70.1 = 65.2 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(42.7 , 0.1 , 60.0) = 128.0 mm

3.12 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.1 Berekening van de belastingen per tralie:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 140)$ = 140 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.50$ = 315 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.00 * 533 * 0.98)$ = 520 N/m²
 - (fCdim = Cdim; lr*Cdim; par/Cdim = $0.83 * 0.85 / 0.72 = 0.98$)

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 140)$ = 140 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.50$ = 315 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.28 * 533)$ = 679 N/m²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop * = zwevende goot 1e rij tralies
 Knoop * = middenkolom

- Horizontale belasting:

$$F_{k,hor} = (3.200 - 0.5 * 2.875) * (679 * (+0.60 - (0.20))) * 4.50 = 2176 \text{ N}$$
- Verticale belasting:

$$F_{vg} = \text{eigen gewicht goot} = (1.00 * 70) * 4.50 = 315 \text{ N}$$

$$F_{k,vert} = -0.5 * F_{vg}$$

$$F^*,_{vert} \text{ t.p.v. een goot} = F_{vg}$$

3.12.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.12.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

Indvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:										- -+- + Tekenafspraak	
										+	
gevel * 1e kap 2e kap middenkappen x aantal hor. eindkap * gevel										Druk in	
druk	+								+	zuig	de kas
+0.60		+0.30	-1.00	-0.70	-0.50	-0.40	-0.40..x0	-0.40	-0.40		+0.30 0.20

3.12.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.00
Installaties	0.00	0.00
Sneeuw	0.00	0.00
Wind	1.00	1.28
gewas	0.00	0.00

3.12.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas	
		= 0.00*450.0 + 1.00*215.9 + 0.00*0.0	qtral = 215.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*sin(dek)	
		= [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 272.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*cos(dek)	
		= [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 472.5 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(+0.30-0.20)	qdek.L1 = 712.1 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-1.00-0.20)	qdek.L2 = -2403.1 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.70-0.20)	qdek.L3 = -1684.2 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.50-0.20)	qdek.L4 = -1204.9 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm1 = -965.3 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm2 = -965.3 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le1 = -965.3 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le2 = -965.3 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*1.00*532.5*4.5*3.2/0.92*0.70	FhwCpf = 175 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.00*4267.6*(0.6-0.2)*0.70 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1201 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*3400.7*(0.6-0.2)	Fhw.fh = 1360 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.00*4267.6*(0.3+0.2)*0.70 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1501 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*3400.7*(0.3+0.2)	Fhw.fh = 1700 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 0.00*450.0 + 1.00*215.9 + 0.00*0.0	qtral = 215.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 272.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 472.5 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(+0.30-0.20)	qdek.L1 = 778.0 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-1.00-0.20)	qdek.L2 = -3193.9 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.70-0.20)	qdek.L3 = -2277.3 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.50-0.20)	qdek.L4 = -1666.2 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm1 = -1360.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm2 = -1360.7 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le1 = -1360.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le2 = -1360.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*1.28*532.5*4.5*3.2/0.92*0.72	FhwCpf = 229 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.28*4267.6*(0.6 -0.2)*0.72 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1567 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.28*3400.7*(0.6 -0.2)	Fhw.fh = 1734 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.28*4267.6*(0.3 +0.2)*0.72 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1959 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.28*3400.7*(0.3 +0.2)	Fhw.fh = 2168 N

Tabel 3.12.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen			
	Rekentoestand		Oplegreacties				gebruikstoestand			U_lijn
			X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn	
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn	
	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.		
1	-0.011	0.000	1734	0	-4212	-5936			0.000	
2	-0.006	1.438							0.000	
3	-0.001	2.670							0.000	
6	0.000	3.200	0	-158					0.000	
7	1.600	4.124							0.000	
8	3.200	3.200	0	-315					0.000	
9	4.800	4.124							0.000	
10	6.400	3.200	0	-315					0.000	
11	8.000	4.124							0.000	
12	9.600	3.200	0	-315					0.000	
13	11.200	4.124	229	0					0.000	
4	0.000	2.875	2176	0			35.39	-0.09	0.000	
14	0.319	2.875					35.39	0.25	-0.337	
15	1.599	2.875					35.39	1.81	-1.895	
16	3.199	2.875					35.38	3.74	-3.814	
17	4.799	2.875					35.37	4.99	-5.059	
18	6.399	2.875					35.36	5.35	-5.412	
19	7.999	2.875					35.35	4.71	-4.766	
20	9.599	2.875					35.34	3.31	-3.360	
21	11.199	2.875					35.33	1.52	-1.563	
22	12.479	2.875					35.32	0.22	-0.263	
23	12.789	0.000			-2067	-13651			0.000	
24	12.794	1.438							0.000	
25	12.799	2.670							0.000	
28	12.800	3.200	0	-315					0.000	
29	14.400	4.124	229	0					0.000	
30	16.000	3.200	0	-315					0.000	
31	17.600	4.124	229	0					0.000	
32	19.200	3.200	0	-315					0.000	
33	20.800	4.124	229	0					0.000	
34	22.400	3.200	0	-315					0.000	
35	24.000	4.124	229	0					0.000	
26	12.800	2.875					35.31	-0.04	0.000	
36	13.119	2.875					35.31	-0.25	0.213	
37	14.399	2.875					35.31	-0.60	0.556	
38	15.999	2.875					35.31	-0.26	0.213	
39	17.599	2.875					35.30	0.37	-0.416	
40	19.199	2.875					35.29	0.92	-0.969	
41	20.799	2.875					35.29	1.11	-1.170	
42	22.399	2.875					35.28	0.94	-0.993	
43	23.999	2.875					35.27	0.44	-0.499	
44	25.279	2.875					35.27	0.02	-0.084	
45	25.589	0.000			-2167	-10462			0.000	
46	25.594	1.438							0.000	
47	25.599	2.670							0.000	
50	25.600	3.200	0	-315					0.000	
51	27.200	4.124	229	0					0.000	
52	28.800	3.200	0	-315					0.000	
53	30.400	4.124	229	0					0.000	
54	32.000	3.200	0	-315					0.000	
55	33.600	4.124	229	0					0.000	
56	35.200	3.200	0	-315					0.000	
57	36.800	4.124	229	0					0.000	
48	25.600	2.875					35.27	-0.06	0.000	
58	25.919	2.875					35.27	-0.12	0.060	
59	27.199	2.875					35.27	-0.04	-0.020	
60	28.799	2.875					35.26	0.47	-0.530	
61	30.399	2.875					35.26	0.98	-1.038	
62	31.999	2.875					35.26	1.25	-1.306	
63	33.599	2.875					35.26	1.13	-1.180	
64	35.199	2.875					35.26	0.71	-0.756	
65	36.799	2.875					35.25	0.17	-0.218	
66	38.079	2.875					35.25	-0.05	0.004	
67	38.389	0.000			-2252	-13085			0.000	
68	38.394	1.438							0.000	
69	38.399	2.670							0.000	
72	38.400	3.200	0	-315					0.000	

73	40.000	4.124	229	0				0.000
74	41.600	3.200	0	-315				0.000
75	43.200	4.124	229	0				0.000
76	44.800	3.200	0	-315				0.000
77	46.400	4.124	229	0				0.000
78	48.000	3.200	0	-315				0.000
79	49.600	4.124						0.000
80	38.400	2.875			35.25	-0.05		0.000
81	38.719	2.875			35.25	0.00	-0.049	
82	39.999	2.875			35.25	0.66	-0.715	
83	41.599	2.875			35.25	2.10	-2.163	
84	43.199	2.875			35.26	3.57	-3.633	
85	44.799	2.875			35.26	4.59	-4.666	
86	46.399	2.875			35.26	4.80	-4.885	
87	47.999	2.875			35.26	4.08	-4.168	
88	49.599	2.875			35.26	2.37	-2.474	
89	50.879	2.875			35.26	0.44	-0.548	
90	51.189	0.000	2168	0	-3949	-3840		0.000
91	51.194	1.438						0.000
92	51.199	2.670						0.000
93	51.200	2.875	2721	0				0.000
94	51.201	3.080						
94	51.200	3.200	0	-158		35.26	-0.11	

Tabel 3.12.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaf nr.	Profiel			B	E	G	I	N			E	I	N	D
		X-as	Y-as	Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment					
		[N/m]	[N/m]	[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]					

1	RHBK100*100*3.			5945	2458	-0		5945	2458	3533				
2	RHBK100*100*3.			5947	2453	3533		5947	2453	6556				
3	RHBK100*100*3.			5945	2458	6556		5945	2458	7060				
4	RHBK100*100*3.			472	2535	-824		472	2535	-305				
5	RHBK100*100*3.			450	2539	-305		450	2539	-0				
6	RHBK80*50*3.0			5498	2254	-733		5498	2254	-0				
7	RHBK80*50*3.0			4347	-870	283		4347	-870	-0				
8	RHBK80*50*3.0			3602	96	-31		3602	96	-0				
9	Roede dek	-272.8	-778.0	2507	730	0		3011	-708	20				
10	Roede dek	272.8	3193.9	893	-2962	20		389	2939	0				
11	Roede dek	-272.8	2277.3	2520	-2085	0		3024	2122	34				
12	Roede dek	272.8	1666.2	3350	-1558	34		2846	1521	0				
13	Roede dek	-272.8	1360.7	1697	-1243	0		2201	1271	26				
14	Roede dek	272.8	1360.7	2201	-1271	26		1697	1243	0				
15	Roede dek	-272.8	1360.7	1824	-1246	0		2328	1268	20				
16	Roede dek	272.8	1360.7	2064	-1268	20		1560	1246	0				
17	1e tralie	0.0	-215.9	-2235	-5472	7884		-2235	-5541	6128				
18	1e tralie	0.0	-215.9	-2235	-5541	6128		-2235	-5818	-1142				
19	1e tralie	0.0	-215.9	-2235	-5818	-1142		-2235	-6163	-10727				
20	1e tralie	0.0	-215.9	-4507	-673	-9994		-4507	-1018	-11346				
21	1e tralie	0.0	-215.9	-4507	-1018	-11346		-4507	-1364	-13252				
22	1e tralie	0.0	-215.9	-3652	2986	-13534		-3652	2641	-9032				
23	1e tralie	0.0	-215.9	-3652	2641	-9032		-3652	2295	-5083				
24	1e tralie	0.0	-215.9	-3760	5897	-5052		-3760	5551	4106				
25	1e tralie	0.0	-215.9	-3760	5551	4106		-3760	5275	11035				
26	1e tralie	0.0	-215.9	-3760	5275	11035		-3760	5205	12717				
27	RHBK100*100*3.			13657	2021	-0		13657	2021	2906				
28	RHBK100*100*3.			13659	2009	2906		13659	2009	5383				
29	RHBK100*100*3.			13657	2021	5383		13657	2021	5797				
30	RHBK100*100*3.			3536	214	-73		3536	214	-30				
31	RHBK100*100*3.			3534	246	-30		3534	246	-0				
32	RHBK80*50*3.0			3536	222	-72		3536	222	-0				
33	RHBK80*50*3.0			3536	218	-71		3536	218	0				
34	RHBK80*50*3.0			3536	214	-70		3536	214	-0				
35	Roede dek	-272.8	1360.7	1821	-1248	0		2325	1266	17				
36	Roede dek	272.8	1360.7	2061	-1266	17		1557	1248	0				
37	Roede dek	-272.8	1360.7	1826	-1245	0		2330	1269	22				
38	Roede dek	272.8	1360.7	2066	-1269	22		1562	1245	0				
39	Roede dek	-272.8	1360.7	1827	-1244	0		2331	1270	24				
40	Roede dek	272.8	1360.7	2067	-1270	24		1563	1244	0				
41	Roede dek	-272.8	1360.7	1825	-1246	0		2329	1268	21				
42	Roede dek	272.8	1360.7	2065	-1268	21		1561	1246	0				
43	2e tralie	0.0	-215.9	-1919	-4910	18588		-1919	-4979	17011				
44	2e tralie	0.0	-215.9	-1919	-4979	17011		-1919	-5255	10461				

45	2e tralie	0.0	-215.9	-1919	-5255	10461	-1919	-5601	1776
46	2e tralie	0.0	-215.9	-2153	-2065	1848	-2153	-2411	-1733
47	2e tralie	0.0	-215.9	-2153	-2411	-1733	-2153	-2756	-5867
48	2e tralie	0.0	-215.9	-2383	779	-5796	-2383	433	-4826
49	2e tralie	0.0	-215.9	-2383	433	-4826	-2383	88	-4409
50	2e tralie	0.0	-215.9	-2608	3623	-4340	-2608	3277	1181
51	2e tralie	0.0	-215.9	-2608	3277	1181	-2608	3001	5199
52	2e tralie	0.0	-215.9	-2608	3001	5199	-2608	2932	6151
53	RHBK100*100*3.			10469	2132	-0	10469	2132	3065
54	RHBK100*100*3.			10471	2123	3065	10471	2123	5682
55	RHBK100*100*3.			10469	2132	5682	10469	2132	6119
56	RHBK100*100*3.			3536	215	-74	3536	215	-30
57	RHBK100*100*3.			3534	247	-30	3534	247	-0
58	RHBK80*50*3.0			3536	221	-72	3536	221	-0
59	RHBK80*50*3.0			3536	217	-70	3536	217	-0
60	RHBK80*50*3.0			3536	213	-69	3536	213	-0
61	Roede dek	-272.8	1360.7	1823	-1246	0	2327	1268	19
62	Roede dek	272.8	1360.7	2063	-1268	19	1559	1246	0
63	Roede dek	-272.8	1360.7	1827	-1244	0	2331	1269	23
64	Roede dek	272.8	1360.7	2067	-1269	23	1563	1244	0
65	Roede dek	-272.8	1360.7	1827	-1244	0	2331	1270	23
66	Roede dek	272.8	1360.7	2067	-1270	23	1563	1244	0
67	Roede dek	-272.8	1360.7	1823	-1246	0	2327	1268	19
68	Roede dek	272.8	1360.7	2063	-1268	19	1559	1246	0
69	2e tralie	0.0	-215.9	-668	-3995	12344	-668	-4064	11059
70	2e tralie	0.0	-215.9	-668	-4064	11059	-668	-4340	5680
71	2e tralie	0.0	-215.9	-668	-4340	5680	-668	-4686	-1540
72	2e tralie	0.0	-215.9	-901	-1150	-1469	-901	-1496	-3586
73	2e tralie	0.0	-215.9	-901	-1496	-3586	-901	-1842	-6256
74	2e tralie	0.0	-215.9	-1130	1694	-6185	-1130	1348	-3752
75	2e tralie	0.0	-215.9	-1130	1348	-3752	-1130	1003	-1871
76	2e tralie	0.0	-215.9	-1354	4538	-1802	-1354	4192	5183
77	2e tralie	0.0	-215.9	-1354	4192	5183	-1354	3916	10372
78	2e tralie	0.0	-215.9	-1354	3916	10372	-1354	3847	11618
79	RHBK100*100*3.			13092	2208	-0	13092	2208	3175
80	RHBK100*100*3.			13094	2197	3175	13094	2197	5882
81	RHBK100*100*3.			13092	2208	5882	13092	2208	6335
82	RHBK100*100*3.			3536	216	-74	3536	216	-30
83	RHBK100*100*3.			3534	248	-30	3534	248	0
84	RHBK80*50*3.0			3536	223	-73	3536	223	0
85	RHBK80*50*3.0			3536	219	-71	3536	219	-0
86	RHBK80*50*3.0			3470	101	-33	3470	101	-0
87	Roede dek	-272.8	1360.7	1822	-1247	0	2326	1267	18
88	Roede dek	272.8	1360.7	2062	-1267	18	1558	1247	0
89	Roede dek	-272.8	1360.7	1828	-1244	0	2332	1270	24
90	Roede dek	272.8	1360.7	2068	-1270	24	1564	1244	0
91	Roede dek	-272.8	1360.7	1830	-1243	0	2334	1271	26
92	Roede dek	272.8	1360.7	2070	-1271	26	1566	1243	0
93	Roede dek	-272.8	1360.7	1696	-1243	0	2200	1270	25
94	Roede dek	272.8	1360.7	2200	-1270	25	1696	1243	0
95	1e tralie	0.0	-215.9	670	-5703	18027	670	-5772	16198
96	1e tralie	0.0	-215.9	670	-5772	16198	670	-6048	8633
97	1e tralie	0.0	-215.9	670	-6048	8633	670	-6394	-1320
98	1e tralie	0.0	-215.9	435	-2858	-1248	435	-3204	-6098
99	1e tralie	0.0	-215.9	435	-3204	-6098	435	-3549	-11500
100	1e tralie	0.0	-215.9	204	-14	-11429	204	-360	-11728
101	1e tralie	0.0	-215.9	204	-360	-11728	204	-705	-12580
102	1e tralie	0.0	-215.9	92	2764	-12547	92	2419	-8401
103	1e tralie	0.0	-215.9	92	2419	-8401	92	2142	-5482
104	1e tralie	0.0	-215.9	92	2142	-5482	92	2073	-4805
105	RHBK100*100*3.			3846	1769	0	3846	1769	2542
106	RHBK100*100*3.			3848	1765	2542	3848	1765	4718
107	RHBK100*100*3.			3846	1769	4718	3846	1769	5080
108	RHBK100*100*3.			1765	-853	275	1765	-853	100
109	RHBK100*100*3.			1772	-837	100	1772	-837	0

3.12.3 De krachtsverdeling in de 2e rij tralies:

Tabel 3.12.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m]	M(x) in [Nm]		N(x) in [N]		Q(x) in [N]	
begin - eind	(+ = U/- =)		(+ = trek)		(+ = ~~~)	
12.80 - 16.00	18588	1776	-1919	-1919	-4910	-5601
16.00 - 19.20	1848	-5867	-2153	-2153	-2065	-2756
19.20 - 22.40	-5796	-4409	-2383	-2383	779	88
22.40 - 25.60	-4340	6151	-2608	-2608	3623	2932
25.60 - 28.80	12344	-1540	-668	-668	-3995	-4686
28.80 - 32.00	-1469	-6256	-901	-901	-1150	-1842
32.00 - 35.20	-6185	-1871	-1130	-1130	1694	1003
35.20 - 38.40	-1802	11618	-1354	-1354	4538	3847

3.12.3.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:

- uvtoel = $12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: uvtoel = 30.0 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = -1.31$ mm

- Controle van de 2e rij tralies:

Doorbuiging: -1.3 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.3.2 Controle van de bovenrand:

3.12.3.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.12.3.1)
 met: Effectieve spanhoogte: 410.0 mm

Tabel 3.12.32: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N]		Systeem- lengte
x in [m]	(trek = positief) Spant		[mm]
12.80 - 16.00	-46295	-5292	3199
16.00 - 19.20	-5585	13232	3200
19.20 - 22.40	12944	9563	3200
22.40 - 25.60	9280	-16308	3201
25.60 - 28.80	-30441	3423	3199
28.80 - 32.00	3131	14807	3200
32.00 - 35.20	14521	3998	3200
35.20 - 38.40	3717	-29014	3201

3.12.3.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.12.3.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	-46295 -5292	m-z	0.843	0.645	2063	1	0.16	0.21
16.00-19.20	-5585 13232	z-z	0.844	0.559	1787	1	0.02	0.02
22.40-25.60	9280 -16308	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.06	0.07
25.60-28.80	-30441 3423	m-z	0.843	0.584	1867	1	0.10	0.13
35.20-38.40	3717 -29014	z-m	0.843	0.579	1854	1	0.10	0.13

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.65 - 0.2) * (|-46295| / (0.755 * 291834 / 1.0))) = 0.99 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-46295| / (0.755 * 291834 / 1.0))) = 1.05 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.99, 1.05) = 0.99 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.59
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-46295| / (0.755 * 291834 / 1.0) + 0.99 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.210 + 0.000 = 0.210 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-46295| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.59 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.170 + 0.000 = 0.170
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.210, 0.170) = 0.210$$

- controle: 0.21 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -46295 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,dare} z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-46295| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.92$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-46295| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.02$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.92, 1.02) = 0.92$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.55$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-46295| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.92 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.170 + 0.000 = 0.170$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-46295| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.159 + 0.000 = 0.159$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.170, 0.159) = 0.170$

- controle: $0.17 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-46295|}{291834} = 0.16$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 14807 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|14807|}{291834} = 0.05$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.16 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay up wind)

3.12.3.3 Controle van de onderrand:

3.12.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.12.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.12.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.12.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant		Systeem- lengte [mm]
12.80 - 16.00	44376	3373	3199
16.00 - 19.20	3432	-15385	3200
19.20 - 22.40	-15327	-11946	3200
22.40 - 25.60	-11889	13699	3201
25.60 - 28.80	29773	-4091	3199
28.80 - 32.00	-4032	-15708	3200
32.00 - 35.20	-15651	-5128	3200
35.20 - 38.40	-5072	27660	3201

3.12.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.12.3.3:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor-	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
16.00-19.20	3432	-15385	z-z	0.856	0.708	2266	1	0.05	0.07
19.20-22.40	-15327	-11946	z-z	0.856	1.013	3241	1	0.05	0.10
22.40-25.60	-11889	13699	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.04	0.06
25.60-28.80	29773	-4091	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.01	0.02
28.80-32.00	-4032	-15708	z-z	0.856	0.864	2764	1	0.05	0.09
32.00-35.20	-15651	-5128	z-z	0.856	0.885	2833	1	0.05	0.09
35.20-38.40	-5072	27660	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.02	0.02

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (1.02 - 0.2) * (|-15327| / (0.528 * 291834 / 1.0))) = 0.97 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-15327| / (0.528 * 291834 / 1.0))) = 0.97 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.97, 0.97) = 0.97 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.58
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-15327| / (0.528 * 291834 / 1.0) + 0.97 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.100 + 0.000 = 0.100 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-15327| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.053 + 0.000 = 0.053
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.100, 0.053) = 0.100$$

- controle: $0.10 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -15708 + |-1842|/\tan(49.1) = -14116$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 \cdot l_{veld} = 0.50 \cdot 640 = 320$ mm

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.21 - 0.2) \cdot (|-14116| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.40$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-14116| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.42$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.42) = 0.40$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.24$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-14116| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.40 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.049 + 0.000 = 0.049$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0)$
 $= |-14116| / (1.000 \cdot 291834 / 1.0) + 0.24 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.048 + 0.000 = 0.048$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.049, 0.048) = 0.049$

- controle: $0.05 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-15708|}{291834} = 0.05$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 44376$ N

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|44376|}{291834} = 0.15$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.15 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.3.4 Controle van de diagonalen:

3.12.3.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{ddmaxd} = 0$ N (zie tabel 3.12.3.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: $F_{punt} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0 = 0$ N

- Res.diag.drukkracht: $N_{ddiagd} = \frac{Q_{ddmaxd} - F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{0 - 0}{\sin(49.1)} = 0$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{7405}{109643} = 0.116$

controle: $0.116 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.3.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 2756$ N (zie tabel 3.12.3.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

- Res.diag.trekkracht: $N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{2756 + 0}{\sin(49.1)} = 3644$ N

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{3644}{63685} = 0.057$

- UC-Trek : $0.057 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 5601$ N (zie tabel 3.12.3.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

- Res. diagonaaldrukkracht: $N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-5601}{\sin(49.1)} = -7405$ N

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{7405}{104000} = 0.071$

- UC-Druk : $0.071 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = 0 N			Nd = - 7405 N		
Nt = 7405 N			Nt = 3644 N		
Fstev = 4844 N			Fstev = 2384 N		
Fstlo = 5601 N			Fstlo = 2756 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 0 N			Fsdev = 4844 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	10.70 N/mm ²	10.70 N/mm ²	5.27 N/mm ²	5.27 N/mm ²	
Tau2	13.08 N/mm ²	13.08 N/mm ²	6.44 N/mm ²	6.44 N/mm ²	
Sgm1	10.70 N/mm ²	10.70 N/mm ²	5.27 N/mm ²	5.27 N/mm ²	
SgmWst	17.99 N/mm ²	17.99 N/mm ²	8.86 N/mm ²	8.86 N/mm ²	
UC1	0.09	0.09	0.04	0.04	
UC2	0.04	0.04	0.02	0.02	
SgmWsd	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	13.08 N/mm ²	13.08 N/mm ²	
UC3	0.00	0.00	0.06	0.06	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.10	0.10	0.05	0.05	
UCd1	0.00	0.00	0.10	0.10	
UClas	0.09	0.09	0.06	0.06	
UCdia	0.10	0.10	0.10	0.10	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.09		0.06		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.09 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.3.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \quad \text{Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \quad \text{N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \quad \text{N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \quad \text{Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-46.29| * 0.01 * 14.4 = 6.7 \quad \text{Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.

- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} = \frac{4500}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}}} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$\text{kor} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.1 / 0.95) = 12.1 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 12.1 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-15.71| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 11.4 \text{ Nm}$$

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.12.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	18588	-1919	-4910	0	-2455	3472
25.60	6151	-2608	2932	0	1466	2073
25.60	12344	-668	-3995	0	-1997	2825
38.40	11618	-1354	3847	0	1923	2720

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb} - \frac{M}{hbbout}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 3472$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $3472 < 203328$ N, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.12.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	18588	-1919	-4910	49203	-2455	49325
25.60	6151	-2608	2932	15297	1466	15437
25.60	12344	-668	-3995	32979	-1997	33099
38.40	11618	-1354	3847	30677	1923	30798

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo} + \frac{M}{hobout}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 49325$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $49325 < 90432$ N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 226 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 49.2$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 49.2 kN < 134 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.12.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
12.80	18588	-1919	-4910	0	44376	0.01	0.36
25.60	6151	-2608	2932	0	13699	0.01	0.12
25.60	12344	-668	-3995	0	29773	0.01	0.25
38.40	11618	-1354	3847	0	27660	0.01	0.23

Resultierende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 2284 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Resultierende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 44376 \cdot 25.0 = 555$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 555 Nm < 736 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.12.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	1.66	0.00	1.66	1.92	0.01	0.01
verticaal	0.00	1.92	0.00	1.11	0.01	0.00
schotjes	0.00	1.92	0.00	1.11	0.01	0.00
kopplaat horizontaal	1.55	0.00	1.55	1.79	0.01	0.01
verticaal	0.00	1.79	0.00	1.03	0.00	0.00
schotjes	1.55	0.00	1.55	1.79	0.01	0.01

Controle: $0.01 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Tabel 3.12.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	65.40	0.00	65.40	75.52	0.36	0.23
verticaal	62.13	3.78	62.13	71.77	0.35	0.22
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	65.40	0.00	65.40	75.52	0.36	0.23
verticaal	62.13	3.78	62.13	71.77	0.35	0.22
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.36 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.4 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.12.4.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)		N(x) in [N] (+ = trek)		Q(x) in [N] (+ = ~~~)	
0.00 - 3.20	7884	-10727	-2235	-2235	-5472	-6163
3.20 - 6.40	-9994	-13252	-4507	-4507	-673	-1364
6.40 - 9.60	-13534	-5083	-3652	-3652	2986	2295
9.60 - 12.80	-5052	12717	-3760	-3760	5897	5205
38.40 - 41.60	18027	-1320	670	670	-5703	-6394
41.60 - 44.80	-1248	-11500	435	435	-2858	-3549
44.80 - 48.00	-11429	-12580	204	204	-14	-705
48.00 - 51.20	-12547	-4805	92	92	2764	2073

3.12.4.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - $u_{\text{vtoel}} = 12800 / 250 < 30.0 \text{ mm}$, dus: $u_{\text{vtoel}} = 30.0 \text{ mm}$

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{\text{max}} = -5.41 \text{ mm}$

- Controle van de 1e rij tralies:

Doorbuiging: $-5.4 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm}$, dus: voldoet.

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.4.2 Controle van de bovenrand:

3.12.4.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.12.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.12.42: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)		Systeem- lengte
x in [m]	Spant		[mm]
0.00 - 3.20	-20347	25045	3199
3.20 - 6.40	22122	30067	3200
6.40 - 9.60	31185	10573	3200
9.60 - 12.80	10443	-32897	3201
38.40 - 41.60	-43634	3556	3199
41.60 - 44.80	3261	28267	3200
44.80 - 48.00	27977	30784	3200
48.00 - 51.20	30648	11765	3201

3.12.4.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.12.4.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"		β_m	$\beta_m \times \beta_n$				
0.00- 3.20	-20347 25045	e-z	0.840	0.556	1778	1	0.07	0.09
9.60-12.80	10443 -32897	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.11	0.14
38.40-41.60	-43634 3556	m-z	0.843	0.592	1895	1	0.15	0.19

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{darely} - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.60 - 0.2) * (|-43634| / (0.787 * 291834 / 1.0))) = 0.97 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-43634| / (0.787 * 291834 / 1.0))) = 1.04 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.97, 1.04) = 0.97 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.58
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |NEd| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-43634| / (0.787 * 291834 / 1.0) + 0.97 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.190 + 0.000 = 0.190 \\
 UCstab.2 &= |NEd| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-43634| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.161 + 0.000 = 0.161
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.190, 0.161) = 0.190$$

- controle: 0.19 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.4.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -43634 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$

($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdare} l_{z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-43634| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.92$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-43634| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.02$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.92, 1.02) = 0.92$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.55$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-43634| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.92 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.161 + 0.000 = 0.161$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-43634| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.150 + 0.000 = 0.150$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.161, 0.150) = 0.161$

- controle: $0.16 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.4.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-43634|}{291834} = 0.15$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 31185 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|31185|}{291834} = 0.11$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.15 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.4.3 Controle van de onderrand:

3.12.4.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.12.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.12.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.12.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 3.20	18112 -27280	3199
3.20 - 6.40	-26629 -34575	3200
6.40 - 9.60	-34837 -14224	3200
9.60 - 12.80	-14202 29137	3201
38.40 - 41.60	44304 -2885	3199
41.60 - 44.80	-2826 -27831	3200
44.80 - 48.00	-27773 -30580	3200
48.00 - 51.20	-30556 -11673	3201

3.12.4.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.12.4.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	18112 -27280	e-z	0.851	0.705	2254	1	0.09	0.13
3.20- 6.40	-26629 -34575	z-z	0.856	1.010	3233	1	0.12	0.22
6.40- 9.60	-34837 -14224	z-z	0.856	0.909	2910	1	0.12	0.20
9.60-12.80	-14202 29137	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.05	0.07
38.40-41.60	44304 -2885	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.01	0.01
41.60-44.80	-2826 -27831	z-z	0.856	0.814	2605	1	0.10	0.15
44.80-48.00	-27773 -30580	z-z	0.856	1.046	3348	1	0.10	0.21
48.00-51.20	-30556 -11673	z-e	0.851	0.897	2872	1	0.10	0.18

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (1.02 - 0.2) * (|-34575| / (0.529 * 291834 / 1.0))) = 1.06 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-34575| / (0.529 * 291834 / 1.0))) = 1.06 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.06, 1.06) = 1.06 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.64
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-34575| / (0.529 * 291834 / 1.0) + 1.06 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.224 + 0.000 = 0.224 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-34575| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.64 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.119 + 0.000 = 0.119
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.224, 0.119) = 0.224$$

- controle: 0.22 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.4.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -34837 + |2986|/\tan(49.1) = -32254 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 \cdot l_{veld} = 0.50 \cdot 640 = 320 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.21 - 0.2) \cdot (|-32254| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.40$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-32254| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.44$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.44) = 0.40$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.24$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-32254| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.40 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.111 + 0.000 = 0.111$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-32254| / (1.000 \cdot 291834 / 1.0) + 0.24 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.111 + 0.000 = 0.111$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.111, 0.111) = 0.111$

- controle: $0.11 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.4.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-34837|}{291834} = 0.12$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 44304 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|44304|}{291834} = 0.15$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.15 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.4.4 Controle van de diagonalen:

3.12.4.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{ddmaxd} = 0$ N (zie tabel 3.12.4.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: $F_{punt} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0 = 0$ N

- Res.diag.drukkracht: $N_{ddiagd} = \frac{Q_{ddmaxd} - F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{0 - 0}{\sin(49.1)} = 0$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{8453}{109643} = 0.133$

controle: $0.133 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.4.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 3549$ N (zie tabel 3.12.4.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

- Res.diag.trekkracht: $N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{3549 + 0}{\sin(49.1)} = 4693$ N

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{4693}{63685} = 0.074$

- UC-Trek : $0.074 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 6394$ N (zie tabel 3.12.4.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

- Res. diagonaaldrukkracht: $N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-6394}{\sin(49.1)} = -8453$ N

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{8453}{104000} = 0.081$

- UC-Druk : $0.081 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.4.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = 0 N			Nd = - 8453 N		
Nt = 8453 N			Nt = 4693 N		
Fstev = 5530 N			Fstev = 3070 N		
Fstlo = 6394 N			Fstlo = 3549 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 0 N			Fsdev = 5530 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	12.21 N/mm ²	12.21 N/mm ²	6.78 N/mm ²	6.78 N/mm ²	
Tau2	14.94 N/mm ²	14.94 N/mm ²	8.29 N/mm ²	8.29 N/mm ²	
Sgm1	12.21 N/mm ²	12.21 N/mm ²	6.78 N/mm ²	6.78 N/mm ²	
SgmWst	20.54 N/mm ²	20.54 N/mm ²	11.40 N/mm ²	11.40 N/mm ²	
UC1	0.10	0.10	0.05	0.05	
UC2	0.04	0.04	0.02	0.02	
SgmWsd	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	14.94 N/mm ²	14.94 N/mm ²	
UC3	0.00	0.00	0.07	0.07	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.12	0.12	0.06	0.06	
UCd1	0.00	0.00	0.12	0.12	
UClas	0.10	0.10	0.07	0.07	
UCdia	0.12	0.12	0.12	0.12	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.10		0.07		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.10 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.4.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \text{ Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \text{ N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \text{ Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-43.63| * 0.01 * 14.4 = 6.3 \text{ Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.

- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} = \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}}} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$\text{kor} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.2 / 0.95) = 27.2 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 27.2 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-34.84| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 25.4 \text{ Nm}$$

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.4.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.12.4.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	7884	-2235	-5472	0	-2736	3870
12.80	12717	-3760	5205	0	2603	3681
38.40	18027	670	-5703	0	-2851	4032
51.20	-4805	92	2073	13013	1036	13095

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb} - \frac{M}{hbbout}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 13095$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $13095 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.12.4.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	7884	-2235	-5472	20159	-2736	20527
12.80	12717	-3760	5205	32440	2603	32648
38.40	18027	670	-5703	48985	-2851	49151
51.20	-4805	92	2073	0	1036	1466

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo} + \frac{M}{hobout}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 49151$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $49151 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.4.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 13.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $13.0 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 49.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $49.0 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.4.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.12.4.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
0.00	7884	-2235	-5472	0	18112	0.01	0.16
12.80	12717	-3760	5205	0	29137	0.01	0.25
38.40	18027	670	-5703	0	44304	0.01	0.36
51.20	-4805	92	2073	11765	0	0.05	0.01

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 11765 \cdot 25.0 = 147 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $147 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 44304 \cdot 25.0 = 554 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $554 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.12.4.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.12.4.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	7.97	0.00	7.97	9.21	0.04	0.03
verticaal	7.27	0.81	7.27	8.41	0.04	0.03
schotjes	7.27	0.81	7.27	8.41	0.04	0.03
kopplaat horizontaal	8.45	0.00	8.45	9.76	0.05	0.03
verticaal	7.80	0.75	7.80	9.02	0.04	0.03
schotjes	0.65	9.01	0.65	5.26	0.03	0.00

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Tabel 3.12.4.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	65.65	0.00	65.65	75.81	0.36	0.23
verticaal	61.85	4.39	61.85	71.47	0.34	0.21
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	65.65	0.00	65.65	75.81	0.36	0.23
verticaal	61.85	4.39	61.85	71.47	0.34	0.21
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.36 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 3200 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 5432 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r1 = 800 / bkg < 2.0$;
 $800 / 800 = 1.00$, dus $r1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r2 = 1125 / bd < 2.0$;
 $1125 / 1125 = 1.00$, dus $r2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r1 < 50.0$ mm;
 $3200 / 100 * 1.00 = 40.0$ mm, dus ugevel = 65.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4500 * 1.00 = 30.0$ mm, dus udek = 70.1 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 65.0 + 70.1 = 65.2 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(42.7 , 0.1 , 60.0) = 128.0 mm

3.13 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.1 Berekening van de belastingen per tralie:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 140)$ = 140 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.50$ = 315 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.00 * 533 * 0.98)$ = 520 N/m²
 - (fCdim = Cdim; lr*Cdim; par/Cdim = $0.83 * 0.85 / 0.72 = 0.98$)

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 140)$ = 140 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.50$ = 315 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.28 * 533)$ = 679 N/m²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

- Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
- Knoop * = zwevende goot 1e rij tralies
- Knoop * = middenkolom

- Horizontale belasting:
 - $F_{k,hor} = (3.200 - 0.5 * 2.875) * (679 * (+0.60 - (0.20))) * 4.50 = 2176 \text{ N}$
- Verticale belasting:
 - $F_{vg} = \text{eigen gewicht goot} = (1.00 * 70) * 4.50 = 315 \text{ N}$
 - $F_{k,vert} = -0.5 * F_{vg}$
 - $F^*,_{vert} \text{ t.p.v. een goot} = F_{vg}$

3.13.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.13.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

gevel	*	1e kap	2e kap	x	aantal hor.	eindkap	gevel	Druk in
druk	+	1e kap	2e kap				zuig	de kas
+0.60		+0.30	-1.00	-0.70	-0.50	-0.40	-0.40	+0.30
								0.20

3.13.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.00
Installaties	0.00	0.00
Sneeuw	0.00	0.00
Wind	1.00	1.28
gewas	0.00	0.00

3.13.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*ggewas	
		= 0.00*450.0 + 1.00*215.9 + 0.00*0.0	qtral = 215.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*sin(dek)	
		= [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 272.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*cos(dek)	
		= [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 472.5 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(+0.30-0.20)	qdek.L1 = 712.1 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-1.00-0.20)	qdek.L2 = -2403.1 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.70-0.20)	qdek.L3 = -1684.2 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.50-0.20)	qdek.L4 = -1204.9 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm1 = -965.3 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm2 = -965.3 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le1 = -965.3 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le2 = -965.3 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*1.00*532.5*4.5*3.2/0.92*0.70	FhwCpf = 175 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.00*4267.6*(0.6 -0.2)*0.70 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1201 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*3400.7*(0.6 -0.2)	Fhw.fh = 1360 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.00*4267.6*(0.3 +0.2)*0.70 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1501 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*3400.7*(0.3 +0.2)	Fhw.fh = 1700 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 0.00*450.0 + 1.00*215.9 + 0.00*0.0	qtral = 215.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 272.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 472.5 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(+0.30-0.20)	qdek.L1 = 778.0 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-1.00-0.20)	qdek.L2 = -3193.9 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.70-0.20)	qdek.L3 = -2277.3 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.50-0.20)	qdek.L4 = -1666.2 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm1 = -1360.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm2 = -1360.7 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le1 = -1360.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le2 = -1360.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*1.28*532.5*4.5*3.2/0.92*0.72	FhwCpf = 229 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.28*4267.6*(0.6 -0.2)*0.72 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1567 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.28*3400.7*(0.6 -0.2)	Fhw.fh = 1734 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.28*4267.6*(0.3 +0.2)*0.72 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1959 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.28*3400.7*(0.3 +0.2)	Fhw.fh = 2168 N

Tabel 3.13.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen		
	Rekentoestand		Oplegreacties				gebruikstoestand		
	X-as [mm]	Y-as [mm]	X-as [N]	Y-as [N]	X-as [N]	Y-as [N]	X-verpl [mm]	Y-verpl [mm]	U_lijn [mm]
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	
1	-0.011	0.000	1734	0	-4212	-5936			0.000
2	-0.006	1.438							0.000
3	-0.001	2.670							0.000
6	0.000	3.200	0	-158					0.000
7	1.600	4.124							0.000
8	3.200	3.200	0	-315					0.000
9	4.800	4.124							0.000
10	6.400	3.200	0	-315					0.000
11	8.000	4.124							0.000
12	9.600	3.200	0	-315					0.000
13	11.200	4.124	229	0					0.000
4	0.000	2.875	2176	0			35.39	-0.09	0.000
14	0.319	2.875					35.39	0.25	-0.337
15	1.599	2.875					35.39	1.81	-1.895
16	3.199	2.875					35.38	3.74	-3.814
17	4.799	2.875					35.37	4.99	-5.059
18	6.399	2.875					35.36	5.35	-5.412
19	7.999	2.875					35.35	4.71	-4.766
20	9.599	2.875					35.34	3.31	-3.360
21	11.199	2.875					35.33	1.52	-1.563
22	12.479	2.875					35.32	0.22	-0.263
23	12.789	0.000			-2067	-13651			0.000
24	12.794	1.438							0.000
25	12.799	2.670							0.000
28	12.800	3.200	0	-315					0.000
29	14.400	4.124	229	0					0.000
30	16.000	3.200	0	-315					0.000
31	17.600	4.124	229	0					0.000
32	19.200	3.200	0	-315					0.000
33	20.800	4.124	229	0					0.000
34	22.400	3.200	0	-315					0.000
35	24.000	4.124	229	0					0.000
26	12.800	2.875					35.31	-0.04	0.000
36	13.119	2.875					35.31	-0.25	0.213
37	14.399	2.875					35.31	-0.60	0.556
38	15.999	2.875					35.31	-0.26	0.213
39	17.599	2.875					35.30	0.37	-0.416
40	19.199	2.875					35.29	0.92	-0.969
41	20.799	2.875					35.29	1.11	-1.170
42	22.399	2.875					35.28	0.94	-0.993
43	23.999	2.875					35.27	0.44	-0.499
44	25.279	2.875					35.27	0.02	-0.084
45	25.589	0.000			-2167	-10462			0.000
46	25.594	1.438							0.000
47	25.599	2.670							0.000
50	25.600	3.200	0	-315					0.000
51	27.200	4.124	229	0					0.000
52	28.800	3.200	0	-315					0.000
53	30.400	4.124	229	0					0.000
54	32.000	3.200	0	-315					0.000
55	33.600	4.124	229	0					0.000
56	35.200	3.200	0	-315					0.000
57	36.800	4.124	229	0					0.000
48	25.600	2.875					35.27	-0.06	0.000
58	25.919	2.875					35.27	-0.12	0.060
59	27.199	2.875					35.27	-0.04	-0.020
60	28.799	2.875					35.26	0.47	-0.530
61	30.399	2.875					35.26	0.98	-1.038
62	31.999	2.875					35.26	1.25	-1.306
63	33.599	2.875					35.26	1.13	-1.180
64	35.199	2.875					35.26	0.71	-0.756
65	36.799	2.875					35.25	0.17	-0.218
66	38.079	2.875					35.25	-0.05	0.004
67	38.389	0.000			-2252	-13085			0.000
68	38.394	1.438							0.000
69	38.399	2.670							0.000
72	38.400	3.200	0	-315					0.000

73	40.000	4.124	229	0				0.000
74	41.600	3.200	0	-315				0.000
75	43.200	4.124	229	0				0.000
76	44.800	3.200	0	-315				0.000
77	46.400	4.124	229	0				0.000
78	48.000	3.200	0	-315				0.000
79	49.600	4.124						0.000
80	38.400	2.875			35.25	-0.05		0.000
81	38.719	2.875			35.25	0.00	-0.049	
82	39.999	2.875			35.25	0.66	-0.715	
83	41.599	2.875			35.25	2.10	-2.163	
84	43.199	2.875			35.26	3.57	-3.633	
85	44.799	2.875			35.26	4.59	-4.666	
86	46.399	2.875			35.26	4.80	-4.885	
87	47.999	2.875			35.26	4.08	-4.168	
88	49.599	2.875			35.26	2.37	-2.474	
89	50.879	2.875			35.26	0.44	-0.548	
90	51.189	0.000	2168	0	-3949	-3840		0.000
91	51.194	1.438						0.000
92	51.199	2.670						0.000
93	51.200	2.875	2721	0				0.000
94	51.201	3.080						
94	51.200	3.200	0	-158		35.26	-0.11	

Tabel 3.13.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaf nr.	Profiel			B	E	G	I	N			E	I	N	D
		X-as	Y-as	Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment					
		[N/m]	[N/m]	[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]					

1	RHBK100*100*3.			5945	2458	-0		5945	2458	3533				
2	RHBK100*100*3.			5947	2453	3533		5947	2453	6556				
3	RHBK100*100*3.			5945	2458	6556		5945	2458	7060				
4	RHBK100*100*3.			472	2535	-824		472	2535	-305				
5	RHBK100*100*3.			450	2539	-305		450	2539	-0				
6	RHBK80*50*3.0			5498	2254	-733		5498	2254	-0				
7	RHBK80*50*3.0			4347	-870	283		4347	-870	-0				
8	RHBK80*50*3.0			3602	96	-31		3602	96	-0				
9	Roede dek	-272.8	-778.0	2507	730	0		3011	-708	20				
10	Roede dek	272.8	3193.9	893	-2962	20		389	2939	0				
11	Roede dek	-272.8	2277.3	2520	-2085	0		3024	2122	34				
12	Roede dek	272.8	1666.2	3350	-1558	34		2846	1521	0				
13	Roede dek	-272.8	1360.7	1697	-1243	0		2201	1271	26				
14	Roede dek	272.8	1360.7	2201	-1271	26		1697	1243	0				
15	Roede dek	-272.8	1360.7	1824	-1246	0		2328	1268	20				
16	Roede dek	272.8	1360.7	2064	-1268	20		1560	1246	0				
17	1e tralie	0.0	-215.9	-2235	-5472	7884		-2235	-5541	6128				
18	1e tralie	0.0	-215.9	-2235	-5541	6128		-2235	-5818	-1142				
19	1e tralie	0.0	-215.9	-2235	-5818	-1142		-2235	-6163	-10727				
20	1e tralie	0.0	-215.9	-4507	-673	-9994		-4507	-1018	-11346				
21	1e tralie	0.0	-215.9	-4507	-1018	-11346		-4507	-1364	-13252				
22	1e tralie	0.0	-215.9	-3652	2986	-13534		-3652	2641	-9032				
23	1e tralie	0.0	-215.9	-3652	2641	-9032		-3652	2295	-5083				
24	1e tralie	0.0	-215.9	-3760	5897	-5052		-3760	5551	4106				
25	1e tralie	0.0	-215.9	-3760	5551	4106		-3760	5275	11035				
26	1e tralie	0.0	-215.9	-3760	5275	11035		-3760	5205	12717				
27	RHBK100*100*3.			13657	2021	-0		13657	2021	2906				
28	RHBK100*100*3.			13659	2009	2906		13659	2009	5383				
29	RHBK100*100*3.			13657	2021	5383		13657	2021	5797				
30	RHBK100*100*3.			3536	214	-73		3536	214	-30				
31	RHBK100*100*3.			3534	246	-30		3534	246	-0				
32	RHBK80*50*3.0			3536	222	-72		3536	222	-0				
33	RHBK80*50*3.0			3536	218	-71		3536	218	0				
34	RHBK80*50*3.0			3536	214	-70		3536	214	-0				
35	Roede dek	-272.8	1360.7	1821	-1248	0		2325	1266	17				
36	Roede dek	272.8	1360.7	2061	-1266	17		1557	1248	0				
37	Roede dek	-272.8	1360.7	1826	-1245	0		2330	1269	22				
38	Roede dek	272.8	1360.7	2066	-1269	22		1562	1245	0				
39	Roede dek	-272.8	1360.7	1827	-1244	0		2331	1270	24				
40	Roede dek	272.8	1360.7	2067	-1270	24		1563	1244	0				
41	Roede dek	-272.8	1360.7	1825	-1246	0		2329	1268	21				
42	Roede dek	272.8	1360.7	2065	-1268	21		1561	1246	0				
43	2e tralie	0.0	-215.9	-1919	-4910	18588		-1919	-4979	17011				
44	2e tralie	0.0	-215.9	-1919	-4979	17011		-1919	-5255	10461				

45	2e tralie	0.0	-215.9	-1919	-5255	10461	-1919	-5601	1776
46	2e tralie	0.0	-215.9	-2153	-2065	1848	-2153	-2411	-1733
47	2e tralie	0.0	-215.9	-2153	-2411	-1733	-2153	-2756	-5867
48	2e tralie	0.0	-215.9	-2383	779	-5796	-2383	433	-4826
49	2e tralie	0.0	-215.9	-2383	433	-4826	-2383	88	-4409
50	2e tralie	0.0	-215.9	-2608	3623	-4340	-2608	3277	1181
51	2e tralie	0.0	-215.9	-2608	3277	1181	-2608	3001	5199
52	2e tralie	0.0	-215.9	-2608	3001	5199	-2608	2932	6151
53	RHBK100*100*3.			10469	2132	-0	10469	2132	3065
54	RHBK100*100*3.			10471	2123	3065	10471	2123	5682
55	RHBK100*100*3.			10469	2132	5682	10469	2132	6119
56	RHBK100*100*3.			3536	215	-74	3536	215	-30
57	RHBK100*100*3.			3534	247	-30	3534	247	-0
58	RHBK80*50*3.0			3536	221	-72	3536	221	-0
59	RHBK80*50*3.0			3536	217	-70	3536	217	-0
60	RHBK80*50*3.0			3536	213	-69	3536	213	-0
61	Roede dek	-272.8	1360.7	1823	-1246	0	2327	1268	19
62	Roede dek	272.8	1360.7	2063	-1268	19	1559	1246	0
63	Roede dek	-272.8	1360.7	1827	-1244	0	2331	1269	23
64	Roede dek	272.8	1360.7	2067	-1269	23	1563	1244	0
65	Roede dek	-272.8	1360.7	1827	-1244	0	2331	1270	23
66	Roede dek	272.8	1360.7	2067	-1270	23	1563	1244	0
67	Roede dek	-272.8	1360.7	1823	-1246	0	2327	1268	19
68	Roede dek	272.8	1360.7	2063	-1268	19	1559	1246	0
69	2e tralie	0.0	-215.9	-668	-3995	12344	-668	-4064	11059
70	2e tralie	0.0	-215.9	-668	-4064	11059	-668	-4340	5680
71	2e tralie	0.0	-215.9	-668	-4340	5680	-668	-4686	-1540
72	2e tralie	0.0	-215.9	-901	-1150	-1469	-901	-1496	-3586
73	2e tralie	0.0	-215.9	-901	-1496	-3586	-901	-1842	-6256
74	2e tralie	0.0	-215.9	-1130	1694	-6185	-1130	1348	-3752
75	2e tralie	0.0	-215.9	-1130	1348	-3752	-1130	1003	-1871
76	2e tralie	0.0	-215.9	-1354	4538	-1802	-1354	4192	5183
77	2e tralie	0.0	-215.9	-1354	4192	5183	-1354	3916	10372
78	2e tralie	0.0	-215.9	-1354	3916	10372	-1354	3847	11618
79	RHBK100*100*3.			13092	2208	-0	13092	2208	3175
80	RHBK100*100*3.			13094	2197	3175	13094	2197	5882
81	RHBK100*100*3.			13092	2208	5882	13092	2208	6335
82	RHBK100*100*3.			3536	216	-74	3536	216	-30
83	RHBK100*100*3.			3534	248	-30	3534	248	0
84	RHBK80*50*3.0			3536	223	-73	3536	223	0
85	RHBK80*50*3.0			3536	219	-71	3536	219	-0
86	RHBK80*50*3.0			3470	101	-33	3470	101	-0
87	Roede dek	-272.8	1360.7	1822	-1247	0	2326	1267	18
88	Roede dek	272.8	1360.7	2062	-1267	18	1558	1247	0
89	Roede dek	-272.8	1360.7	1828	-1244	0	2332	1270	24
90	Roede dek	272.8	1360.7	2068	-1270	24	1564	1244	0
91	Roede dek	-272.8	1360.7	1830	-1243	0	2334	1271	26
92	Roede dek	272.8	1360.7	2070	-1271	26	1566	1243	0
93	Roede dek	-272.8	1360.7	1696	-1243	0	2200	1270	25
94	Roede dek	272.8	1360.7	2200	-1270	25	1696	1243	0
95	1e tralie	0.0	-215.9	670	-5703	18027	670	-5772	16198
96	1e tralie	0.0	-215.9	670	-5772	16198	670	-6048	8633
97	1e tralie	0.0	-215.9	670	-6048	8633	670	-6394	-1320
98	1e tralie	0.0	-215.9	435	-2858	-1248	435	-3204	-6098
99	1e tralie	0.0	-215.9	435	-3204	-6098	435	-3549	-11500
100	1e tralie	0.0	-215.9	204	-14	-11429	204	-360	-11728
101	1e tralie	0.0	-215.9	204	-360	-11728	204	-705	-12580
102	1e tralie	0.0	-215.9	92	2764	-12547	92	2419	-8401
103	1e tralie	0.0	-215.9	92	2419	-8401	92	2142	-5482
104	1e tralie	0.0	-215.9	92	2142	-5482	92	2073	-4805
105	RHBK100*100*3.			3846	1769	0	3846	1769	2542
106	RHBK100*100*3.			3848	1765	2542	3848	1765	4718
107	RHBK100*100*3.			3846	1769	4718	3846	1769	5080
108	RHBK100*100*3.			1765	-853	275	1765	-853	100
109	RHBK100*100*3.			1772	-837	100	1772	-837	0

3.13.3 De krachtsverdeling in de 2e rij tralies:

Tabel 3.13.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)		N(x) in [N] (+ = trek)		Q(x) in [N] (+ = ~~-)	
12.80 - 16.00	18588	1776	-1919	-1919	-4910	-5601
16.00 - 19.20	1848	-5867	-2153	-2153	-2065	-2756
19.20 - 22.40	-5796	-4409	-2383	-2383	779	88
22.40 - 25.60	-4340	6151	-2608	-2608	3623	2932
25.60 - 28.80	12344	-1540	-668	-668	-3995	-4686
28.80 - 32.00	-1469	-6256	-901	-901	-1150	-1842
32.00 - 35.20	-6185	-1871	-1130	-1130	1694	1003
35.20 - 38.40	-1802	11618	-1354	-1354	4538	3847

3.13.3.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - uvtoel = $12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: uvtoel = 30.0 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:
 - doorbuiging $u_{max} = -1.31$ mm

- Controle van de 2e rij tralies:
 Doorbuiging: -1.3 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.3.2 Controle van de bovenrand:

3.13.3.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.13.3.1)
 met: Effectieve spanhoogte: 410.0 mm

Tabel 3.13.32: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)		Systeem- lengte
x in [m]	Spant		[mm]
12.80 - 16.00	-46295	-5292	3199
16.00 - 19.20	-5585	13232	3200
19.20 - 22.40	12944	9563	3200
22.40 - 25.60	9280	-16308	3201
25.60 - 28.80	-30441	3423	3199
28.80 - 32.00	3131	14807	3200
32.00 - 35.20	14521	3998	3200
35.20 - 38.40	3717	-29014	3201

3.13.3.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.13.3.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	-46295 -5292	m-z	0.843	0.645	2063	1	0.16	0.21
16.00-19.20	-5585 13232	z-z	0.844	0.559	1787	1	0.02	0.02
22.40-25.60	9280 -16308	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.06	0.07
25.60-28.80	-30441 3423	m-z	0.843	0.584	1867	1	0.10	0.13
35.20-38.40	3717 -29014	z-m	0.843	0.579	1854	1	0.10	0.13

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{darely} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.65 - 0.2) * (|-46295| / (0.755 * 291834 / 1.0))) = 0.99 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-46295| / (0.755 * 291834 / 1.0))) = 1.05 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.99, 1.05) = 0.99 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.59
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-46295| / (0.755 * 291834 / 1.0) + 0.99 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.210 + 0.000 = 0.210 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-46295| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.59 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.170 + 0.000 = 0.170
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.210, 0.170) = 0.210$$

- controle: 0.21 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -46295 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdarel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-46295| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.92$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-46295| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.02$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.92, 1.02) = 0.92$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.55$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-46295| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.92 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.170 + 0.000 = 0.170$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-46295| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.159 + 0.000 = 0.159$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.170, 0.159) = 0.170$

- controle: $0.17 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-46295|}{291834} = 0.16$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 14807 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|14807|}{291834} = 0.05$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.16 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.3.3 Controle van de onderrand:

3.13.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.13.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.13.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.13.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant		Systeem- lengte [mm]
12.80 - 16.00	44376	3373	3199
16.00 - 19.20	3432	-15385	3200
19.20 - 22.40	-15327	-11946	3200
22.40 - 25.60	-11889	13699	3201
25.60 - 28.80	29773	-4091	3199
28.80 - 32.00	-4032	-15708	3200
32.00 - 35.20	-15651	-5128	3200
35.20 - 38.40	-5072	27660	3201

3.13.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.13.3.3:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
16.00-19.20	3432	-15385	z-z	0.856	0.708	2266	1	0.05	0.07
19.20-22.40	-15327	-11946	z-z	0.856	1.013	3241	1	0.05	0.10
22.40-25.60	-11889	13699	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.04	0.06
25.60-28.80	29773	-4091	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.01	0.02
28.80-32.00	-4032	-15708	z-z	0.856	0.864	2764	1	0.05	0.09
32.00-35.20	-15651	-5128	z-z	0.856	0.885	2833	1	0.05	0.09
35.20-38.40	-5072	27660	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.02	0.02

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (1.02 - 0.2) * (|-15327| / (0.528 * 291834 / 1.0))) = 0.97 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-15327| / (0.528 * 291834 / 1.0))) = 0.97 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.97, 0.97) = 0.97 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.58
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-15327| / (0.528 * 291834 / 1.0) + 0.97 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.100 + 0.000 = 0.100 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-15327| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.053 + 0.000 = 0.053
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.100, 0.053) = 0.100$$

- controle: $0.10 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -15708 + |-1842|/\tan(49.1) = -14116$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 \cdot l_{veld} = 0.50 \cdot 640 = 320$ mm

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.21 - 0.2) \cdot (|-14116| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.40$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-14116| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.42$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.42) = 0.40$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.24$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-14116| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.40 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.049 + 0.000 = 0.049$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-14116| / (1.000 \cdot 291834 / 1.0) + 0.24 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.048 + 0.000 = 0.048$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.049, 0.048) = 0.049$

- controle: $0.05 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-15708|}{291834} = 0.05$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 44376$ N

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|44376|}{291834} = 0.15$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.15 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.3.4 Controle van de diagonalen:

3.13.3.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{ddmaxd} = 0$ N (zie tabel 3.13.3.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: $F_{punt} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0 = 0$ N

- Res.diag.drukkracht: $N_{ddiagd} = \frac{Q_{ddmaxd} - F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{0 - 0}{\sin(49.1)} = 0$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{7405}{109643} = 0.116$

controle: $0.116 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.3.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 2756$ N (zie tabel 3.13.3.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{2756 + 0}{\sin(49.1)} = 3644 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{3644}{63685} = 0.057$$

- UC-Trek : $0.057 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 5601$ N (zie tabel 3.13.3.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-5601}{\sin(49.1)} = -7405 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{7405}{104000} = 0.071$$

- UC-Druk : $0.071 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = 0 N			Nd = - 7405 N		
Nt = 7405 N			Nt = 3644 N		
Fstev = 4844 N			Fstev = 2384 N		
Fstlo = 5601 N			Fstlo = 2756 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 0 N			Fsdev = 4844 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	10.70 N/mm ²	10.70 N/mm ²	5.27 N/mm ²	5.27 N/mm ²	
Tau2	13.08 N/mm ²	13.08 N/mm ²	6.44 N/mm ²	6.44 N/mm ²	
Sgm1	10.70 N/mm ²	10.70 N/mm ²	5.27 N/mm ²	5.27 N/mm ²	
SgmWst	17.99 N/mm ²	17.99 N/mm ²	8.86 N/mm ²	8.86 N/mm ²	
UC1	0.09	0.09	0.04	0.04	
UC2	0.04	0.04	0.02	0.02	
SgmWsd	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	13.08 N/mm ²	13.08 N/mm ²	
UC3	0.00	0.00	0.06	0.06	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.10	0.10	0.05	0.05	
UCd1	0.00	0.00	0.10	0.10	
UClas	0.09	0.09	0.06	0.06	
UCdia	0.10	0.10	0.10	0.10	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.09		0.06		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.09 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.3.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \text{ Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \text{ N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \text{ Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-46.29| * 0.01 * 14.4 = 6.7 \text{ Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.

- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} = \frac{4500}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}}} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$\text{kor} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: kcr = 115.5 N/mm (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.1 / 0.95) = 12.1 \text{ N/mm}$$

- Controle: 135.6 N/mm > 12.1 N/mm, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-15.71| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 11.4 \text{ Nm}$$

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.13.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	18588	-1919	-4910	0	-2455	3472
25.60	6151	-2608	2932	0	1466	2073
25.60	12344	-668	-3995	0	-1997	2825
38.40	11618	-1354	3847	0	1923	2720

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 3472$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $3472 < 203328$ N, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.13.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	18588	-1919	-4910	49203	-2455	49325
25.60	6151	-2608	2932	15297	1466	15437
25.60	12344	-668	-3995	32979	-1997	33099
38.40	11618	-1354	3847	30677	1923	30798

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 49325$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $49325 < 90432$ N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 226 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 49.2$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 49.2 kN < 134 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.13.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
12.80	18588	-1919	-4910	0	44376	0.01	0.36
25.60	6151	-2608	2932	0	13699	0.01	0.12
25.60	12344	-668	-3995	0	29773	0.01	0.25
38.40	11618	-1354	3847	0	27660	0.01	0.23

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 2284 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 44376 \cdot 25.0 = 555$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 555 Nm < 736 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.13.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	1.66	0.00	1.66	1.92	0.01	0.01
verticaal	0.00	1.92	0.00	1.11	0.01	0.00
schotjes	0.00	1.92	0.00	1.11	0.01	0.00
kopplaat horizontaal	1.55	0.00	1.55	1.79	0.01	0.01
verticaal	0.00	1.79	0.00	1.03	0.00	0.00
schotjes	1.55	0.00	1.55	1.79	0.01	0.01

Controle: $0.01 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Tabel 3.13.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	65.40	0.00	65.40	75.52	0.36	0.23
verticaal	62.13	3.78	62.13	71.77	0.35	0.22
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	65.40	0.00	65.40	75.52	0.36	0.23
verticaal	62.13	3.78	62.13	71.77	0.35	0.22
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.36 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.4 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.13.4.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)		N(x) in [N] (+ = trek)		Q(x) in [N] (+ = ~~~)	
0.00 - 3.20	7884	-10727	-2235	-2235	-5472	-6163
3.20 - 6.40	-9994	-13252	-4507	-4507	-673	-1364
6.40 - 9.60	-13534	-5083	-3652	-3652	2986	2295
9.60 - 12.80	-5052	12717	-3760	-3760	5897	5205
38.40 - 41.60	18027	-1320	670	670	-5703	-6394
41.60 - 44.80	-1248	-11500	435	435	-2858	-3549
44.80 - 48.00	-11429	-12580	204	204	-14	-705
48.00 - 51.20	-12547	-4805	92	92	2764	2073

3.13.4.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - $u_{\text{vtoel}} = 12800 / 250 < 30.0 \text{ mm}$, dus: $u_{\text{vtoel}} = 30.0 \text{ mm}$

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{\text{max}} = -5.41 \text{ mm}$

- Controle van de 1e rij tralies:

Doorbuiging: $-5.4 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm}$, dus: voldoet.

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.4.2 Controle van de bovenrand:

3.13.4.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.13.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.13.42: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)		Systeem- lengte
x in [m]	Spant		[mm]
0.00 - 3.20	-20347	25045	3199
3.20 - 6.40	22122	30067	3200
6.40 - 9.60	31185	10573	3200
9.60 - 12.80	10443	-32897	3201
38.40 - 41.60	-43634	3556	3199
41.60 - 44.80	3261	28267	3200
44.80 - 48.00	27977	30784	3200
48.00 - 51.20	30648	11765	3201

3.13.4.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.13.4.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"		β_m	$\beta_m \times \beta_n$				
0.00- 3.20	-20347 25045	e-z	0.840	0.556	1778	1	0.07	0.09
9.60-12.80	10443 -32897	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.11	0.14
38.40-41.60	-43634 3556	m-z	0.843	0.592	1895	1	0.15	0.19

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{darel.y} - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.60 - 0.2) * (|-43634| / (0.787 * 291834 / 1.0))) = 0.97 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-43634| / (0.787 * 291834 / 1.0))) = 1.04 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.97, 1.04) = 0.97 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.58
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |NEd| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-43634| / (0.787 * 291834 / 1.0) + 0.97 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.190 + 0.000 = 0.190 \\
 UCstab.2 &= |NEd| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-43634| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.161 + 0.000 = 0.161
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.190, 0.161) = 0.190$$

- controle: 0.19 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.4.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -43634 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$

($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z.2} &= C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdare} l_{z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-43634| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.92 \\ K_{z.3} &= C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-43634| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.02 \\ K_{z.b} &= \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.92, 1.02) = 0.92 \\ K_{y.b} &= 0.6 * K_{z.b} = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ &= |-43634| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.92 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0) \\ &= 0.161 + 0.000 = 0.161 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ &= |-43634| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0) \\ &= 0.150 + 0.000 = 0.150 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.161, 0.150) = 0.161$$

- controle: $0.16 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.4.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-43634|}{291834} = 0.15$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 31185 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|31185|}{291834} = 0.11$$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.15 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay down wind)

3.13.4.3 Controle van de onderrand:

3.13.4.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.13.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.13.4.1)
 - met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.13.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 3.20	18112 -27280	3199
3.20 - 6.40	-26629 -34575	3200
6.40 - 9.60	-34837 -14224	3200
9.60 - 12.80	-14202 29137	3201
38.40 - 41.60	44304 -2885	3199
41.60 - 44.80	-2826 -27831	3200
44.80 - 48.00	-27773 -30580	3200
48.00 - 51.20	-30556 -11673	3201

3.13.4.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.13.4.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	18112 -27280	e-z	0.851	0.705	2254	1	0.09	0.13
3.20- 6.40	-26629 -34575	z-z	0.856	1.010	3233	1	0.12	0.22
6.40- 9.60	-34837 -14224	z-z	0.856	0.909	2910	1	0.12	0.20
9.60-12.80	-14202 29137	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.05	0.07
38.40-41.60	44304 -2885	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.01	0.01
41.60-44.80	-2826 -27831	z-z	0.856	0.814	2605	1	0.10	0.15
44.80-48.00	-27773 -30580	z-z	0.856	1.046	3348	1	0.10	0.21
48.00-51.20	-30556 -11673	z-e	0.851	0.897	2872	1	0.10	0.18

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (1.02 - 0.2) * (|-34575| / (0.529 * 291834 / 1.0))) = 1.06 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-34575| / (0.529 * 291834 / 1.0))) = 1.06 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.06, 1.06) = 1.06 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.64
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-34575| / (0.529 * 291834 / 1.0) + 1.06 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.224 + 0.000 = 0.224 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-34575| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.64 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.119 + 0.000 = 0.119
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.224, 0.119) = 0.224$$

- controle: 0.22 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.4.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -34837 + |2986|/\tan(49.1) = -32254 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 \cdot l_{veld} = 0.50 \cdot 640 = 320 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.21 - 0.2) \cdot (|-32254| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.40$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-32254| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.44$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.44) = 0.40$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.24$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-32254| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.40 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.111 + 0.000 = 0.111$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-32254| / (1.000 \cdot 291834 / 1.0) + 0.24 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.111 + 0.000 = 0.111$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.111, 0.111) = 0.111$

- controle: $0.11 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.4.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-34837|}{291834} = 0.12$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 44304 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|44304|}{291834} = 0.15$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.15 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.4.4 Controle van de diagonalen:

3.13.4.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{ddmaxd} = 0$ N (zie tabel 3.13.4.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: $F_{punt} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0 = 0$ N

- Res.diag.drukkracht: $N_{ddiagd} = \frac{Q_{ddmaxd} - F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{0 - 0}{\sin(49.1)} = 0$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{8453}{109643} = 0.133$

controle: $0.133 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.4.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 3549$ N (zie tabel 3.13.4.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{3549 + 0}{\sin(49.1)} = 4693 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{4693}{63685} = 0.074$$

- UC-Trek : $0.074 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 6394$ N (zie tabel 3.13.4.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-6394}{\sin(49.1)} = -8453 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{8453}{104000} = 0.081$$

- UC-Druk : $0.081 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.4.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = 0 N			Nd = - 8453 N		
Nt = 8453 N			Nt = 4693 N		
Fstev = 5530 N			Fstev = 3070 N		
Fstlo = 6394 N			Fstlo = 3549 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 0 N			Fsdev = 5530 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	12.21 N/mm ²	12.21 N/mm ²	6.78 N/mm ²	6.78 N/mm ²	
Tau2	14.94 N/mm ²	14.94 N/mm ²	8.29 N/mm ²	8.29 N/mm ²	
Sgm1	12.21 N/mm ²	12.21 N/mm ²	6.78 N/mm ²	6.78 N/mm ²	
SgmWst	20.54 N/mm ²	20.54 N/mm ²	11.40 N/mm ²	11.40 N/mm ²	
UC1	0.10	0.10	0.05	0.05	
UC2	0.04	0.04	0.02	0.02	
SgmWsd	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	14.94 N/mm ²	14.94 N/mm ²	
UC3	0.00	0.00	0.07	0.07	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.12	0.12	0.06	0.06	
UCd1	0.00	0.00	0.12	0.12	
UClas	0.10	0.10	0.07	0.07	
UCdia	0.12	0.12	0.12	0.12	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.10		0.07		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.10 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.4.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \text{ Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \text{ N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \text{ Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-43.63| * 0.01 * 14.4 = 6.3 \text{ Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.

- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{k_{\text{ozk}}} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}} \cdot 2} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716 \cdot 2} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$\text{kor} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.2 / 0.95) = 27.2 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 27.2 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-34.84| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 25.4 \text{ Nm}$$

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.4.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.13.4.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	7884	-2235	-5472	0	-2736	3870
12.80	12717	-3760	5205	0	2603	3681
38.40	18027	670	-5703	0	-2851	4032
51.20	-4805	92	2073	13013	1036	13095

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb} - \frac{M}{hbbout}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 13095$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $13095 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.13.4.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	7884	-2235	-5472	20159	-2736	20527
12.80	12717	-3760	5205	32440	2603	32648
38.40	18027	670	-5703	48985	-2851	49151
51.20	-4805	92	2073	0	1036	1466

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo} + \frac{M}{hobout}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 49151$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $49151 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.4.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 13.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $13.0 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 49.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $49.0 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.4.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.13.4.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
0.00	7884	-2235	-5472	0	18112	0.01	0.16
12.80	12717	-3760	5205	0	29137	0.01	0.25
38.40	18027	670	-5703	0	44304	0.01	0.36
51.20	-4805	92	2073	11765	0	0.05	0.01

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 11765 \cdot 25.0 = 147 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $147 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 44304 \cdot 25.0 = 554 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $554 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.13.4.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.13.4.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	7.97	0.00	7.97	9.21	0.04	0.03
verticaal	7.27	0.81	7.27	8.41	0.04	0.03
schotjes	7.27	0.81	7.27	8.41	0.04	0.03
kopplaat horizontaal	8.45	0.00	8.45	9.76	0.05	0.03
verticaal	7.80	0.75	7.80	9.02	0.04	0.03
schotjes	0.65	9.01	0.65	5.26	0.03	0.00

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Tabel 3.13.4.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	65.65	0.00	65.65	75.81	0.36	0.23
verticaal	61.85	4.39	61.85	71.47	0.34	0.21
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	65.65	0.00	65.65	75.81	0.36	0.23
verticaal	61.85	4.39	61.85	71.47	0.34	0.21
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.36 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 3200 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 5432 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r1 = 800 / bkg < 2.0$;
 $800 / 800 = 1.00$, dus $r1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r2 = 1125 / bd < 2.0$;
 $1125 / 1125 = 1.00$, dus $r2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r1 < 50.0$ mm;
 $3200 / 100 * 1.00 = 40.0$ mm, dus ugevel = 65.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4500 * 1.00 = 30.0$ mm, dus udek = 70.1 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 65.0 + 70.1 = 65.2 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(42.7 , 0.1 , 60.0) = 128.0 mm

3.14 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.1 Berekening van de belastingen per tralie:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 140)$ = 140 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.50$ = 315 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.00 * 533 * 0.98)$ = 520 N/m²
 - (fCdim = Cdim; lr*Cdim; par/Cdim = $0.83 * 0.85 / 0.72 = 0.98$)

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.02 * 140)$ = 143 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.02 * 70) * 4.50$ = 322 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.02 * 215.9)$ = 220.5 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.02 * 215.9)$ = 220.5 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.28 * 533)$ = 679 N/m²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop * = zwevende goot 1e rij tralies
 Knoop * = middenkolom

- Horizontale belasting:
 - $F_{k,hor} = (3.200 - 0.5 * 2.875) * (679 * (+0.60 - (-0.30))) * 4.50 = 4897 \text{ N}$
- Verticale belasting:
 - $F_{vg} = \text{eigen gewicht goot} = (1.02 * 70) * 4.50 = 322 \text{ N}$
 - $F_{k,vert} = -0.5 * F_{vg}$
 - $F^*,_{vert} \text{ t.p.v. een goot} = F_{vg}$

3.14.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.14.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

		- -+- + Tekenafpraak									
		+									
gevel *	*°\	\	/°\	/°\	/°\	/°\	/°\	/°\	/°\	/°\	/°\
druk +	1e kap	2e kap	x	aantal	hor.	eindkap	+	zuig	de	kas	
+0.60	-1.07	-1.00	-0.70	-0.50	-0.40	-0.50	..x0	-0.40	-0.40	+0.30	-0.30

3.14.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.02
Installaties	0.00	0.00
Sneeuw	0.00	0.00
Wind	1.00	1.28
gewas	0.00	0.00

3.14.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 0.00*450.0 + 1.00*215.9 + 0.00*0.0	qtral = 215.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 272.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 472.5 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-1.07--0.30)	qdek.L1 = -1372.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-1.00--0.30)	qdek.L2 = -1204.9 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.70--0.30)	qdek.L3 = -486.0 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.50--0.30)	qdek.L4 = -6.8 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Lm1 = 232.9 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.50--0.30)	qdek.Lm2 = -6.8 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Le1 = 232.9 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Le2 = 232.9 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*1.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.70	FhwCpf = 175 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt = 1.00*4267.6*(0.6 --0.3)*0.70 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 2702 N
	goothoogte	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	windzijde FhwF.fh	= 1.00*3400.7*(0.6 --0.3)	Fhw.fh = 3061 N
	fundatiehoogte	= 1.00*3400.7*(0.3 +-0.3)	
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt = 1.00*4267.6*(0.3 +-0.3)*0.70 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = -0 N
	goothoogte	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	loefzijde FhwL.fh	= 1.00*3400.7*(0.3 +-0.3)	Fhw.fh = -0 N
	fundatiehoogte	= 1.00*3400.7*(0.3 +-0.3)	

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 0.00*450.0 + 1.02*215.9 + 0.00*0.0	qtral = 220.5 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.02*157.5	Fgt.s = 161 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.02*315.0	Fgt.m = 322 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.02*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 278.6 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.02*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 482.6 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-1.07--0.30)	qdek.L1 = -1870.1 N/m
	- 2e kaphelft	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-1.00--0.30)	qdek.L2 = -1656.2 N/m
	- 3e kaphelft	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.70--0.30)	qdek.L3 = -739.6 N/m
	- 4e kaphelft	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.50--0.30)	qdek.L4 = -128.5 N/m
	- Middenkap links	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Lm1 = 177.0 N/m
	- Middenkap rechts	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.50--0.30)	qdek.Lm2 = -128.5 N/m
	- Eindkap links	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Le1 = 177.0 N/m
	- Eindkap Rechts	= 482.6 + 1.28*2396.3*(-0.40--0.30)	qdek.Le2 = 177.0 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*1.28*532.5*4.5*3.2/0.92*0.72	FhwCpf = 229 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.28*4267.6*(0.6--0.3)*0.72 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 3526 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.28*3400.7*(0.6--0.3)	Fhw.fh = 3902 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.28*4267.6*(0.3+-0.3)*0.72 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = -0 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.28*3400.7*(0.3+-0.3)	Fhw.fh = -0 N

Tabel 3.14.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen			
	Rekentoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand					
	X-as [mm] Horiz.	Y-as [mm] Vert.	X-as [N] Horiz.	Y-as [N] Vert.	X-as [N] Horiz.	Y-as [N] Vert.	X-verpl [mm] Horiz.	Y-verpl [mm] Vert.	U_lijn [mm] Vert.	
1	-0.011	0.000	3902	0	-6000	-3835			0.000	
2	-0.006	1.438							0.000	
3	-0.001	2.670							0.000	
6	0.000	3.200	0	-161					0.000	
7	1.600	4.124							0.000	
8	3.200	3.200	0	-322					0.000	
9	4.800	4.124							0.000	
10	6.400	3.200	0	-322					0.000	
11	8.000	4.124							0.000	
12	9.600	3.200	0	-322					0.000	
13	11.200	4.124	229	0					0.000	
4	0.000	2.875	4897	0			35.29	-0.11	0.000	
14	0.319	2.875					35.29	-0.42	0.307	
15	1.599	2.875					35.28	-1.41	1.289	
16	3.199	2.875					35.27	-2.15	2.018	
17	4.799	2.875					35.26	-2.47	2.325	
18	6.399	2.875					35.26	-2.34	2.183	
19	7.999	2.875					35.25	-1.77	1.592	
20	9.599	2.875					35.25	-0.95	0.759	
21	11.199	2.875					35.24	-0.23	0.028	
22	12.479	2.875					35.24	-0.13	-0.085	
23	12.789	0.000			-2067	5764			0.000	
24	12.794	1.438							0.000	
25	12.799	2.670							0.000	
28	12.800	3.200	0	-322					0.000	
29	14.400	4.124	229	0					0.000	
30	16.000	3.200	0	-322					0.000	
31	17.600	4.124	229	0					0.000	
32	19.200	3.200	0	-322					0.000	
33	20.800	4.124	229	0					0.000	
34	22.400	3.200	0	-322					0.000	
35	24.000	4.124	229	0					0.000	
26	12.800	2.875					35.24	-0.21	0.000	
36	13.119	2.875					35.24	-0.34	0.128	
37	14.399	2.875					35.24	-1.05	0.840	
38	15.999	2.875					35.23	-2.04	1.829	
39	17.599	2.875					35.23	-2.70	2.482	
40	19.199	2.875					35.23	-2.80	2.580	
41	20.799	2.875					35.23	-2.29	2.072	
42	22.399	2.875					35.22	-1.39	1.173	
43	23.999	2.875					35.22	-0.48	0.266	
44	25.279	2.875					35.21	-0.18	-0.035	
45	25.589	0.000			-2113	6498			0.000	
46	25.594	1.438							0.000	
47	25.599	2.670							0.000	
50	25.600	3.200	0	-322					0.000	
51	27.200	4.124	229	0					0.000	
52	28.800	3.200	0	-322					0.000	
53	30.400	4.124	229	0					0.000	
54	32.000	3.200	0	-322					0.000	
55	33.600	4.124	229	0					0.000	
56	35.200	3.200	0	-322					0.000	
57	36.800	4.124	229	0					0.000	
48	25.600	2.875					35.21	-0.22	0.000	
58	25.919	2.875					35.21	-0.29	0.075	
59	27.199	2.875					35.21	-0.79	0.570	
60	28.799	2.875					35.21	-1.52	1.302	
61	30.399	2.875					35.21	-1.96	1.744	
62	31.999	2.875					35.20	-1.93	1.708	
63	33.599	2.875					35.20	-1.40	1.175	
64	35.199	2.875					35.20	-0.61	0.391	
65	36.799	2.875					35.19	0.00	-0.228	
66	38.079	2.875					35.19	-0.07	-0.152	
67	38.389	0.000			-2063	6951			0.000	
68	38.394	1.438							0.000	
69	38.399	2.670							0.000	
72	38.400	3.200	0	-322					0.000	

73	40.000	4.124	229	0				0.000
74	41.600	3.200	0	-322				0.000
75	43.200	4.124	229	0				0.000
76	44.800	3.200	0	-322				0.000
77	46.400	4.124	229	0				0.000
78	48.000	3.200	0	-322				0.000
79	49.600	4.124						0.000
80	38.400	2.875			35.19	-0.23		0.000
81	38.719	2.875			35.19	-0.43		0.202
82	39.999	2.875			35.18	-1.51		1.288
83	41.599	2.875			35.18	-3.05		2.842
84	43.199	2.875			35.18	-4.26		4.053
85	44.799	2.875			35.18	-4.78		4.577
86	46.399	2.875			35.18	-4.43		4.241
87	47.999	2.875			35.17	-3.32		3.135
88	49.599	2.875			35.17	-1.71		1.533
89	50.879	2.875			35.16	-0.44		0.269
90	51.189	0.000	-0	0	-2208	3842		0.000
91	51.194	1.438						0.000
92	51.199	2.670						0.000
93	51.200	2.875	-0	0				0.000
94	51.201	3.080						
95	51.200	3.200	0	-161		35.16	-0.17	

Tabel 3.14.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaf nr.	Profiel			B E G I N			E I N D		
		X-as	Y-as	Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment
		[N/m]	[N/m]	[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
		Horizontaal	Verticaal						
1	RHBK100*100*3.			3842	2085	0	3842	2085	2997
2	RHBK100*100*3.			3844	2081	2997	3844	2081	5562
3	RHBK100*100*3.			3842	2085	5562	3842	2085	5989
4	RHBK100*100*3.			2464	1103	-361	2464	1103	-135
5	RHBK100*100*3.			2453	1125	-135	2453	1125	-0
6	RHBK80*50*3.0			2780	-1638	532	2780	-1638	-0
7	RHBK80*50*3.0			-427	-571	185	-427	-571	0
8	RHBK80*50*3.0			-847	401	-130	-847	401	0
9	Roede dek	-278.6	1870.1	2273	-1714	0	2788	1741	25
10	Roede dek	278.6	1656.2	2902	-1544	25	2387	1516	0
11	Roede dek	-278.6	739.6	23	-679	0	538	687	7
12	Roede dek	278.6	128.5	864	-123	7	349	115	0
13	Roede dek	-278.6	-177.0	-472	164	0	43	-163	0
14	Roede dek	278.6	128.5	-120	-119	0	-635	119	0
15	Roede dek	-278.6	-177.0	-339	164	0	176	-163	1
16	Roede dek	278.6	128.5	-251	-119	1	-766	118	0
17	1e tralie	0.0	-220.5	-3911	-1375	6350	-3911	-1445	5900
18	1e tralie	0.0	-220.5	-3911	-1445	5900	-3911	-1728	3870
19	1e tralie	0.0	-220.5	-3911	-1728	3870	-3911	-2081	823
20	1e tralie	0.0	-220.5	-2283	704	291	-2283	352	1135
21	1e tralie	0.0	-220.5	-2283	352	1135	-2283	-1	1416
22	1e tralie	0.0	-220.5	-1711	-427	1230	-1711	-779	265
23	1e tralie	0.0	-220.5	-1711	-779	265	-1711	-1132	-1264
24	1e tralie	0.0	-220.5	-2109	-1980	-1134	-2109	-2333	-4585
25	1e tralie	0.0	-220.5	-2109	-2333	-4585	-2109	-2615	-7752
26	1e tralie	0.0	-220.5	-2109	-2615	-7752	-2109	-2686	-8603
27	RHBK100*100*3.			-5757	2086	0	-5757	2086	2998
28	RHBK100*100*3.			-5755	2091	2998	-5755	2091	5575
29	RHBK100*100*3.			-5757	2086	5575	-5757	2086	6003
30	RHBK100*100*3.			-912	512	-165	-912	512	-60
31	RHBK100*100*3.			-917	504	-60	-917	504	0
32	RHBK80*50*3.0			-912	512	-166	-912	512	-0
33	RHBK80*50*3.0			-912	515	-167	-912	515	0
34	RHBK80*50*3.0			-912	517	-168	-912	517	0
35	Roede dek	-278.6	-177.0	-340	163	0	174	-164	-0
36	Roede dek	278.6	128.5	-253	-118	-0	-767	119	0
37	Roede dek	-278.6	-177.0	-342	162	0	173	-165	-2
38	Roede dek	278.6	128.5	-254	-118	-2	-769	120	0
39	Roede dek	-278.6	-177.0	-341	163	0	173	-164	-1
40	Roede dek	278.6	128.5	-253	-118	-1	-768	119	0
41	Roede dek	-278.6	-177.0	-339	164	0	176	-163	1
42	Roede dek	278.6	128.5	-251	-119	1	-766	118	0
43	2e tralie	0.0	-220.5	-551	2163	-2434	-551	2093	-1756
44	2e tralie	0.0	-220.5	-551	2093	-1756	-551	1811	743

45	2e tralie	0.0	-220.5	-551	1811	743	-551	1458	3358
46	2e tralie	0.0	-220.5	-1060	544	3524	-1060	191	4112
47	2e tralie	0.0	-220.5	-1060	191	4112	-1060	-162	4135
48	2e tralie	0.0	-220.5	-1572	-1076	4303	-1572	-1429	2299
49	2e tralie	0.0	-220.5	-1572	-1429	2299	-1572	-1782	-269
50	2e tralie	0.0	-220.5	-2085	-2696	-102	-2085	-3049	-4697
51	2e tralie	0.0	-220.5	-2085	-3049	-4697	-2085	-3331	-8780
52	2e tralie	0.0	-220.5	-2085	-3331	-8780	-2085	-3402	-9861
53	RHBK100*100*3.			-6490	2134	0	-6490	2134	3068
54	RHBK100*100*3.			-6489	2140	3068	-6489	2140	5706
55	RHBK100*100*3.			-6490	2134	5706	-6490	2134	6144
56	RHBK100*100*3.			-912	513	-166	-912	513	-61
57	RHBK100*100*3.			-917	504	-61	-917	504	0
58	RHBK80*50*3.0			-912	512	-166	-912	512	-0
59	RHBK80*50*3.0			-912	515	-167	-912	515	-0
60	RHBK80*50*3.0			-912	517	-168	-912	517	-0
61	Roede dek	-278.6	-177.0	-340	164	0	175	-164	0
62	Roede dek	278.6	128.5	-252	-119	0	-767	119	0
63	Roede dek	-278.6	-177.0	-342	163	0	173	-164	-2
64	Roede dek	278.6	128.5	-254	-118	-2	-768	120	0
65	Roede dek	-278.6	-177.0	-341	163	0	174	-164	-1
66	Roede dek	278.6	128.5	-253	-118	-1	-768	119	0
67	Roede dek	-278.6	-177.0	-338	164	0	176	-163	2
68	Roede dek	278.6	128.5	-251	-120	2	-765	118	0
69	2e tralie	0.0	-220.5	-482	2182	-3551	-482	2112	-2867
70	2e tralie	0.0	-220.5	-482	2112	-2867	-482	1829	-345
71	2e tralie	0.0	-220.5	-482	1829	-345	-482	1476	2300
72	2e tralie	0.0	-220.5	-991	562	2466	-991	209	3084
73	2e tralie	0.0	-220.5	-991	209	3084	-991	-143	3136
74	2e tralie	0.0	-220.5	-1503	-1057	3304	-1503	-1410	1329
75	2e tralie	0.0	-220.5	-1503	-1410	1329	-1503	-1763	-1209
76	2e tralie	0.0	-220.5	-2016	-2677	-1041	-2016	-3030	-5607
77	2e tralie	0.0	-220.5	-2016	-3030	-5607	-2016	-3312	-9666
78	2e tralie	0.0	-220.5	-2016	-3312	-9666	-2016	-3383	-10741
79	RHBK100*100*3.			-6944	2086	0	-6944	2086	2998
80	RHBK100*100*3.			-6942	2092	2998	-6942	2092	5577
81	RHBK100*100*3.			-6944	2086	5577	-6944	2086	6004
82	RHBK100*100*3.			-912	512	-165	-912	512	-60
83	RHBK100*100*3.			-917	504	-60	-917	504	0
84	RHBK80*50*3.0			-912	511	-166	-912	511	-0
85	RHBK80*50*3.0			-912	514	-167	-912	514	-0
86	RHBK80*50*3.0			-1143	118	-38	-1143	118	-0
87	Roede dek	-278.6	-177.0	-340	164	0	175	-163	0
88	Roede dek	278.6	128.5	-252	-119	0	-767	119	0
89	Roede dek	-278.6	-177.0	-342	162	0	173	-165	-2
90	Roede dek	278.6	128.5	-254	-118	-2	-769	120	0
91	Roede dek	-278.6	-177.0	-342	162	0	173	-165	-2
92	Roede dek	278.6	128.5	-254	-117	-2	-769	120	0
93	Roede dek	-278.6	-177.0	-800	162	0	-285	-165	-2
94	Roede dek	278.6	-177.0	-285	165	-2	-800	-162	0
95	1e tralie	0.0	-220.5	-463	2653	-4572	-463	2583	-3737
96	1e tralie	0.0	-220.5	-463	2583	-3737	-463	2301	-611
97	1e tralie	0.0	-220.5	-463	2301	-611	-463	1948	2788
98	1e tralie	0.0	-220.5	-971	1034	2954	-971	681	4326
99	1e tralie	0.0	-220.5	-971	681	4326	-971	328	5134
100	1e tralie	0.0	-220.5	-1482	-586	5301	-1482	-939	4081
101	1e tralie	0.0	-220.5	-1482	-939	4081	-1482	-1292	2297
102	1e tralie	0.0	-220.5	-1597	-2435	2335	-1597	-2787	-1842
103	1e tralie	0.0	-220.5	-1597	-2787	-1842	-1597	-3070	-5591
104	1e tralie	0.0	-220.5	-1597	-3070	-5591	-1597	-3141	-6588
105	RHBK100*100*3.			-3835	2221	0	-3835	2221	3193
106	RHBK100*100*3.			-3833	2224	3193	-3833	2224	5934
107	RHBK100*100*3.			-3835	2221	5934	-3835	2221	6389
108	RHBK100*100*3.			-699	614	-199	-699	614	-73
109	RHBK100*100*3.			-705	607	-73	-705	607	0

3.14.3 De krachtsverdeling in de 2e rij tralies:

Tabel 3.14.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m]	M(x) in [Nm]		N(x) in [N]		Q(x) in [N]	
begin - eind	(+ = U/- =)		(+ = trek)		(+ = ~~~)	
12.80 - 16.00	-2434	3358	-551	-551	2163	1458
16.00 - 19.20	3524	4135	-1060	-1060	544	-162
19.20 - 22.40	4303	-269	-1572	-1572	-1076	-1782
22.40 - 25.60	-102	-9861	-2085	-2085	-2696	-3402
25.60 - 28.80	-3551	2300	-482	-482	2182	1476
28.80 - 32.00	2466	3136	-991	-991	562	-143
32.00 - 35.20	3304	-1209	-1503	-1503	-1057	-1763
35.20 - 38.40	-1041	-10741	-2016	-2016	-2677	-3383

3.14.3.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:

- uvtoel = $12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: uvtoel = 30.0 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 2.58$ mm

- Controle van de 2e rij tralies:

Doorbuiging: $|2.6|$ mm < 30.0 mm, dus: voldoet.

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.3.2 Controle van de bovenrand:

3.14.3.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.14.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.14.32: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N]		Systeem- lengte
x in [m]	(trek = positief) Spant		[mm]
12.80 - 16.00	5662	-8465	3199
16.00 - 19.20	-9126	-10616	3200
19.20 - 22.40	-11280	-129	3200
22.40 - 25.60	-795	23007	3201
25.60 - 28.80	8421	-5850	3199
28.80 - 32.00	-6511	-8145	3200
32.00 - 35.20	-8809	2198	3200
35.20 - 38.40	1532	25190	3201

3.14.3.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.14.3.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"		β_m	$\beta_m \times \beta_n$				
12.80-16.00	5662 -8465	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.03	0.04
16.00-19.20	-9126 -10616	z-z	0.844	0.815	2609	1	0.04	0.06
19.20-22.40	-11280 -129	z-z	0.844	0.618	1979	1	0.04	0.05
22.40-25.60	-795 23007	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.00	0.00
25.60-28.80	8421 -5850	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.02	0.02
28.80-32.00	-6511 -8145	z-z	0.844	0.803	2570	1	0.03	0.04
32.00-35.20	-8809 2198	z-z	0.844	0.559	1787	1	0.03	0.04

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,dare} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.82 - 0.2) * (|-10616| / (0.648 * 291834 / 1.0))) = 0.93 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-10616| / (0.648 * 291834 / 1.0))) = 0.94 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.93, 0.94) = 0.93 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-10616| / (0.648 * 291834 / 1.0) + 0.93 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.056 + 0.000 = 0.056 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-10616| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.039 + 0.000 = 0.039
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.056, 0.039) = 0.056$$

- controle: 0.06 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -11280 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-11280| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.91$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-11280| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.93$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.91, 0.93) = 0.91$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.54$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-11280| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.91 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.042 + 0.000 = 0.042$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-11280| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.54 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.039 + 0.000 = 0.039$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.042, 0.039) = 0.042$

- controle: $0.04 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-11280|}{291834} = 0.04$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 25190 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|25190|}{291834} = 0.09$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.09 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.3.3 Controle van de onderrand:

3.14.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.14.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.14.3.1)
 - met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.14.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
12.80 - 16.00	-6213 7914	3199
16.00 - 19.20	8066 9556	3200
19.20 - 22.40	9708 -1443	3200
22.40 - 25.60	-1290 -25093	3201
25.60 - 28.80	-8903 5368	3199
28.80 - 32.00	5519 7154	3200
32.00 - 35.20	7306 -3701	3200
35.20 - 38.40	-3548 -27207	3201

3.14.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.14.3.3:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	-6213 7914	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.02	0.03
19.20-22.40	9708 -1443	z-z	0.856	0.708	2266	1	0.00	0.01
22.40-25.60	-1290 -25093	z-m	0.855	0.796	2550	1	0.09	0.13
25.60-28.80	-8903 5368	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.03	0.04
32.00-35.20	7306 -3701	z-z	0.856	0.708	2266	1	0.01	0.02
35.20-38.40	-3548 -27207	z-m	0.855	0.823	2633	1	0.09	0.14

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{darely} - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.83 - 0.2) * (|-27207| / (0.644 * 291834 / 1.0))) = 0.98 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-27207| / (0.644 * 291834 / 1.0))) = 1.00 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.98, 1.00) = 0.98 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.59
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |NEd| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-27207| / (0.644 * 291834 / 1.0) + 0.98 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.145 + 0.000 = 0.145 \\
 UCstab.2 &= |NEd| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-27207| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.59 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.094 + 0.000 = 0.094
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.145, 0.094) = 0.145$$

- controle: 0.14 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -27207 + |-3383|/\tan(49.1) = -24281 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 \cdot l_{veld} = 0.50 \cdot 640 = 320 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.21 - 0.2) \cdot (|-24281| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.40$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-24281| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.43$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.43) = 0.40$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.24$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-24281| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.40 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.084 + 0.000 = 0.084$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-24281| / (1.000 \cdot 291834 / 1.0) + 0.24 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.083 + 0.000 = 0.083$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.084, 0.083) = 0.084$

- controle: $0.08 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-27207|}{291834} = 0.09$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 9708 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|9708|}{291834} = 0.03$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.09 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.3.4 Controle van de diagonalen:

3.14.3.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : Qddmaxd = -3402 N (zie tabel 3.14.3.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)

Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.

Vert.puntlast: Fpunt = 0.00 * max(1250, 1000) + 0.00 * 0 = 0 N

- Res.diag.drukkracht: Nddiagd = $\frac{Qddmaxd - Fpunt/2}{\sin(\alpha)}$ = $\frac{-3402 - 0}{\sin(49.1)} = -4497$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

UCsterkte = $\frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-4497|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.041$

controle: 0.041 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

Sigma: $\frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-4497|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 12.2$ N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 12.2 / 235.0 = 0.052

controle: 0.052 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

Ky.2 = Cmy * (1.0 + (lambdarel.y - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-4497| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.40

Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-4497| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41

Ky.b = Min(Ky.2, Ky.3) = Min(0.40, 0.41) = 0.40

Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.24

UCstab.1 = $\frac{|N_{Ed}|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}$
 = $\frac{|-4497|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.40 * \frac{|0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}$
 = 0.043 + 0.000 = 0.043

UCstab.2 = $\frac{|N_{Ed}|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}$
 = $\frac{|-4497|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.24 * \frac{|0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}$
 = 0.043 + 0.000 = 0.043

Maatgevend: UCstab.b = max(UCstab.1, UCstab.2) = max(0.043, 0.043) = 0.043

controle: 0.043 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.3.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 3402$ N (zie tabel 3.14.3.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{3402 + 0}{\sin(49.1)} = 4497 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{4497}{63685} = 0.071$$

- UC-Trek : $0.071 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 1782$ N (zie tabel 3.14.3.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-1782}{\sin(49.1)} = -2356 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{2356}{104000} = 0.023$$

- UC-Druk : $0.023 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -4497 N			Nd = - 2356 N		
Nt = 0 N			Nt = 4497 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 2942 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 3402 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 2942 N			Fsdev = 1541 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	6.50 N/mm ²	6.50 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	7.95 N/mm ²	7.95 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	6.50 N/mm ²	6.50 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	10.93 N/mm ²	10.93 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.05	0.05	
UC2	0.00	0.00	0.02	0.02	
SgmWsd	7.95 N/mm ²	7.95 N/mm ²	4.16 N/mm ²	4.16 N/mm ²	
UC3	0.04	0.04	0.02	0.02	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.06	0.06	
UCd1	0.06	0.06	0.03	0.03	
UClas	0.04	0.04	0.05	0.05	
UCdia	0.06	0.06	0.06	0.06	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.04		0.05		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.05 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.3.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \quad \text{Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \quad \text{N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \quad \text{N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \quad \text{Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-11.28| * 0.01 * 14.4 = 1.6 \quad \text{Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{k_{\text{ozk}}} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}}} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.1 / 0.95) = 17.6 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 17.6 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-27.21| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 19.8 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 257
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -1206 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-1206| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid
bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.14.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-2434	-551	2163	6294	1082	6477
25.60	-9861	-2085	-3402	25568	-1701	25681
25.60	-3551	-482	2182	9343	1091	9470
38.40	-10741	-2016	-3383	27980	-1692	28082

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 28082$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $28082 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.14.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-2434	-551	2163	0	1082	1530
25.60	-9861	-2085	-3402	0	-1701	2405
25.60	-3551	-482	2182	0	1091	1543
38.40	-10741	-2016	-3383	0	-1692	2392

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 2405$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $2405 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 28.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $28.0 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0.0 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.14.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
12.80	-2434	-551	2163	5662	0	0.02	0.01
25.60	-9861	-2085	-3402	23007	0	0.09	0.01
25.60	-3551	-482	2182	8421	0	0.03	0.01
38.40	-10741	-2016	-3383	25190	0	0.10	0.01

Resultierende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 25190 \cdot 25.0 = 315 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $315 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Resultierende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.14.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	16.71	0.00	16.71	19.30	0.09	0.06
verticaal	15.57	1.32	15.57	17.99	0.09	0.05
schotjes	15.57	1.32	15.57	17.99	0.09	0.05
kopplaat horizontaal	17.77	0.00	17.77	20.52	0.10	0.06
verticaal	16.70	1.23	16.70	19.30	0.09	0.06
schotjes	1.07	19.29	1.07	11.20	0.05	0.00

Controle: $0.10 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Tabel 3.14.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	2.27	0.00	2.27	2.62	0.01	0.01
verticaal	0.00	2.62	0.00	1.51	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	2.27	0.00	2.27	2.62	0.01	0.01
verticaal	0.00	2.62	0.00	1.51	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.01 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.4 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.14.4.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)		N(x) in [N] (+ = trek)		Q(x) in [N] (+ = ~~~)	
0.00 - 3.20	6350	823	-3911	-3911	-1375	-2081
3.20 - 6.40	291	1416	-2283	-2283	704	-1
6.40 - 9.60	1230	-1264	-1711	-1711	-427	-1132
9.60 - 12.80	-1134	-8603	-2109	-2109	-1980	-2686
38.40 - 41.60	-4572	2788	-463	-463	2653	1948
41.60 - 44.80	2954	5134	-971	-971	1034	328
44.80 - 48.00	5301	2297	-1482	-1482	-586	-1292
48.00 - 51.20	2335	-6588	-1597	-1597	-2435	-3141

3.14.4.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - $u_{\text{vtoel}} = 12800 / 250 < 30.0 \text{ mm}$, dus: $u_{\text{vtoel}} = 30.0 \text{ mm}$

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{\text{max}} = 4.58 \text{ mm}$

- Controle van de 1e rij tralies:

Doorbuiging: $4.6 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm}$, dus: voldoet.

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.4.2 Controle van de bovenrand:

3.14.4.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.14.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.14.42: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)		Systeem- lengte
x in [m]	Spant		[mm]
0.00 - 3.20	-17444	-3963	3199
3.20 - 6.40	-1850	-4594	3200
6.40 - 9.60	-3856	2228	3200
9.60 - 12.80	1711	19928	3201
38.40 - 41.60	10919	-7032	3199
41.60 - 44.80	-7691	-13007	3200
44.80 - 48.00	-13669	-6343	3200
48.00 - 51.20	-6494	15270	3201

3.14.4.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.14.4.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"		β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	-17444 -3963	e-z	0.840	0.671	2146	1	0.06	0.08
3.20- 6.40	-1850 -4594	z-z	0.844	0.716	2291	1	0.02	0.02
6.40- 9.60	-3856 2228	z-z	0.844	0.559	1787	1	0.01	0.02
38.40-41.60	10919 -7032	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.02	0.03
41.60-44.80	-7691 -13007	z-z	0.844	0.759	2428	1	0.04	0.07
44.80-48.00	-13669 -6343	z-z	0.844	0.730	2337	1	0.05	0.07
48.00-51.20	-6494 15270	z-e	0.840	0.556	1780	1	0.02	0.03

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.68 - 0.2) * (|-17444| / (0.739 * 291834 / 1.0))) = 0.93$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-17444| / (0.739 * 291834 / 1.0))) = 0.96$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.93, 0.96) = 0.93$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.56$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-17444| / (0.739 * 291834 / 1.0) + 0.93 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.081 + 0.000 = 0.081$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-17444| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.064 + 0.000 = 0.064$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.081, 0.064) = 0.081$$

- controle: 0.08 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.4.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -17444 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$

($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-17444| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.91$

$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-17444| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.95$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.91, 0.95) = 0.91$

$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.54$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-17444| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.91 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.064 + 0.000 = 0.064$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-17444| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.54 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.060 + 0.000 = 0.060$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.064, 0.060) = 0.064$

- controle: $0.06 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.4.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-17444|}{291834} = 0.06$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 19928 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|19928|}{291834} = 0.07$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.07 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (C_{pi} negative, C_{pe} 1st bay up wind)

3.14.4.3 Controle van de onderrand:

3.14.4.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.14.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.14.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.14.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 3.20	13533 52	3199
3.20 - 6.40	-432 2311	3200
6.40 - 9.60	2145 -3938	3200
9.60 - 12.80	-3820 -22037	3201
12.80 - 16.00	-11382 6569	3199
16.00 - 19.20	6720 12035	3200
19.20 - 22.40	12187 4861	3200
22.40 - 25.60	4897 -16867	3201

3.14.4.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.14.4.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ lengte/PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
3.20- 6.40	-432 2311	z-z	0.856	0.708	2266	1	0.00	0.00
6.40- 9.60	2145 -3938	z-z	0.856	0.708	2266	1	0.01	0.02
9.60-12.80	-3820 -22037	z-m	0.855	0.836	2677	1	0.08	0.12
12.80-16.00	-11382 6569	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.04	0.05
16.00-19.20	6720 12035	z-e	0.851	0.705	2256	1	0.06	0.08

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{dare} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.84 - 0.2) * (|-22037| / ((0.635 * 291834) / 1.0))) = 0.97$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-22037| / ((0.635 * 291834) / 1.0))) = 0.99$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.97, 0.99) = 0.97$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.58$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-22037| / ((0.635 * 291834) / 1.0) + 0.97 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.119 + 0.000 = 0.119$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-22037| / ((0.995 * 291834) / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.076 + 0.000 = 0.076$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.119, 0.076) = 0.119$$

- controle: $0.12 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.4.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -22037 + |-2686|/\tan(49.1) = -19714$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 \cdot l_{veld} = 0.50 \cdot 640 = 320$ mm

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.21 - 0.2) \cdot (|-19714| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.40$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-19714| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.42$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.42) = 0.40$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.24$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-19714| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.40 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.068 + 0.000 = 0.068$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0)$
 $= |-19714| / (1.000 \cdot 291834 / 1.0) + 0.24 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.068 + 0.000 = 0.068$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.068, 0.068) = 0.068$

- controle: $0.07 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.4.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-22037|}{291834} = 0.08$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 13533$ N

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|13533|}{291834} = 0.05$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.08 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.4.4 Controle van de diagonalen:

3.14.4.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{ddmaxd} = -3141$ N (zie tabel 3.14.4.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: $F_{punt} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0 = 0$ N

- Res.diag.drukkracht: $N_{ddiagd} = \frac{Q_{ddmaxd} - F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{-3141 - 0}{\sin(49.1)} = -4152$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-4152|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.038$$

controle: $0.038 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-4152|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 11.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 11.3 / 235.0 = 0.048$$

controle: $0.048 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d} \eta_{y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-4152| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.40 \\ Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-4152| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.40, 0.41) = 0.40 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.24 \end{aligned}$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{Chiy * NRk / 1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0} = \frac{|-4152|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.40 * \frac{|0.0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0} = 0.040 + 0.000 = 0.040$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{Chiz * NRk / 1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0} = \frac{|-4152|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.24 * \frac{|0.0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0} = 0.040 + 0.000 = 0.040$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.040, 0.040) = 0.040$$

controle: $0.040 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.4.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 3141$ N (zie tabel 3.14.4.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{3141 + 0}{\sin(49.1)} = 4152 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{4152}{63685} = 0.065$$

- UC-Trek : $0.065 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 2081$ N (zie tabel 3.14.4.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-2081}{\sin(49.1)} = -2751 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{2751}{104000} = 0.026$$

- UC-Druk : $0.026 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.4.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -4152 N			Nd = - 2751 N		
Nt = 2751 N			Nt = 4152 N		
Fstev = 1799 N			Fstev = 2716 N		
Fstlo = 2081 N			Fstlo = 3141 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 2716 N			Fsdev = 1799 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	3.97 N/mm ²	3.97 N/mm ²	6.00 N/mm ²	6.00 N/mm ²	
Tau2	4.86 N/mm ²	4.86 N/mm ²	7.34 N/mm ²	7.34 N/mm ²	
Sgm1	3.97 N/mm ²	3.97 N/mm ²	6.00 N/mm ²	6.00 N/mm ²	
SgmWst	6.68 N/mm ²	6.68 N/mm ²	10.09 N/mm ²	10.09 N/mm ²	
UC1	0.03	0.03	0.05	0.05	
UC2	0.01	0.01	0.02	0.02	
SgmWsd	7.34 N/mm ²	7.34 N/mm ²	4.86 N/mm ²	4.86 N/mm ²	
UC3	0.04	0.04	0.02	0.02	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.04	0.04	0.06	0.06	
UCd1	0.06	0.06	0.04	0.04	
UClas	0.04	0.04	0.05	0.05	
UCdia	0.06	0.06	0.06	0.06	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.04		0.05		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.05 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.4.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \quad \text{Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \quad \text{N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \quad \text{N/mm}$

 - Controle: $3884.6 \quad \text{N/mm} > 625.7 \quad \text{N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \quad \text{Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-17.44| * 0.01 * 14.4 = 2.5 \quad \text{Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{\text{koz}_{\text{k}}} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{\text{Gbr} \cdot I_{\text{tbr}} \cdot 2} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716 \cdot 2} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$\text{kor} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.1 / 0.95) = 14.5 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 14.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-22.04| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 16.1 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 271
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -1382 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-1382| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid
bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.4.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.14.4.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	6350	-3911	-1375	0	-688	972
12.80	-8603	-2109	-2686	22162	-1343	22244
38.40	-4572	-463	2653	12106	1327	12251
51.20	-6588	-1597	-3141	16981	-1570	17125

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 22244$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: 22244 N < 203328 N, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.14.4.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	6350	-3911	-1375	15182	-688	15213
12.80	-8603	-2109	-2686	0	-1343	1899
38.40	-4572	-463	2653	0	1327	1876
51.20	-6588	-1597	-3141	0	-1570	2221

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 15213$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: 15213 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.4.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 22.2$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $22.2 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 15.2$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $15.2 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.4.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.14.4.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
0.00	6350	-3911	-1375	0	13533	0.00	0.11
12.80	-8603	-2109	-2686	19928	0	0.08	0.01
38.40	-4572	-463	2653	10919	0	0.04	0.01
51.20	-6588	-1597	-3141	15270	0	0.06	0.01

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 19928 \cdot 25.0 = 249 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $249 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 13533 \cdot 25.0 = 169 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $169 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.14.4.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.14.4.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	13.22	0.00	13.22	15.27	0.07	0.05
verticaal	12.31	1.05	12.31	14.23	0.07	0.04
schotjes	12.31	1.05	12.31	14.23	0.07	0.04
kopplaat horizontaal	14.06	0.00	14.06	16.24	0.08	0.05
verticaal	13.21	0.98	13.21	15.27	0.07	0.05
schotjes	0.85	15.26	0.85	8.86	0.04	0.00

Controle: $0.08 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Tabel 3.14.4.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	20.09	0.00	20.09	23.19	0.11	0.07
verticaal	19.17	1.06	19.17	22.14	0.11	0.07
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	20.09	0.00	20.09	23.19	0.11	0.07
verticaal	19.17	1.06	19.17	22.14	0.11	0.07
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.11 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 3200 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 5432 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r1 = 800 / bkg < 2.0$;
 $800 / 800 = 1.00$, dus $r1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r2 = 1125 / bd < 2.0$;
 $1125 / 1125 = 1.00$, dus $r2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r1 < 50.0$ mm;
 $3200 / 100 * 1.00 = 40.0$ mm, dus ugevel = 65.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4500 * 1.00 = 30.0$ mm, dus udek = 70.1 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 65.0 + 70.1 = 65.2 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(42.7 , 0.1 , 60.0) = 128.0 mm

3.15 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.15.1 Berekening van de belastingen per tralie:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 140)$ = 140 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.50$ = 315 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.00 * 533 * 0.98)$ = 520 N/m²
 - (fCdim = Cdim; lr*Cdim; par/Cdim = $0.83 * 0.85 / 0.72 = 0.98$)

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 140)$ = 140 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.50$ = 315 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.28 * 533)$ = 679 N/m²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop * = zwevende goot 1e rij tralies
 Knoop * = middenkolom

- Horizontale belasting:

$$F_{k,hor} = (3.200 - 0.5 * 2.875) * (679 * (+0.60 - (0.20))) * 4.50 = 2176 \text{ N}$$
- Verticale belasting:

$$F_{vg} = \text{eigen gewicht goot} = (1.00 * 70) * 4.50 = 315 \text{ N}$$

$$F_{k,vert} = -0.5 * F_{vg}$$

$$F^*,_{vert} \text{ t.p.v. een goot} = F_{vg}$$

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 0.00*450.0 + 1.00*215.9 + 0.00*0.0	qtral = 215.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 272.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 472.5 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.L1 = -858.9 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.L2 = -858.9 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.L3 = -858.9 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.L4 = -858.9 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.Lm1 = -858.9 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.Lm2 = -858.9 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.Le1 = -858.9 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 1.00*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.Le2 = -858.9 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*1.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.70	FhwCpf = 175 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt = 1.00*4267.6*(0.6 -0.2)*0.70 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1201 N
	goothoogte		
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*3400.7*(0.6 -0.2)	Fhw.fh = 1360 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt = 1.00*4267.6*(0.3 +0.2)*0.70 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1501 N
	goothoogte		
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*3400.7*(0.3 +0.2)	Fhw.fh = 1700 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 0.00*450.0 + 1.00*215.9 + 0.00*0.0	qtral = 215.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 272.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 472.5 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.L1 = -1225.0 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.L2 = -1225.0 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.L3 = -1225.0 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.L4 = -1225.0 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.Lm1 = -1225.0 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.Lm2 = -1225.0 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.Le1 = -1225.0 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 1.28*2396.3*(-0.36-0.20)	qdek.Le2 = -1225.0 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*1.28*532.5*4.5*3.2/0.92*0.72	FhwCpf = 229 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.28*4267.6*(0.6-0.2)*0.72 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1567 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.28*3400.7*(0.6-0.2)	Fhw.fh = 1734 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 1.28*4267.6*(0.3+0.2)*0.72 + 1*0.00*1000	Fhw.gt = 1959 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.28*3400.7*(0.3+0.2)	Fhw.fh = 2168 N

Tabel 3.15.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen			
	Rekontoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand					
	X-as [mm] Horiz.	Y-as [mm] Vert.	X-as [N] Horiz.	Y-as [N] Vert.	X-as [N] Horiz.	Y-as [N] Vert.	X-verpl [mm] Horiz.	Y-verpl [mm] Vert.	U_lijn [mm] Vert.	
1	-0.011	0.000	1734	0	-3453	-4514			0.000	
2	-0.006	1.438							0.000	
3	-0.001	2.670							0.000	
6	0.000	3.200	0	-158					0.000	
7	1.600	4.124							0.000	
8	3.200	3.200	0	-315					0.000	
9	4.800	4.124							0.000	
10	6.400	3.200	0	-315					0.000	
11	8.000	4.124							0.000	
12	9.600	3.200	0	-315					0.000	
13	11.200	4.124	229	0					0.000	
4	0.000	2.875	2176	0			25.27	-0.06	0.000	
14	0.319	2.875					25.27	0.04	-0.104	
15	1.599	2.875					25.27	0.62	-0.676	
16	3.199	2.875					25.27	1.46	-1.514	
17	4.799	2.875					25.26	2.09	-2.144	
18	6.399	2.875					25.26	2.35	-2.399	
19	7.999	2.875					25.26	2.13	-2.173	
20	9.599	2.875					25.25	1.52	-1.558	
21	11.199	2.875					25.25	0.68	-0.712	
22	12.479	2.875					25.25	0.08	-0.114	
23	12.789	0.000			-1511	-10617			0.000	
24	12.794	1.438							0.000	
25	12.799	2.670							0.000	
28	12.800	3.200	0	-315					0.000	
29	14.400	4.124	229	0					0.000	
30	16.000	3.200	0	-315					0.000	
31	17.600	4.124	229	0					0.000	
32	19.200	3.200	0	-315					0.000	
33	20.800	4.124	229	0					0.000	
34	22.400	3.200	0	-315					0.000	
35	24.000	4.124	229	0					0.000	
26	12.800	2.875							0.000	
36	13.119	2.875							0.000	
37	14.399	2.875							0.000	
38	15.999	2.875							0.000	
39	17.599	2.875							0.000	
40	19.199	2.875							0.000	
41	20.799	2.875							0.000	
42	22.399	2.875							0.000	
43	23.999	2.875							0.000	
44	25.279	2.875							0.000	
45	25.589	0.000			-1543	-9093			0.000	
46	25.594	1.438							0.000	
47	25.599	2.670							0.000	
50	25.600	3.200	0	-315					0.000	
51	27.200	4.124	229	0					0.000	
52	28.800	3.200	0	-315					0.000	
53	30.400	4.124	229	0					0.000	
54	32.000	3.200	0	-315					0.000	
55	33.600	4.124	229	0					0.000	
56	35.200	3.200	0	-315					0.000	
57	36.800	4.124	229	0					0.000	
48	25.600	2.875							0.000	
58	25.919	2.875							0.000	
59	27.199	2.875							0.000	
60	28.799	2.875							0.000	
61	30.399	2.875							0.000	
62	31.999	2.875							0.000	
63	33.599	2.875							0.000	
64	35.199	2.875							0.000	
65	36.799	2.875							0.000	
66	38.079	2.875							0.000	
67	38.389	0.000			-1627	-10981			0.000	
68	38.394	1.438							0.000	
69	38.399	2.670							0.000	
72	38.400	3.200	0	-315					0.000	

73	40.000	4.124	229	0				0.000
74	41.600	3.200	0	-315				0.000
75	43.200	4.124	229	0				0.000
76	44.800	3.200	0	-315				0.000
77	46.400	4.124	229	0				0.000
78	48.000	3.200	0	-315				0.000
79	49.600	4.124						0.000
80	38.400	2.875			25.26	-0.03		0.000
81	38.719	2.875			25.26	0.01	-0.044	
82	39.999	2.875			25.26	0.54	-0.572	
83	41.599	2.875			25.26	1.65	-1.685	
84	43.199	2.875			25.27	2.75	-2.798	
85	44.799	2.875			25.27	3.52	-3.568	
86	46.399	2.875			25.27	3.66	-3.714	
87	47.999	2.875			25.28	3.09	-3.152	
88	49.599	2.875			25.28	1.79	-1.859	
89	50.879	2.875			25.28	0.34	-0.410	
90	51.189	0.000	2168	0	-3408	-3356		0.000
91	51.194	1.438						0.000
92	51.199	2.670						0.000
93	51.200	2.875	2721	0				0.000
94	51.201	3.080						
94	51.200	3.200	0	-158		25.28	-0.07	

Tabel 3.15.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaf nr.	Profiel			B	E	G	I	N		E	I	N	D
		X-as	Y-as	Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment				
		[N/m]	[N/m]	[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]				
		Horizontaal	Verticaal										
1	RHBK100*100*3.			4519	1703	0		4519	1703	2449			
2	RHBK100*100*3.			4521	1700	2449		4521	1700				4543
3	RHBK100*100*3.			4519	1703	4543		4519	1703				4893
4	RHBK100*100*3.			1553	711	-233		1553	711				-87
5	RHBK100*100*3.			1546	725	-87		1546	725				-0
6	RHBK80*50*3.0			3101	-7	2		3101	-7				-0
7	RHBK80*50*3.0			3101	-11	3		3101	-11				-0
8	RHBK80*50*3.0			3167	100	-32		3167	100				0
9	Roede dek	-272.8	1225.0	1474	-1121	0		1978	1142				19
10	Roede dek	272.8	1225.0	1978	-1142	19		1474	1121				0
11	Roede dek	-272.8	1225.0	1477	-1120	0		1981	1144				22
12	Roede dek	272.8	1225.0	1981	-1144	22		1477	1120				0
13	Roede dek	-272.8	1225.0	1477	-1120	0		1981	1143				22
14	Roede dek	272.8	1225.0	1981	-1143	22		1477	1120				0
15	Roede dek	-272.8	1225.0	1605	-1122	0		2109	1141				18
16	Roede dek	272.8	1225.0	1845	-1141	18		1341	1122				0
17	1e tralie	0.0	-215.9	-1174	-2963	5125		-1174	-3032				4169
18	1e tralie	0.0	-215.9	-1174	-3032	4169		-1174	-3308				112
19	1e tralie	0.0	-215.9	-1174	-3308	112		-1174	-3654				-5458
20	1e tralie	0.0	-215.9	-1177	-553	-5461		-1177	-898				-6622
21	1e tralie	0.0	-215.9	-1177	-898	-6622		-1177	-1244				-8335
22	1e tralie	0.0	-215.9	-1177	1857	-8339		-1177	1512				-5644
23	1e tralie	0.0	-215.9	-1177	1512	-5644		-1177	1166				-3502
24	1e tralie	0.0	-215.9	-1287	4333	-3469		-1287	3988				3187
25	1e tralie	0.0	-215.9	-1287	3988	3187		-1287	3711				8115
26	1e tralie	0.0	-215.9	-1287	3711	8115		-1287	3642				9295
27	RHBK100*100*3.			10622	1476	-0		10622	1476				2122
28	RHBK100*100*3.			10623	1467	2122		10623	1467				3929
29	RHBK100*100*3.			10622	1476	3929		10622	1476				4232
30	RHBK100*100*3.			3102	217	-74		3102	217				-29
31	RHBK100*100*3.			3100	245	-29		3100	245				0
32	RHBK80*50*3.0			3102	222	-72		3102	222				0
33	RHBK80*50*3.0			3102	219	-71		3102	219				-0
34	RHBK80*50*3.0			3102	216	-70		3102	216				0
35	Roede dek	-272.8	1225.0	1604	-1123	0		2108	1141				17
36	Roede dek	272.8	1225.0	1844	-1141	17		1340	1123				0
37	Roede dek	-272.8	1225.0	1607	-1120	0		2111	1143				21
38	Roede dek	272.8	1225.0	1847	-1143	21		1343	1120				0
39	Roede dek	-272.8	1225.0	1608	-1120	0		2112	1143				21
40	Roede dek	272.8	1225.0	1848	-1143	21		1344	1120				0
41	Roede dek	-272.8	1225.0	1606	-1121	0		2110	1142				19
42	Roede dek	272.8	1225.0	1846	-1142	19		1342	1121				0
43	2e tralie	0.0	-215.9	-3	-3874	13601		-3	-3943				12354
44	2e tralie	0.0	-215.9	-3	-3943	12354		-3	-4219				7130

45	2e tralie	0.0	-215.9	-3	-4219	7130	-3	-4565	103
46	2e tralie	0.0	-215.9	-236	-1464	175	-236	-1809	-2443
47	2e tralie	0.0	-215.9	-236	-1809	-2443	-236	-2155	-5615
48	2e tralie	0.0	-215.9	-465	946	-5544	-465	601	-4306
49	2e tralie	0.0	-215.9	-465	601	-4306	-465	255	-3622
50	2e tralie	0.0	-215.9	-691	3356	-3552	-691	3011	1542
51	2e tralie	0.0	-215.9	-691	3011	1542	-691	2734	5218
52	2e tralie	0.0	-215.9	-691	2734	5218	-691	2665	6085
53	RHBK100*100*3.			9098	1513	-0	9098	1513	2175
54	RHBK100*100*3.			9099	1505	2175	9099	1505	4029
55	RHBK100*100*3.			9098	1513	4029	9098	1513	4340
56	RHBK100*100*3.			3102	217	-74	3102	217	-29
57	RHBK100*100*3.			3100	245	-29	3100	245	0
58	RHBK80*50*3.0			3102	222	-72	3102	222	0
59	RHBK80*50*3.0			3102	218	-71	3102	218	0
60	RHBK80*50*3.0			3102	215	-70	3102	215	-0
61	Roede dek	-272.8	1225.0	1605	-1122	0	2109	1141	18
62	Roede dek	272.8	1225.0	1845	-1141	18	1341	1122	0
63	Roede dek	-272.8	1225.0	1607	-1120	0	2111	1143	21
64	Roede dek	272.8	1225.0	1848	-1143	21	1344	1120	0
65	Roede dek	-272.8	1225.0	1608	-1120	0	2112	1143	21
66	Roede dek	272.8	1225.0	1848	-1143	21	1344	1120	0
67	Roede dek	-272.8	1225.0	1605	-1122	0	2109	1141	18
68	Roede dek	272.8	1225.0	1845	-1141	18	1341	1122	0
69	2e tralie	0.0	-215.9	625	-3327	10499	625	-3396	9427
70	2e tralie	0.0	-215.9	625	-3396	9427	625	-3672	4904
71	2e tralie	0.0	-215.9	625	-3672	4904	625	-4018	-1248
72	2e tralie	0.0	-215.9	393	-916	-1176	393	-1262	-2919
73	2e tralie	0.0	-215.9	393	-1262	-2919	393	-1608	-5215
74	2e tralie	0.0	-215.9	164	1493	-5144	164	1148	-3030
75	2e tralie	0.0	-215.9	164	1148	-3030	164	802	-1470
76	2e tralie	0.0	-215.9	-61	3903	-1400	-61	3558	4569
77	2e tralie	0.0	-215.9	-61	3558	4569	-61	3282	8946
78	2e tralie	0.0	-215.9	-61	3282	8946	-61	3212	9989
79	RHBK100*100*3.			10986	1591	-0	10986	1591	2286
80	RHBK100*100*3.			10988	1581	2286	10988	1581	4235
81	RHBK100*100*3.			10986	1591	4235	10986	1591	4561
82	RHBK100*100*3.			3102	218	-74	3102	218	-29
83	RHBK100*100*3.			3100	246	-29	3100	246	0
84	RHBK80*50*3.0			3102	224	-73	3102	224	-0
85	RHBK80*50*3.0			3102	220	-72	3102	220	-0
86	RHBK80*50*3.0			3035	103	-33	3035	103	-0
87	Roede dek	-272.8	1225.0	1604	-1122	0	2108	1141	17
88	Roede dek	272.8	1225.0	1844	-1141	17	1340	1122	0
89	Roede dek	-272.8	1225.0	1608	-1120	0	2112	1143	22
90	Roede dek	272.8	1225.0	1848	-1143	22	1344	1120	0
91	Roede dek	-272.8	1225.0	1610	-1119	0	2114	1144	23
92	Roede dek	272.8	1225.0	1850	-1144	23	1346	1119	0
93	Roede dek	-272.8	1225.0	1477	-1120	0	1981	1144	22
94	Roede dek	272.8	1225.0	1981	-1144	22	1477	1120	0
95	1e tralie	0.0	-215.9	1338	-4668	14624	1338	-4736	13124
96	1e tralie	0.0	-215.9	1338	-4736	13124	1338	-5013	6885
97	1e tralie	0.0	-215.9	1338	-5013	6885	1338	-5358	-1412
98	1e tralie	0.0	-215.9	1105	-2257	-1340	1105	-2603	-5228
99	1e tralie	0.0	-215.9	1105	-2603	-5228	1105	-2948	-9669
100	1e tralie	0.0	-215.9	874	153	-9598	874	-193	-9630
101	1e tralie	0.0	-215.9	874	-193	-9630	874	-538	-10215
102	1e tralie	0.0	-215.9	761	2497	-10182	761	2151	-6463
103	1e tralie	0.0	-215.9	761	2151	-6463	761	1875	-3887
104	1e tralie	0.0	-215.9	761	1875	-3887	761	1805	-3296
105	RHBK100*100*3.			3360	1229	0	3360	1229	1767
106	RHBK100*100*3.			3361	1226	1767	3361	1226	3278
107	RHBK100*100*3.			3360	1229	3278	3360	1229	3530
108	RHBK100*100*3.			1548	-724	234	1548	-724	85
109	RHBK100*100*3.			1555	-710	85	1555	-710	0

3.15.3 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.15.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)		N(x) in [N] (+ = trek)		Q(x) in [N] (+ = ~~-)	
0.00 - 3.20	5125	-5458	-1174	-1174	-2963	-3654
3.20 - 6.40	-5461	-8335	-1177	-1177	-553	-1244
6.40 - 9.60	-8339	-3502	-1177	-1177	1857	1166
9.60 - 12.80	-3469	9295	-1287	-1287	4333	3642
38.40 - 41.60	14624	-1412	1338	1338	-4668	-5358
41.60 - 44.80	-1340	-9669	1105	1105	-2257	-2948
44.80 - 48.00	-9598	-10215	874	874	153	-538
48.00 - 51.20	-10182	-3296	761	761	2497	1805

3.15.3.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - uvtoel = $12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: uvtoel = 30.0 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:
 - doorbuiging $u_{max} = -3.71$ mm

- Controle van de 1e rij tralies:
 Doorbuiging: $|-3.7|$ mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.15.3.2 Controle van de bovenrand:

3.15.3.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.15.3.1)
 met: Effectieve spanhoogte: 410.0 mm

Tabel 3.15.32: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)		Systeem- lengte
x in [m]	Spant		[mm]
0.00 - 3.20	-13088	12726	3199
3.20 - 6.40	12730	19741	3200
6.40 - 9.60	19750	7952	3200
9.60 - 12.80	7818	-23314	3201
38.40 - 41.60	-34999	4114	3199
41.60 - 44.80	3820	24135	3200
44.80 - 48.00	23846	25352	3200
48.00 - 51.20	25214	8420	3201

3.15.3.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.15.3.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"		β_m	$\beta_m \times \beta_n$				
0.00- 3.20	-13088 12726	e-z	0.840	0.556	1778	1	0.04	0.06
9.60-12.80	7818 -23314	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.08	0.10
38.40-41.60	-34999 4114	m-z	0.843	0.582	1862	1	0.12	0.15

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{darely} - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.59 - 0.2) * (|-34999| / (0.793 * 291834 / 1.0))) = 0.95 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-34999| / (0.793 * 291834 / 1.0))) = 1.01 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.95, 1.01) = 0.95 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.57
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |NEd| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-34999| / (0.793 * 291834 / 1.0) + 0.95 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.151 + 0.000 = 0.151 \\
 UCstab.2 &= |NEd| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-34999| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.57 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.129 + 0.000 = 0.129
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.151, 0.129) = 0.151$$

- controle: 0.15 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.15.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -34999 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$

($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdarel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-34999| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.92$

$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-34999| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.99$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.92, 0.99) = 0.92$

$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.55$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-34999| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.92 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.129 + 0.000 = 0.129$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-34999| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.120 + 0.000 = 0.120$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.129, 0.120) = 0.129$

- controle: $0.13 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.15.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-34999|}{291834} = 0.12$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 25352 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|25352|}{291834} = 0.09$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.12 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.15.3.3 Controle van de onderrand:

3.15.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.15.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.15.3.1)
 - met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.15.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 3.20	11914 -13900	3199
3.20 - 6.40	-13907 -20919	3200
6.40 - 9.60	-20927 -9129	3200
9.60 - 12.80	-9105 22027	3201
38.40 - 41.60	36337 -2776	3199
41.60 - 44.80	-2715 -23031	3200
44.80 - 48.00	-22972 -24477	3200
48.00 - 51.20	-24452 -7659	3201

3.15.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.15.3.3:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	11914 -13900	e-z	0.851	0.705	2254	1	0.05	0.07
3.20- 6.40	-13907 -20919	z-z	0.856	0.982	3143	1	0.07	0.13
6.40- 9.60	-20927 -9129	z-z	0.856	0.918	2936	1	0.07	0.12
9.60-12.80	-9105 22027	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.03	0.04
38.40-41.60	36337 -2776	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.01	0.01
41.60-44.80	-2715 -23031	z-z	0.856	0.820	2622	1	0.08	0.12
44.80-48.00	-22972 -24477	z-z	0.856	1.054	3373	1	0.08	0.17
48.00-51.20	-24452 -7659	z-e	0.851	0.877	2807	1	0.08	0.14

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (1.06 - 0.2) * (|-24477| / (0.505 * 291834 / 1.0))) = 1.03 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-24477| / (0.505 * 291834 / 1.0))) = 1.02 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.03, 1.02) = 1.02 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.61
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-24477| / (0.505 * 291834 / 1.0) + 1.02 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.166 + 0.000 = 0.166 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-24477| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.61 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.084 + 0.000 = 0.084
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.166, 0.084) = 0.166$$

- controle: 0.17 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.15.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -24477 + |-538|/\tan(49.1) = -24012 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 \cdot l_{veld} = 0.50 \cdot 640 = 320 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.21 - 0.2) \cdot (|-24012| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.40$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-24012| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.43$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.43) = 0.40$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.24$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-24012| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.40 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.083 + 0.000 = 0.083$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-24012| / (1.000 \cdot 291834 / 1.0) + 0.24 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.082 + 0.000 = 0.082$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.083, 0.082) = 0.083$

- controle: $0.08 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.15.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-24477|}{291834} = 0.08$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 36337 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|36337|}{291834} = 0.12$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.12 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.15.3.4 Controle van de diagonalen:

3.15.3.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{ddmaxd} = 0$ N (zie tabel 3.15.3.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: $F_{punt} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 0.00 * 0 = 0$ N

- Res.diag.drukkracht: $N_{ddiagd} = \frac{Q_{ddmaxd} - F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{0 - 0}{\sin(49.1)} = 0$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{7084}{109643} = 0.111$

controle: $0.111 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.15.3.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 2948$ N (zie tabel 3.15.3.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

- Res.diag.trekkracht: $N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{2948 + 0}{\sin(49.1)} = 3898$ N

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{3898}{63685} = 0.061$

- UC-Trek : $0.061 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 5358$ N (zie tabel 3.15.3.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

- Res. diagonaaldrukkracht: $N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-5358}{\sin(49.1)} = -7084$ N

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{7084}{104000} = 0.068$

- UC-Druk : $0.068 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.15.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = 0 N			Nd = - 7084 N		
Nt = 7084 N			Nt = 3898 N		
Fstev = 4634 N			Fstev = 2550 N		
Fstlo = 5358 N			Fstlo = 2948 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 0 N			Fsdev = 4634 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	10.24 N/mm ²	10.24 N/mm ²	5.63 N/mm ²	5.63 N/mm ²	
Tau2	12.52 N/mm ²	12.52 N/mm ²	6.89 N/mm ²	6.89 N/mm ²	
Sgm1	10.24 N/mm ²	10.24 N/mm ²	5.63 N/mm ²	5.63 N/mm ²	
SgmWst	17.22 N/mm ²	17.22 N/mm ²	9.47 N/mm ²	9.47 N/mm ²	
UC1	0.08	0.08	0.05	0.05	
UC2	0.04	0.04	0.02	0.02	
SgmWsd	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	12.52 N/mm ²	12.52 N/mm ²	
UC3	0.00	0.00	0.06	0.06	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.10	0.10	0.05	0.05	
UCd1	0.00	0.00	0.10	0.10	
UClas	0.08	0.08	0.06	0.06	
UCdia	0.10	0.10	0.10	0.10	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.08		0.06		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.08 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.15.3.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \text{ Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \text{ N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \text{ Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-35.00| * 0.01 * 14.4 = 5.0 \text{ Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.

- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} = \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}}} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$\text{kor} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.2 / 0.95) = 20.2 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 20.2 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-24.48| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 17.8 \text{ Nm}$$

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.15.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.15.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	5125	-1174	-2963	0	-1482	2095
12.80	9295	-1287	3642	0	1821	2575
38.40	14624	1338	-4668	0	-2334	3301
51.20	-3296	761	1805	9276	903	9364

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 9364$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $9364 < 203328$ N, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.15.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	5125	-1174	-2963	13245	-1482	13409
12.80	9295	-1287	3642	24441	1821	24576
38.40	14624	1338	-4668	40135	-2334	40270
51.20	-3296	761	1805	0	903	1277

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 40270$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $40270 < 90432$ N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.15.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 9.3$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $9.3 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 40.1$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $40.1 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.15.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.15.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
0.00	5125	-1174	-2963	0	11914	0.01	0.10
12.80	9295	-1287	3642	0	22027	0.01	0.18
38.40	14624	1338	-4668	0	36337	0.01	0.30
51.20	-3296	761	1805	8420	0	0.03	0.01

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 8420 \cdot 25.0 = 105 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $105 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 36337 \cdot 25.0 = 454 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $454 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.15.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.15.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	5.81	0.00	5.81	6.71	0.03	0.02
verticaal	5.20	0.71	5.20	6.02	0.03	0.02
schotjes	5.20	0.71	5.20	6.02	0.03	0.02
kopplaat horizontaal	6.15	0.00	6.15	7.10	0.03	0.02
verticaal	5.58	0.66	5.58	6.46	0.03	0.02
schotjes	0.57	6.45	0.57	3.78	0.02	0.00

Controle: $0.03 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Tabel 3.15.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	53.79	0.00	53.79	62.11	0.30	0.19
verticaal	50.68	3.59	50.68	58.55	0.28	0.18
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	53.79	0.00	53.79	62.11	0.30	0.19
verticaal	50.68	3.59	50.68	58.55	0.28	0.18
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.30 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 3200 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 5432 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r1 = 800 / bkg < 2.0$;
 $800 / 800 = 1.00$, dus $r1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r2 = 1125 / bd < 2.0$;
 $1125 / 1125 = 1.00$, dus $r2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r1 < 50.0$ mm;
 $3200 / 100 * 1.00 = 40.0$ mm, dus ugevel = 65.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4500 * 1.00 = 30.0$ mm, dus udek = 70.1 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 65.0 + 70.1 = 65.2 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(42.7 , 0.1 , 60.0) = 128.0 mm

3.16 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.1 Berekening van de belastingen per tralie:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 140)$ = 140 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.50$ = 315 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.00 * 215.9)$ = 215.9 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $1.00 * \max(1250, 1000) + 1.00 * 0$ = 1250 N
 - Gewasbelasting : $(1.00 * 0)$ = 0 N/m²
 - Installaties : $(1.00 * 100)$ = 100 N/m²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.15 * 140)$ = 161 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.15 * 70) * 4.50$ = 361 N
 - E.G. 1e rij tralies : $(1.15 * 215.9)$ = 247.8 N/m
 - E.G. 2e rij tralies : $(1.15 * 215.9)$ = 247.8 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $1.28 * \max(1250, 1000) + 1.15 * 0$ = 1594 N
 - Gewasbelasting : $(1.28 * 0)$ = 0 N/m²
 - Installaties : $(1.15 * 100)$ = 115 N/m²

c) Bij het bepalen van de knooppcoordinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

- Knoop k = "effectieve" spanhoogte van de eerste kolom
- Knoop * = zwevende goot 1e rij tralies
- Knoop * = middenkolom

- Horizontale belasting:
 - Fk,hor = 0 N (geen windbelasting)
- Verticale belasting:
 - Fvg = eigen gewicht goot = $(1.15 * 70) * 4.50$ = 361 N
 - Fk,vert = -0.5 * Fvg
 - F*,vert t.p.v. een goot = Fvg

e) Kasdekreiniger:

Geconcentreerde puntlast op de gootondersteuning:

$$F_{kd} = \frac{\text{Gewicht}}{4} * \left(2 - \frac{\text{wielbasis}}{2 * \text{vakmaat}} \right) = \frac{6000}{4} * \left(2 - \frac{1500}{2 * 4500} \right) = 2750 \text{ N}$$

In rekentoestand: Fkdr = 3506 N

3.16.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.16.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

Indvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:										- -+- + Tekenaafspreek		
gevel * 1e kap 2e kap middenkappen x aantal hor. eindkap * gevel										Druk in		
druk	+									+	zuig	de kas
										*)		
+0.00		+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	..x0	+0.00	+0.00		+0.00 0.00

3.16.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.15
Installaties	1.00	1.15
Sneeuw	0.00	0.00
Wind	0.00	0.00
gewas	1.00	1.28

3.16.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*ggewas = 1.00*450.0 + 1.00*215.9 + 1.00*0.0	qtral = 666.0 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 272.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 472.5 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 472.5 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 472.5 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 472.5 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 472.5 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 472.5 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 472.5 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 472.5 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 472.5 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.70	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt = 0.00*4267.6*(0.0 -0.0)*0.70 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	goothoogte		
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt = 0.00*4267.6*(0.0 +0.0)*0.70 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	goothoogte		
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.15*450.0 + 1.15*215.9 + 1.28*0.0	qtral = 764.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.15*157.5	Fgt.s = 181 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.15*315.0	Fgt.m = 361 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.15*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 313.0 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.15*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 542.2 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 542.2 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 542.2 N/m
	- 2e kaphelft	= 542.2 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 542.2 N/m
	- 3e kaphelft	= 542.2 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 542.2 N/m
	- 4e kaphelft	= 542.2 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 542.2 N/m
	- Middenkap links	= 542.2 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 542.2 N/m
	- Middenkap rechts	= 542.2 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 542.2 N/m
	- Eindkap links	= 542.2 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 542.2 N/m
	- Eindkap Rechts	= 542.2 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 542.2 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.72	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 -0.0)*0.72 + 1*1.15*1000	Fhw.gt = 1148 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 +0.0)*0.72 + 1*1.15*1000	Fhw.gt = 1148 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.16.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen			
	Rekentoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand					
	X-as [mm] Horiz.	Y-as [mm] Vert.	X-as [N] Horiz.	Y-as [N] Vert.	X-as [N] Horiz.	Y-as [N] Vert.	X-verpl [mm] Horiz.	Y-verpl [mm] Vert.	U_lijn [mm] Vert.	
1	-0.011	0.000			838	10962			0.000	
2	-0.006	1.438							0.000	
3	-0.001	2.670							0.000	
6	0.000	3.200	0	-181					0.000	
7	1.600	4.124							0.000	
8	3.200	3.200	0	-361					0.000	
9	4.800	4.124							0.000	
10	6.400	3.200	0	-3868					0.000	
11	8.000	4.124							0.000	
12	9.600	3.200	0	-3868					0.000	
13	11.200	4.124							0.000	
4	0.000	2.875	1148	0			1.85	-0.12	0.000	
14	0.319	2.875					1.85	-1.89	1.765	
15	1.599	2.875					1.85	-8.83	8.687	
16	3.199	2.875					1.84	-16.14	15.973	
17	4.799	2.875	0	-797			1.84	-20.63	20.443	
18	6.399	2.875					1.84	-21.52	21.308	
19	7.999	2.875	0	-797			1.83	-18.64	18.403	
20	9.599	2.875					1.83	-12.89	12.627	
21	11.199	2.875					1.83	-5.89	5.604	
22	12.479	2.875					1.83	-1.17	0.864	
23	12.789	0.000			-399	30093			0.000	
24	12.794	1.438							0.000	
25	12.799	2.670							0.000	
28	12.800	3.200	0	-361					0.000	
29	14.400	4.124							0.000	
30	16.000	3.200	0	-361					0.000	
31	17.600	4.124							0.000	
32	19.200	3.200	0	-361					0.000	
33	20.800	4.124							0.000	
34	22.400	3.200	0	-361					0.000	
35	24.000	4.124							0.000	
26	12.800	2.875					1.83	-0.31	0.000	
36	13.119	2.875					1.82	0.37	-0.682	
37	14.399	2.875					1.82	1.71	-2.010	
38	15.999	2.875					1.82	1.35	-1.638	
39	17.599	2.875	0	-797			1.82	0.24	-0.524	
40	19.199	2.875					1.82	-0.59	0.313	
41	20.799	2.875	0	-797			1.82	-0.64	0.371	
42	22.399	2.875					1.81	-0.05	-0.206	
43	23.999	2.875					1.81	0.51	-0.758	
44	25.279	2.875					1.81	0.09	-0.331	
45	25.589	0.000			188	22784			0.000	
46	25.594	1.438							0.000	
47	25.599	2.670							0.000	
50	25.600	3.200	0	-361					0.000	
51	27.200	4.124							0.000	
52	28.800	3.200	0	-361					0.000	
53	30.400	4.124							0.000	
54	32.000	3.200	0	-3868					0.000	
55	33.600	4.124							0.000	
56	35.200	3.200	0	-3868					0.000	
57	36.800	4.124							0.000	
48	25.600	2.875					1.81	-0.24	0.000	
58	25.919	2.875					1.81	-0.68	0.437	
59	27.199	2.875					1.81	-3.27	3.023	
60	28.799	2.875					1.81	-7.19	6.929	
61	30.399	2.875	0	-797			1.80	-10.24	9.971	
62	31.999	2.875					1.80	-11.30	11.029	
63	33.599	2.875	0	-797			1.80	-9.89	9.601	
64	35.199	2.875					1.80	-6.55	6.252	
65	36.799	2.875					1.79	-2.58	2.274	
66	38.079	2.875					1.79	-0.50	0.189	
67	38.389	0.000			-63	30125			0.000	
68	38.394	1.438							0.000	
69	38.399	2.670							0.000	
72	38.400	3.200	0	-361					0.000	

73	40.000	4.124						0.000
74	41.600	3.200	0	-361				0.000
75	43.200	4.124						0.000
76	44.800	3.200	0	-361				0.000
77	46.400	4.124						0.000
78	48.000	3.200	0	-361				0.000
79	49.600	4.124						0.000
80	38.400	2.875			1.79	-0.31		0.000
81	38.719	2.875			1.79	-0.30	-0.011	
82	39.999	2.875			1.79	-1.61	1.324	
83	41.599	2.875			1.79	-5.02	4.759	
84	43.199	2.875	0	-797	1.78	-8.55	8.323	
85	44.799	2.875			1.78	-10.86	10.657	
86	46.399	2.875	0	-797	1.78	-11.09	10.918	
87	47.999	2.875			1.78	-9.06	8.912	
88	49.599	2.875			1.77	-5.08	4.959	
89	50.879	2.875			1.77	-1.11	1.017	
90	51.189	0.000			-564	8359		0.000
91	51.194	1.438						0.000
92	51.199	2.670						0.000
93	51.200	2.875	-1148	0				0.000
94	51.201	3.080						
95	51.200	3.200	0	-181	1.77	-0.09		

Tabel 3.16.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaf nr.	Profiel			B	E	G	I	N			E	I	N	D
		X-as	Y-as	Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment					
		[N/m]	[N/m]	[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]					
		Horizontaal	Verticaal											
1	RHBK100*100*3.			-10965	-801	0			-10965	-801			-1151	
2	RHBK100*100*3.			-10966	-791	-1151			-10966	-791			-2127	
3	RHBK100*100*3.			-10965	-801	-2127			-10965	-801			-2291	
4	RHBK100*100*3.			-1341	-1011	330			-1341	-1011			123	
5	RHBK100*100*3.			-1332	-1023	123			-1332	-1023			-0	
6	RHBK80*50*3.0			-2675	1	-0			-2675	1			0	
7	RHBK80*50*3.0			-6181	23	-8			-6181	23			-0	
8	RHBK80*50*3.0			-6181	36	-12			-6181	36			0	
9	Roede dek	-313.0	-542.2	-1458	494	0			-880	-508			-13	
10	Roede dek	313.0	-542.2	-880	508	-13			-1458	-494			0	
11	Roede dek	-313.0	-542.2	-1465	490	0			-887	-512			-21	
12	Roede dek	313.0	-542.2	-887	512	-21			-1465	-490			0	
13	Roede dek	-313.0	-542.2	-1463	491	0			-885	-511			-18	
14	Roede dek	313.0	-542.2	-885	511	-18			-1463	-491			0	
15	Roede dek	-313.0	-542.2	-1449	499	0			-871	-503			-4	
16	Roede dek	313.0	-542.2	-871	503	-4			-1449	-499			0	
17	1e tralie	0.0	-764.2	-969	9625	-2621			-969	9381			409	
18	1e tralie	0.0	-764.2	-969	9381	409			-969	8403			11792	
19	1e tralie	0.0	-764.2	-969	8403	11792			-969	7180			24258	
20	1e tralie	0.0	-764.2	-961	4506	24259			-961	3283			30489	
21	1e tralie	0.0	-764.2	-961	2486	30489			-961	1263			33489	
22	1e tralie	0.0	-764.2	-963	-4918	33497			-963	-6140			24650	
23	1e tralie	0.0	-764.2	-963	-6937	24650			-963	-8160			12572	
24	1e tralie	0.0	-764.2	-979	-14341	12584			-979	-15564			-11340	
25	1e tralie	0.0	-764.2	-979	-15564	-11340			-979	-16542			-31887	
26	1e tralie	0.0	-764.2	-979	-16542	-31887			-979	-16787			-37238	
27	RHBK100*100*3.			-30092	500	0			-30092	500			718	
28	RHBK100*100*3.			-30091	526	718			-30091	526			1367	
29	RHBK100*100*3.			-30092	500	1367			-30092	500			1469	
30	RHBK100*100*3.			-2675	13	-1			-2675	13			1	
31	RHBK100*100*3.			-2675	-11	1			-2675	-11			-0	
32	RHBK80*50*3.0			-2675	-1	0			-2675	-1			0	
33	RHBK80*50*3.0			-2675	8	-2			-2675	8			0	
34	RHBK80*50*3.0			-2675	16	-5			-2675	16			-0	
35	Roede dek	-313.0	-542.2	-1446	501	0			-868	-501			-0	
36	Roede dek	313.0	-542.2	-868	501	-0			-1446	-501			0	
37	Roede dek	-313.0	-542.2	-1454	496	0			-876	-506			-9	
38	Roede dek	313.0	-542.2	-876	506	-9			-1454	-496			0	
39	Roede dek	-313.0	-542.2	-1456	495	0			-877	-507			-10	
40	Roede dek	313.0	-542.2	-877	507	-10			-1456	-495			0	
41	Roede dek	-313.0	-542.2	-1450	499	0			-871	-503			-4	
42	Roede dek	313.0	-542.2	-871	503	-4			-1450	-499			0	
43	2e tralie	0.0	-764.2	-584	10631	-35767			-584	10387			-32416	
44	2e tralie	0.0	-764.2	-584	10387	-32416			-584	9409			-19746	

45	2e tralie	0.0	-764.2	-584	9409	-19746	-584	8186	-5670
46	2e tralie	0.0	-764.2	-574	5512	-5670	-574	4289	2170
47	2e tralie	0.0	-764.2	-574	3492	2170	-574	2269	6779
48	2e tralie	0.0	-764.2	-573	-406	6782	-573	-1628	5155
49	2e tralie	0.0	-764.2	-573	-2425	5155	-573	-3648	297
50	2e tralie	0.0	-764.2	-580	-6323	302	-580	-7545	-10793
51	2e tralie	0.0	-764.2	-580	-7545	-10793	-580	-8523	-21077
52	2e tralie	0.0	-764.2	-580	-8523	-21077	-580	-8769	-23853
53	RHBK100*100*3.			-22784	-112	-0	-22784	-112	-161
54	RHBK100*100*3.			-22784	-92	-161	-22784	-92	-275
55	RHBK100*100*3.			-22784	-112	-275	-22784	-112	-298
56	RHBK100*100*3.			-2675	7	1	-2675	7	2
57	RHBK100*100*3.			-2675	-17	2	-2675	-17	0
58	RHBK80*50*3.0			-2675	-2	1	-2675	-2	-0
59	RHBK80*50*3.0			-6181	21	-7	-6181	21	-0
60	RHBK80*50*3.0			-6181	34	-11	-6181	34	0
61	Roede dek	-313.0	-542.2	-1451	498	0	-873	-504	-6
62	Roede dek	313.0	-542.2	-873	504	-6	-1451	-498	0
63	Roede dek	-313.0	-542.2	-1460	493	0	-882	-509	-15
64	Roede dek	313.0	-542.2	-882	509	-15	-1460	-493	0
65	Roede dek	-313.0	-542.2	-1460	493	0	-882	-509	-15
66	Roede dek	313.0	-542.2	-882	509	-15	-1460	-493	0
67	Roede dek	-313.0	-542.2	-1449	499	0	-870	-502	-3
68	Roede dek	313.0	-542.2	-870	502	-3	-1449	-499	0
69	2e tralie	0.0	-764.2	-766	11340	-24151	-766	11096	-20573
70	2e tralie	0.0	-764.2	-766	11096	-20573	-766	10118	-6996
71	2e tralie	0.0	-764.2	-766	10118	-6996	-766	8895	8215
72	2e tralie	0.0	-764.2	-755	6221	8214	-755	4998	17189
73	2e tralie	0.0	-764.2	-755	4201	17189	-755	2978	22932
74	2e tralie	0.0	-764.2	-756	-3203	22939	-756	-4425	16837
75	2e tralie	0.0	-764.2	-756	-5222	16837	-756	-6445	7503
76	2e tralie	0.0	-764.2	-769	-12626	7514	-769	-13849	-13666
77	2e tralie	0.0	-764.2	-769	-13849	-13666	-769	-14827	-32019
78	2e tralie	0.0	-764.2	-769	-14827	-32019	-769	-15072	-36819
79	RHBK100*100*3.			-30125	163	-0	-30125	163	234
80	RHBK100*100*3.			-30125	190	234	-30125	190	468
81	RHBK100*100*3.			-30125	163	468	-30125	163	502
82	RHBK100*100*3.			-2675	11	-1	-2675	11	2
83	RHBK100*100*3.			-2675	-14	2	-2675	-14	-0
84	RHBK80*50*3.0			-2675	-3	1	-2675	-3	-0
85	RHBK80*50*3.0			-2675	5	-2	-2675	5	0
86	RHBK80*50*3.0			-2675	14	-4	-2675	14	-0
87	Roede dek	-313.0	-542.2	-1447	500	0	-869	-502	-1
88	Roede dek	313.0	-542.2	-869	502	-1	-1447	-500	0
89	Roede dek	-313.0	-542.2	-1457	494	0	-879	-508	-12
90	Roede dek	313.0	-542.2	-879	508	-12	-1457	-494	0
91	Roede dek	-313.0	-542.2	-1461	492	0	-882	-509	-16
92	Roede dek	313.0	-542.2	-882	509	-16	-1461	-492	0
93	Roede dek	-313.0	-542.2	-1457	495	0	-878	-507	-12
94	Roede dek	313.0	-542.2	-878	507	-12	-1457	-495	0
95	1e tralie	0.0	-764.2	-708	12378	-36317	-708	12135	-32408
96	1e tralie	0.0	-764.2	-708	12135	-32408	-708	11156	-17502
97	1e tralie	0.0	-764.2	-708	11156	-17502	-708	9934	-630
98	1e tralie	0.0	-764.2	-696	7259	-631	-696	6036	10005
99	1e tralie	0.0	-764.2	-696	5239	10005	-696	4017	17410
100	1e tralie	0.0	-764.2	-692	1342	17412	-692	119	18580
101	1e tralie	0.0	-764.2	-692	-678	18580	-692	-1900	16518
102	1e tralie	0.0	-764.2	-697	-4575	16522	-697	-5798	8224
103	1e tralie	0.0	-764.2	-697	-5798	8224	-697	-6776	176
104	1e tralie	0.0	-764.2	-697	-6776	176	-697	-7022	-2039
105	RHBK100*100*3.			-8357	591	0	-8357	591	850
106	RHBK100*100*3.			-8356	599	850	-8356	599	1588
107	RHBK100*100*3.			-8357	591	1588	-8357	591	1709
108	RHBK100*100*3.			-1334	1019	-330	-1334	1019	-121
109	RHBK100*100*3.			-1343	1007	-121	-1343	1007	0

3.16.3 De krachtsverdeling in de 2e rij tralies:

Tabel 3.16.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m]	M(x) in [Nm]		N(x) in [N]		Q(x) in [N]	
begin - eind	(+ = U/- =)		(+ = trek)		(+ = ~~-)	
12.80 - 16.00	-35767	-5670	-584	-584	10631	8186
16.00 - 19.20	-5670	6779	-574	-574	5512	2269
19.20 - 22.40	6782	297	-573	-573	-406	-3648
22.40 - 25.60	302	-23853	-580	-580	-6323	-8769
25.60 - 28.80	-24151	8215	-766	-766	11340	8895
28.80 - 32.00	8214	22932	-755	-755	6221	2978
32.00 - 35.20	22939	7503	-756	-756	-3203	-6445
35.20 - 38.40	7514	-36819	-769	-769	-12626	-15072

3.16.3.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:

- uvtoel = $12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: uvtoel = 30.0 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 11.03$ mm

- Controle van de 2e rij tralies:

Doorbuiging: 11.0 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.3.2 Controle van de bovenrand:

3.16.3.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.16.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.16.32: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N]		Systeem- lengte
x in [m]	(trek = positief) Spant		[mm]
12.80 - 16.00	86946	13537	3199
16.00 - 19.20	13542	-16822	3200
19.20 - 22.40	-16827	-1010	3200
22.40 - 25.60	-1026	57888	3201
25.60 - 28.80	58522	-20419	3199
28.80 - 32.00	-20412	-56310	3200
32.00 - 35.20	-56327	-18677	3200
35.20 - 38.40	-18711	89417	3201

3.16.3.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.16.3.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
16.00-19.20	13542 -16822	z-z	0.844	0.559	1787	1	0.06	0.07
19.20-22.40	-16827 -1010	z-z	0.844	0.631	2020	1	0.06	0.08
22.40-25.60	-1026 57888	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.00	0.00
25.60-28.80	58522 -20419	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.07	0.09
28.80-32.00	-20412 -56310	z-z	0.844	0.707	2261	1	0.19	0.27
32.00-35.20	-56327 -18677	z-z	0.844	0.699	2238	1	0.19	0.27
35.20-38.40	-18711 89417	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.06	0.08

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,dare,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.71 - 0.2) * (|-56310| / (0.717 * 291834 / 1.0))) = 1.02 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-56310| / (0.717 * 291834 / 1.0))) = 1.09 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.02, 1.09) = 1.02 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.61
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-56310| / (0.717 * 291834 / 1.0) + 1.02 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.269 + 0.000 = 0.269 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-56310| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.61 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.207 + 0.000 = 0.207
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.269, 0.207) = 0.269$$

- controle: 0.27 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -56327 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-56327| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.93$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-56327| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.05$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.93, 1.05) = 0.93$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.56$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-56327| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.93 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.207 + 0.000 = 0.207$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-56327| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.193 + 0.000 = 0.193$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.207, 0.193) = 0.207$

- controle: $0.21 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-56327|}{291834} = 0.19$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 89417 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|89417|}{291834} = 0.31$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.31 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.3.3 Controle van de onderrand:

3.16.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.16.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.16.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.16.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
12.80 - 16.00	-87529 -14121	3199
16.00 - 19.20	-14116 16248	3200
19.20 - 22.40	16255 437	3200
22.40 - 25.60	446 -58467	3201
25.60 - 28.80	-59288 19653	3199
28.80 - 32.00	19657 55555	3200
32.00 - 35.20	55571 17922	3200
35.20 - 38.40	17942 -90186	3201

3.16.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.16.3.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ lengte/PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	-87529 -14121	m-z	0.855	0.833	2663	1	0.30	0.47
16.00-19.20	-14116 16248	z-z	0.856	0.708	2266	1	0.05	0.07
19.20-22.40	16255 437	z-m	0.855	0.776	2485	1	0.20	0.30
22.40-25.60	446 -58467	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.20	0.28
25.60-28.80	-59288 19653	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.20	0.28
28.80-32.00	19657 55555	z-m	0.855	0.708	2265	1	0.31	0.43
32.00-35.20	55571 17922	z-m	0.855	0.708	2265	1	0.31	0.43
35.20-38.40	17942 -90186	z-m	0.855	0.708	2265	1	0.31	0.43

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{dare} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.84 - 0.2) * (|-87529| / (0.638 * 291834 / 1.0))) = 1.17$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-87529| / (0.638 * 291834 / 1.0))) = 1.24$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.17, 1.24) = 1.17$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.70$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-87529| / (0.638 * 291834 / 1.0) + 1.17 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.470 + 0.000 = 0.470$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-87529| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.70 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.301 + 0.000 = 0.301$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.470, 0.301) = 0.470$$

- controle: $0.47 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -90186 + |-15072|/\tan(49.1) = -77151$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld}/2 = 1/4 * 0 * 640 /2 = 0$ E3 Nmm
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v * q_{gew} * h_{ohgew} + \gamma * v * q_{tg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.28 * 4.50 * 0 * 0.80 + 1.15 * 4.50 * 0 * 1.60 = 0$ N)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 * l_{veld} = 0.50 * 640 = 320$ mm
 ($l_{ky} = l_{veld}/2$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz * (1.0 + (\lambda_{b,dare} z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (0.21 - 0.2) * (|-77151| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.40 \\ Kz.3 &= Cmz * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-77151| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.48 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.40, 0.48) = 0.40 \\ Ky.b &= 0.6 * Kz.b = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-77151| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0) \\ &= 0.266 + 0.000 = 0.266 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-77151| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0) \\ &= 0.264 + 0.000 = 0.264 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.266, 0.264) = 0.266$$

- controle: $0.27 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-90186|}{291834} = 0.31$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 55571$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|55571|}{291834} = 0.19$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.31 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.3.4 Controle van de diagonalen:

3.16.3.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : Qddmaxd = -15072 N (zie tabel 3.16.3.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: Fpunt = 1.28 * max(1250, 1000) + 1.15 * 0 = 1594 N

- Res.diag.drukkracht: Nddiagd = $\frac{Qddmaxd - Fpunt/2}{\sin(\alpha)}$ = $\frac{-15072 - 1594/2}{\sin(49.1)}$ = -20981 N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

UCsterkte = $\frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-20981|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.191$

controle: 0.191 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

Sigma: $\frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-20981|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 56.9 \text{ N/mm}^2$

UCspanning = Sigma/fy = 56.9 / 235.0 = 0.242

controle: 0.242 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

Ky.2 = Cmy * (1.0 + (lambda_{rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chi_y * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-20981| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41
 Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chi_y * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-20981| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.46
 Ky.b = Min(Ky.2, Ky.3) = Min(0.41, 0.46) = 0.41
 Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.24

UCstab.1 = $\frac{|N_{Ed}|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}$
 = $\frac{|-20981|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.41 * \frac{|0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}$
 = 0.202 + 0.000 = 0.202

UCstab.2 = $\frac{|N_{Ed}|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}$
 = $\frac{|-20981|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.24 * \frac{|0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}$
 = 0.202 + 0.000 = 0.202

Maatgevend: UCstab.b = max(UCstab.1, UCstab.2) = max(0.202, 0.202) = 0.202

controle: 0.202 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.3.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 15072$ N (zie tabel 3.16.3.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{15072 + 1594 / 2}{\sin(49.1)} = 20981 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{|20981|}{63685} = 0.329$$

- UC-Trek : $0.329 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 6445$ N (zie tabel 3.16.3.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-6445}{\sin(49.1)} = -8521 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{|8521|}{104000} = 0.082$$

- UC-Druk : $0.082 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -20981 N			Nd = - 8521 N		
Nt = 0 N			Nt = 20981 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 13725 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 15869 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 13725 N			Fsdev = 5574 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	30.31 N/mm ²	30.31 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	37.07 N/mm ²	37.07 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	30.31 N/mm ²	30.31 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	50.99 N/mm ²	50.99 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.25	0.25	
UC2	0.00	0.00	0.11	0.11	
SgmWsd	37.07 N/mm ²	37.07 N/mm ²	15.06 N/mm ²	15.06 N/mm ²	
UC3	0.18	0.18	0.07	0.07	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.29	0.29	
UCd1	0.29	0.29	0.12	0.12	
UClas	0.18	0.18	0.25	0.25	
UCdia	0.29	0.29	0.29	0.29	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.18		0.25		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.25 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.3.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \text{ Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \text{ N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \text{ Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-56.33| * 0.01 * 14.4 = 8.1 \text{ Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{k_{\text{ozk}}} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}} \cdot 2} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716 \cdot 2} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.5 / 0.95) = 57.2 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 57.2 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-90.19| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 65.7 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 310
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -6181 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-6181| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid
bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.16.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-35767	-584	10631	96234	5315	96527
25.60	-23853	-580	-8769	64082	-4384	64381
25.60	-24151	-766	11340	64793	5670	65288
38.40	-36819	-769	-15072	98978	-7536	99551

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb} \quad \text{met } F_t \geq 0 \text{ N}$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \text{ max} = 99551 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \text{ max} = 203328 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $99551 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.16.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-35767	-584	10631	0	5315	7517
25.60	-23853	-580	-8769	0	-4384	6200
25.60	-24151	-766	11340	0	5670	8019
38.40	-36819	-769	-15072	0	-7536	10658

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo} \quad \text{met } F_t \geq 0 \text{ N}$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \text{ max} = 10658 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \text{ max} = 90432 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $10658 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 99.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $99.0 \text{ kN} < 226 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0.0 \text{ kN} < 134 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.16.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
12.80	-35767	-584	10631	86946	0	0.34	0.04
25.60	-23853	-580	-8769	57888	0	0.23	0.03
25.60	-24151	-766	11340	58522	0	0.24	0.04
38.40	-36819	-769	-15072	89417	0	0.36	0.06

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \text{ met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 89417 \cdot 25.0 = 1118 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $1118 \text{ Nm} < 2284 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0 \text{ Nm} < 736 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.16.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	60.36	0.00	60.36	69.70	0.34	0.21
verticaal	55.26	5.89	55.26	63.89	0.31	0.19
schotjes	55.26	5.89	55.26	63.89	0.31	0.19
kopplaat horizontaal	64.04	0.00	64.04	73.95	0.36	0.22
verticaal	59.29	5.48	59.29	68.54	0.33	0.21
schotjes	4.75	68.46	4.75	39.91	0.19	0.02

Controle: $0.36 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Tabel 3.16.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	10.04	0.00	10.04	11.60	0.06	0.03
verticaal	0.00	11.60	0.00	6.69	0.03	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	10.04	0.00	10.04	11.60	0.06	0.03
verticaal	0.00	11.60	0.00	6.69	0.03	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.06 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.4 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.16.4.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn	Normaal- krachtenlijn	Dwars- krachtenlijn
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)	N(x) in [N] (+ = trek)	Q(x) in [N] (+ = ~~~)
0.00 - 3.20	-2621 24258	-969 -969	9625 7180
3.20 - 6.40	24259 33489	-961 -961	4506 1263
6.40 - 9.60	33497 12572	-963 -963	-4918 -8160
9.60 - 12.80	12584 -37238	-979 -979	-14341 -16787
38.40 - 41.60	-36317 -630	-708 -708	12378 9934
41.60 - 44.80	-631 17410	-696 -696	7259 4017
44.80 - 48.00	17412 16518	-692 -692	1342 -1900
48.00 - 51.20	16522 -2039	-697 -697	-4575 -7022

3.16.4.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - $u_{vtoel} = 12800 / 250 < 30.0 \text{ mm}$, dus: $u_{vtoel} = 30.0 \text{ mm}$

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 21.31 \text{ mm}$

- Controle van de 1e rij tralies:

Doorbuiging: $21.3 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm}$, dus: voldoet.

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.4.2 Controle van de bovenrand:

3.16.4.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.16.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.16.42: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)	Systeem- lengte
x in [m] Spant		[mm]
0.00 - 3.20	5909 -59651	3199
3.20 - 6.40	-59648 -82161	3200
6.40 - 9.60	-82181 -31146	3200
9.60 - 12.80	-31183 90335	3201
38.40 - 41.60	88223 1182	3199
41.60 - 44.80	1190 -42812	3200
44.80 - 48.00	-42814 -40633	3200
48.00 - 51.20	-40646 4625	3201

3.16.4.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.16.4.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"		β_m	$\beta_m \times \beta_n$				
0.00- 3.20	5909 -59651	e-z	0.840	0.585	1872	1	0.20	0.26
3.20- 6.40	-59648 -82161	z-z	0.844	0.788	2521	1	0.28	0.42
6.40- 9.60	-82181 -31146	z-z	0.844	0.711	2274	1	0.28	0.39
9.60-12.80	-31183 90335	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.11	0.13
12.80-16.00	1190 -42812	z-z	0.844	0.608	1945	1	0.15	0.19
16.00-19.20	-42814 -40633	z-z	0.844	0.834	2667	1	0.15	0.23
19.20-22.40	-40646 4625	z-e	0.840	0.581	1860	1	0.14	0.18

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{darely} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.79 - 0.2) * (|-82161| / (0.666 * 291834 / 1.0))) = 1.13$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-82161| / (0.666 * 291834 / 1.0))) = 1.20$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.13, 1.20) = 1.13$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.68$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-82161| / (0.666 * 291834 / 1.0) + 1.13 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.423 + 0.000 = 0.423$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-82161| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.68 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.302 + 0.000 = 0.302$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.423, 0.302) = 0.423$$

- controle: 0.42 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.4.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -82181 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdarel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-82181| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.94$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-82181| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.12$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.94, 1.12) = 0.94$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.56$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-82181| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.94 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.302 + 0.000 = 0.302$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-82181| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.282 + 0.000 = 0.282$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.302, 0.282) = 0.302$

- controle: $0.30 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.4.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-82181|}{291834} = 0.28$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 90335 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|90335|}{291834} = 0.31$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.31 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.4.3 Controle van de onderrand:

3.16.4.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.16.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.16.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.16.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 3.20	-6878 58682	3199
3.20 - 6.40	58687 81200	3200
6.40 - 9.60	81217 30183	3200
9.60 - 12.80	30204 -91314	3201
12.80 - 16.00	-88931 -1890	3199
16.00 - 19.20	-1886 42116	3200
19.20 - 22.40	42122 39941	3200
22.40 - 25.60	39950 -5322	3201

3.16.4.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.16.4.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ lengte/PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00-3.20	-6878 58682	e-z	0.851	0.705	2254	1	0.02	0.03
3.20-6.40	58687 81200	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.31	0.44
6.40-9.60	81217 30183	m-z	0.855	0.786	2515	1	0.30	0.46
9.60-12.80	30204 -91314	z-z	0.856	0.708	2266	1	0.01	0.01
12.80-16.00	-88931 -1890	z-e	0.851	0.705	2256	1	0.02	0.03

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{darely} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.79 - 0.2) * (|-88931| / (0.667 * 291834 / 1.0))) = 1.14$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-88931| / (0.667 * 291834 / 1.0))) = 1.23$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.14, 1.23) = 1.14$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.69$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-88931| / (0.667 * 291834 / 1.0) + 1.14 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.457 + 0.000 = 0.457$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-88931| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.69 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.306 + 0.000 = 0.306$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.457, 0.306) = 0.457$$

- controle: 0.46 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.4.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -91314 + |-16787|/\tan(49.1) = -76795$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld}/2 = 1/4 * 0 * 640 /2 = 0$ E3 Nmm
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v * q_{gew} * h_{ohgew} + \gamma * v * q_{tg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.28 * 4.50 * 0 * 0.80 + 1.15 * 4.50 * 0 * 1.60 = 0$ N)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 * l_{veld} = 0.50 * 640 = 320$ mm
 ($l_{ky} = l_{veld}/2$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdare} l_z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + (0.21 - 0.2) * (|-76795| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-76795| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.48$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.48) = 0.40$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.24$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-76795| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.264 + 0.000 = 0.264$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-76795| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.263 + 0.000 = 0.263$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.264, 0.263) = 0.264$$

- controle: $0.26 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.4.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-91314|}{291834} = 0.31$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 81217$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|81217|}{291834} = 0.28$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.31 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.4.4 Controle van de diagonalen:

3.16.4.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{ddmaxd} = -16787 \text{ N}$ (zie tabel 3.16.4.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: $F_{punt} = 1.28 * \max(1250, 1000) + 1.15 * 0 = 1594 \text{ N}$

- Res.diag.drukkracht: $N_{ddiagd} = \frac{Q_{ddmaxd} - F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{-16787 - 1594/2}{\sin(49.1)} = -23248 \text{ N}$

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-23248|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.212$

controle: $0.212 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-23248|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 63.1 \text{ N/mm}^2$

$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 63.1 / 235.0 = 0.268$

controle: $0.268 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{my2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{y,2} = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-23248| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41$
 $K_{y,3} = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-23248| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.47$
 $K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.41, 0.47) = 0.41$
 $K_{z,b} = 0.6 * K_{y,b} = 0.25$

$UC_{stab,1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{y,b} * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * M_{y,Rk} / 1.0}$
 $= \frac{|-23248|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.41 * \frac{|0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}$
 $= 0.224 + 0.000 = 0.224$

$UC_{stab,2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{z,b} * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * M_{y,Rk} / 1.0}$
 $= \frac{|-23248|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.25 * \frac{|0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}$
 $= 0.224 + 0.000 = 0.224$

Maatgevend: $UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.224, 0.224) = 0.224$

controle: $0.224 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.4.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 16787$ N (zie tabel 3.16.4.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{16787 + 1594 / 2}{\sin(49.1)} = 23248 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{23248}{63685} = 0.365$$

- UC-Trek : $0.365 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 8160$ N (zie tabel 3.16.4.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-8160}{\sin(49.1)} = -10788 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{10788}{104000} = 0.104$$

- UC-Druk : $0.104 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.4.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -23248 N			Nd = - 10788 N		
Nt = 0 N			Nt = 23248 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 15208 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 17584 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 15208 N			Fsdev = 7057 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	33.59 N/mm ²	33.59 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	41.08 N/mm ²	41.08 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	33.59 N/mm ²	33.59 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	56.50 N/mm ²	56.50 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.27	0.27	
UC2	0.00	0.00	0.12	0.12	
SgmWsd	41.08 N/mm ²	41.08 N/mm ²	19.06 N/mm ²	19.06 N/mm ²	
UC3	0.20	0.20	0.09	0.09	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.32	0.32	
UCd1	0.32	0.32	0.15	0.15	
UClas	0.20	0.20	0.27	0.27	
UCdia	0.32	0.32	0.32	0.32	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.20		0.27		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.27 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.4.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \quad \text{Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \quad \text{N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \quad \text{N/mm}$

 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \quad \text{Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-82.18| * 0.01 * 14.4 = 11.8 \quad \text{Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} = \frac{450}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}}} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0}{1} = 135.6 \text{ N/mm}$$

$$k_{\text{or}} = \frac{(3992.7 \cdot 100 + 296.5 \cdot 450 + 180.2 \cdot (100 + 450)^2 + (8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)) \cdot 477.1) \cdot 10^{-9}}{1} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.5 / 0.95) = 55.6 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 55.6 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-91.31| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 66.6 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 324
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -6181 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-6181| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.4.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.16.4.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-2621	-969	9625	6589	4813	9473
12.80	-37238	-979	-16787	100005	-8394	100707
38.40	-36317	-708	12378	97654	6189	98045
51.20	-2039	-697	-7022	5154	-3511	7157

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N_t \quad M$$
- Normalkracht: $F_t = \frac{2 * nbb}{hbbout} * M$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 100707$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $100707 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.16.4.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-2621	-969	9625	0	4813	6806
12.80	-37238	-979	-16787	0	-8394	11870
38.40	-36317	-708	12378	0	6189	8753
51.20	-2039	-697	-7022	0	-3511	4965

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N_t \quad M$$
- Normalkracht: $F_t = \frac{2 * nbo}{hobout} * M$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 11870$ N (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $11870 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.4.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 100.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 100.0 kN < 226 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 134 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.4.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.16.4.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
						boven	onder
0.00	-2621	-969	9625	5909	0	0.04	0.04
12.80	-37238	-979	-16787	90335	0	0.36	0.06
38.40	-36317	-708	12378	88223	0	0.35	0.05
51.20	-2039	-697	-7022	4625	0	0.03	0.03

Resultierende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$- \text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n \cdot Q}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 90335 \cdot 25.0 = 1129$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 1129 Nm < 2284 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Resultierende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 736 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.16.4.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.16.4.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	61.51	0.00	61.51	71.02	0.34	0.21
verticaal	55.82	6.56	55.82	64.57	0.31	0.19
schotjes	55.82	6.56	55.82	64.57	0.31	0.19
kopplaat horizontaal	65.19	0.00	65.19	75.27	0.36	0.23
verticaal	59.90	6.11	59.90	69.25	0.33	0.21
schotjes	5.29	69.16	5.29	40.40	0.19	0.02

Controle: $0.36 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Tabel 3.16.4.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	11.18	0.00	11.18	12.92	0.06	0.04
verticaal	0.00	12.92	0.00	7.46	0.04	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	11.18	0.00	11.18	12.92	0.06	0.04
verticaal	0.00	12.92	0.00	7.46	0.04	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.06 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 3200 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 5432 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r1 = 800 / bkg < 2.0$;
 $800 / 800 = 1.00$, dus $r1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r2 = 1125 / bd < 2.0$;
 $1125 / 1125 = 1.00$, dus $r2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r1 < 50.0$ mm;
 $3200 / 100 * 1.00 = 40.0$ mm, dus ugevel = 65.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4500 * 1.00 = 30.0$ mm, dus udek = 70.1 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 65.0 + 70.1 = 65.2 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(42.7 , 0.1 , 60.0) = 128.0 mm

3.17 B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.1 Berekening van de belastingen per tralie:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 140)	=	140 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.50	=	315 N
- E.G. 1e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- E.G. 2e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(1250,1000)+1.00*0	=	0 N
- Sneeuwbelasting	: (0.20 * 423)	=	85 N/m ²
- Gewas winter	: (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 100)	=	100 N/m ²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 140)	=	140 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.50	=	315 N
- E.G. 1e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- E.G. 2e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(1250,1000)+1.00*0	=	0 N
- Sneeuwbelasting	: (0.20 * 423)	=	85 N/m ²
- Gewas winter	: (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 100)	=	100 N/m ²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanhoogte van de eerste kolom
 Knoop * = zwevende goot 1e rij tralies
 Knoop * = middenkolom

- Horizontale belasting:

Fk,hor = 0 N (geen windbelasting)

3.17.1.1 Seismic loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

3.17.1.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the frame direction:

- K1 = << stijfheid van de tralielokom, en TOG nog nader invullen; zie ook U1 verderop >>
- Frame load excl. crop Fv1' = 22727 N (2317 kg)
- Frame loads hanging crops and cultivation gutter only Fv2' = 0 N (0 kg)
- Length of cable for crops (length of pendulum)(ph-vspant-hspant-Htgt+Hfund)
 $L = 3.200 - 0.100 - 0.450 - 1.000 + 0.300 = 1.950 \text{ m}$

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix $[S_n] = \begin{bmatrix} K1 + Fv2/L & -Fv2/L \\ -Fv2/L & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 75739 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$

- Mass matrix $[M_s] = \begin{bmatrix} Fv1 & 0 \\ 0 & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2317 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$

- Modal eigenvector $[\Phi] = \text{Eigenvecs}([S_s] * [M_s]^{-1})$

- Solving 2x2 matrix: $[\Phi] = \begin{bmatrix} \Phi1= 0.9999 & \Phi2= 0.0000 \\ \Phi3=-0.0159 & \Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$

- Modal Mass $[M_n] = [\Phi]^T * [M_s] * [\Phi]$

- Solving 2x2 matrix: $[M_n] = \begin{bmatrix} Mn1= 2316.4 & 0 \\ 0 & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$

- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([S_s] * [M_s]^{-1})$

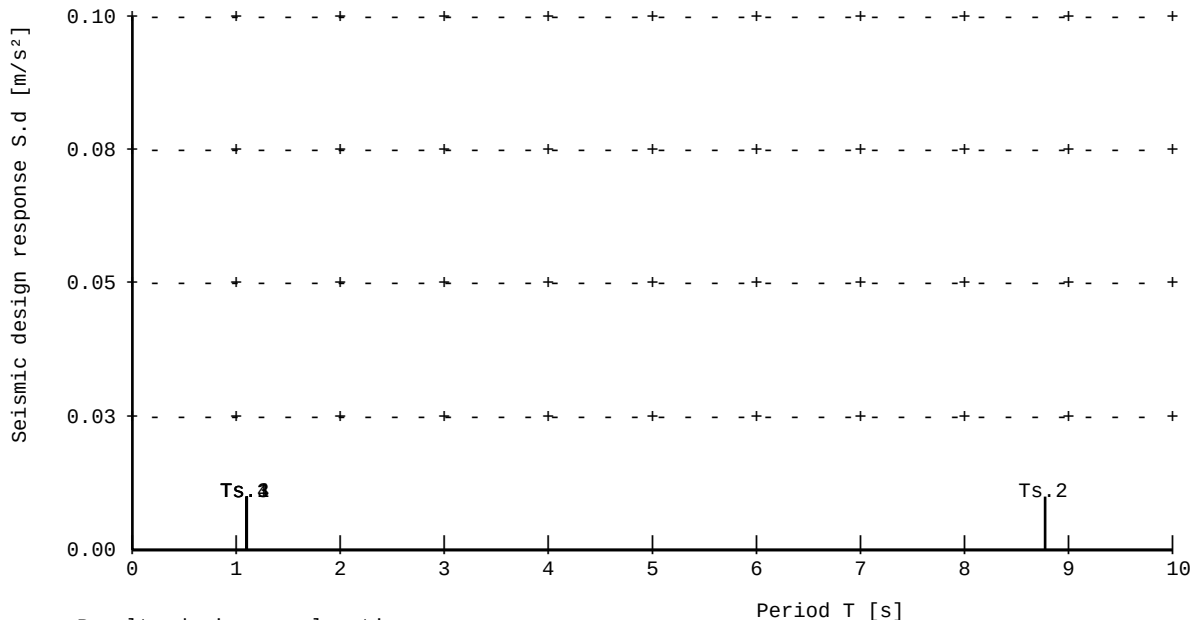
- Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1}$ Freq1 = 32.688 1/s²
- Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2}$ Freq2 = 0.513 1/s²
- No crops : $\text{Freq3} = K1/Fv1 = 75739 / 2317$ Freq3 = 32.688 1/s²
- Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1/(Fv1+Fv2) = 75739 / (2317 + 0)$ Freq4 = 32.688 1/s²
- The period of motion:
 - Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2*\pi/(32.688)^{0.5}$ Ts1 = 1.099 s
 - Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2*\pi/(0.513)^{0.5}$ Ts2 = 8.774 s
 - No crops : $Ts3 = 2*\pi/(32.688)^{0.5}$ Ts3 = 1.099 s
 - Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2*\pi/(32.688)^{0.5}$ Ts4 = 1.099 s

3.17.1.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

- Design Life building Class = 1
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 15 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.186
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.004
 TNRC50 = 242.960
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 72.888
- Importance factor for earthquake
 gamma = 0.800
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 0.669
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0000 * 9.81 * 0.800 * 0.669 = 0.0000 \text{ m/s}^2$
- Ground type = C Vast zand of stijve klei
 - Soil factor
 $S_g = 1.1500$
 - Limits of periods:
 $T.B = 0.2000 \text{ s}$
 $T.C = 0.6000 \text{ s}$
 $T.D = 2.0000 \text{ s}$
- Behavior factor for horizontal seismic actions
 According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 5\%$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:
 Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)
 - Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts,1, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts,2, q) * 1.5 = S.d(8.774, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - No crops: $Ag_3 = S.d(Ts,3, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts,4, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.00000 \text{ m/s}^2$

3.17.1.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where k_e is the number of eigenmodi

- $k_{e1} = (M_{m1} \cdot \Phi_{i1} + M_{m2} \cdot \Phi_{i3}) / (M_{m1} \cdot \Phi_{i1}^2 + M_{m2} \cdot \Phi_{i3}^2)$
 $= (2316.4 \cdot 0.9999 + 0.0 \cdot -0.016) / (2316.4 \cdot 0.9999^2 + 0.0 \cdot -0.016^2)$ $k_{e1} = 1.00013$
- $k_{e2} = (M_{m1} \cdot \Phi_{i2} + M_{m2} \cdot \Phi_{i4}) / (M_{m1} \cdot \Phi_{i2}^2 + M_{m2} \cdot \Phi_{i4}^2)$
 $= (2316.4 \cdot 0.0000 + 0.0 \cdot 1.0000) / (2316.4 \cdot 0.0000^2 + 0.0 \cdot 1.0000^2)$ $k_{e2} = 1.01321$

- Horizontal seismic forces:

- Mode 1:
 $F_1 = A_{g1} \cdot k_{e1} \cdot M_{m1} \cdot \Phi_{i1} = 0.00000 \cdot 1.0001 \cdot 2316.4 \cdot 0.9999$ $F_1 = 0$ N
 $F_3 = A_{g1} \cdot k_{e1} \cdot M_{m2} \cdot \Phi_{i3} = 0.00000 \cdot 1.0001 \cdot 0.0 \cdot -0.016$ $F_3 = 0$ N
- Mode 2:
 $F_2 = A_{g2} \cdot k_{e2} \cdot M_{m1} \cdot \Phi_{i2} = 0.00000 \cdot 1.0132 \cdot 2316.4 \cdot 0.0000$ $F_2 = 0$ N
 $F_4 = A_{g2} \cdot k_{e2} \cdot M_{m2} \cdot \Phi_{i4} = 0.00000 \cdot 1.0132 \cdot 0.0 \cdot 1.0000$ $F_4 = 0$ N
- Vectorized 1,2:
 $F_{12} = (F_1^2 + F_2^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$ $F_{12} = 0$ N
 $F_{34} = (F_3^2 + F_4^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$ $F_{34} = 0$ N
- No pendulum:
 $F_3 = A_{g3} \cdot F_{v1} = 0.00000 \cdot 22726.6$ $F_3 = 0$ N
 $F_4 = \max(F_{12}, F_3) = \max(0, 0)$ $F_4 = 0$ N
 $F_5 = A_{g4} \cdot (F_{v1} + F_{v2}) = 0.00000 \cdot (22726.6 + 0.0)$ $F_5 = 0$ N
- Upper value (F_{12} and F_3) gives: $F_{hmax} = 0$ N

- Per frame $F_{ag}' = 0.000 \cdot 0.00$ (SLS condition) $F_{ag}' = 0.000$ N
 - Per frame $F_{ag} = 0.000 \cdot 0.80$ (ULS condition) $F_{ag} = 0.000$ N

$S_d(9) = F_4 / F_{vk} = 0 / 22727 = 0.000 \times g \text{ m/s}^2$

- Verticale belasting:
 $F_{vg} = \text{eigen gewicht goot} = (1.00 \cdot 70) \cdot 4.50 = 315 \text{ N}$
 $F_{k,vert} = -0.5 \cdot F_{vg}$
 $F^*,_{vert} \text{ t.p.v. een goot} = F_{vg}$

3.17.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.17.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

Indvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:										- -+- + Tekenafspraak	

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.00*450.0 + 1.00*215.9 + 1.00*0.0	qtral = 666.0 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 0.20*1650.3]*sin(30.0)	qdek.E = 437.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 0.20*1650.3]*cos(30.0)	qdek.L = 758.3 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 758.3 N/m
	- 2e kaphelft	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 758.3 N/m
	- 3e kaphelft	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 758.3 N/m
	- 4e kaphelft	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 758.3 N/m
	- Middenkap links	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 758.3 N/m
	- Middenkap rechts	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 758.3 N/m
	- Eindkap links	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 758.3 N/m
	- Eindkap Rechts	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 758.3 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.72	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 -0.0)*0.72 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 +0.0)*0.72 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.17.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen				
	X-as [mm]		Y-as [mm]		Rekentoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand		U_lijn [mm]
					X-as [N]	Y-as [N]	X-as [N]	Y-as [N]	X-verpl [mm]	Y-verpl [mm]	
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	
1	-0.011	0.000			558	9206					0.000
2	-0.006	1.438									0.000
3	-0.001	2.670									0.000
6	0.000	3.200	0	-158							0.000
7	1.600	4.124									0.000
8	3.200	3.200	0	-315							0.000
9	4.800	4.124									0.000
10	6.400	3.200	0	-315							0.000
11	8.000	4.124									0.000
12	9.600	3.200	0	-315							0.000
13	11.200	4.124									0.000
4	0.000	2.875	1000	0					1.43	-0.12	0.000
14	0.319	2.875							1.43	-1.51	1.385
15	1.599	2.875							1.43	-6.93	6.793
16	3.199	2.875							1.43	-12.48	12.317
17	4.799	2.875							1.43	-15.55	15.366
18	6.399	2.875							1.43	-15.74	15.528
19	7.999	2.875							1.43	-13.14	12.903
20	9.599	2.875							1.43	-8.64	8.376
21	11.199	2.875							1.43	-3.63	3.348
22	12.479	2.875							1.43	-0.72	0.416
23	12.789	0.000			-116	25544					0.000
24	12.794	1.438									0.000
25	12.799	2.670									0.000
28	12.800	3.200	0	-315							0.000
29	14.400	4.124									0.000
30	16.000	3.200	0	-315							0.000
31	17.600	4.124									0.000
32	19.200	3.200	0	-315							0.000
33	20.800	4.124									0.000
34	22.400	3.200	0	-315							0.000
35	24.000	4.124									0.000
26	12.800	2.875							1.43	-0.31	0.000
36	13.119	2.875							1.43	-0.06	-0.247
37	14.399	2.875							1.43	-0.35	0.051
38	15.999	2.875							1.43	-2.34	2.042
39	17.599	2.875							1.43	-4.42	4.132
40	19.199	2.875							1.43	-5.55	5.262
41	20.799	2.875							1.43	-5.17	4.888
42	22.399	2.875							1.43	-3.52	3.252
43	23.999	2.875							1.43	-1.38	1.109
44	25.279	2.875							1.43	-0.31	0.051
45	25.589	0.000			11	21380					0.000
46	25.594	1.438									0.000
47	25.599	2.670									0.000
50	25.600	3.200	0	-315							0.000
51	27.200	4.124									0.000
52	28.800	3.200	0	-315							0.000
53	30.400	4.124									0.000
54	32.000	3.200	0	-315							0.000
55	33.600	4.124									0.000
56	35.200	3.200	0	-315							0.000
57	36.800	4.124									0.000
48	25.600	2.875							1.43	-0.26	0.000
58	25.919	2.875							1.43	-0.32	0.058
59	27.199	2.875							1.43	-1.41	1.139
60	28.799	2.875							1.43	-3.56	3.292
61	30.399	2.875							1.43	-5.20	4.924
62	31.999	2.875							1.43	-5.57	5.285
63	33.599	2.875							1.43	-4.43	4.140
64	35.199	2.875							1.43	-2.33	2.038
65	36.799	2.875							1.43	-0.34	0.041
66	38.079	2.875							1.43	-0.06	-0.252
67	38.389	0.000			166	25523					0.000
68	38.394	1.438									0.000
69	38.399	2.670									0.000
72	38.400	3.200	0	-315							0.000

73	40.000	4.124						0.000
74	41.600	3.200	0	-315				0.000
75	43.200	4.124						0.000
76	44.800	3.200	0	-315				0.000
77	46.400	4.124						0.000
78	48.000	3.200	0	-315				0.000
79	49.600	4.124						0.000
80	38.400	2.875				1.43	-0.31	0.000
81	38.719	2.875				1.43	-0.72	0.417
82	39.999	2.875				1.43	-3.63	3.348
83	41.599	2.875				1.43	-8.62	8.359
84	43.199	2.875				1.43	-13.09	12.857
85	44.799	2.875				1.43	-15.67	15.453
86	46.399	2.875				1.42	-15.46	15.272
87	47.999	2.875				1.42	-12.39	12.224
88	49.599	2.875				1.42	-6.87	6.732
89	50.879	2.875				1.42	-1.50	1.376
90	51.189	0.000			-619	9254		0.000
91	51.194	1.438						0.000
92	51.199	2.670						0.000
93	51.200	2.875	-1000	0				0.000
94	51.201	3.080						
94	51.200	3.200	0	-158		1.42	-0.11	

Tabel 3.17.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaf nr.	Profiel			B	E	G	I	N			E	I	N	D
		X-as	Y-as	Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment					
		[N/m]	[N/m]	[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]					
		Horizontaal	Verticaal											
1	RHBK100*100*3.			-9208	-527	0		-9208	-527	-758				
2	RHBK100*100*3.			-9208	-519	-758		-9208	-519	-1398				
3	RHBK100*100*3.			-9208	-527	-1398		-9208	-527	-1506				
4	RHBK100*100*3.			-1780	-1412	461		-1780	-1412	171				
5	RHBK100*100*3.			-1767	-1428	171		-1767	-1428	0				
6	RHBK80*50*3.0			-3551	7	-2		-3551	7	-0				
7	RHBK80*50*3.0			-3551	15	-5		-3551	15	-0				
8	RHBK80*50*3.0			-3551	23	-7		-3551	23	0				
9	Roede dek	-437.8	-758.3	-2037	692	0		-1228	-709	-15				
10	Roede dek	437.8	-758.3	-1228	709	-15		-2037	-692	0				
11	Roede dek	-437.8	-758.3	-2041	690	0		-1232	-711	-20				
12	Roede dek	437.8	-758.3	-1232	711	-20		-2041	-690	0				
13	Roede dek	-437.8	-758.3	-2039	691	0		-1230	-710	-17				
14	Roede dek	437.8	-758.3	-1230	710	-17		-2039	-691	0				
15	Roede dek	-437.8	-758.3	-2029	697	0		-1220	-704	-7				
16	Roede dek	437.8	-758.3	-1220	704	-7		-2029	-697	0				
17	1e tralie	0.0	-666.0	-140	7431	-1967		-140	7218	369				
18	1e tralie	0.0	-666.0	-140	7218	369		-140	6366	9063				
19	1e tralie	0.0	-666.0	-140	6366	9063		-140	5300	18395				
20	1e tralie	0.0	-666.0	-135	1750	18398		-135	684	20344				
21	1e tralie	0.0	-666.0	-135	684	20344		-135	-381	20586				
22	1e tralie	0.0	-666.0	-138	-3932	20591		-138	-4998	13448				
23	1e tralie	0.0	-666.0	-138	-4998	13448		-138	-6063	4599				
24	1e tralie	0.0	-666.0	-149	-9614	4606		-149	-10679	-11628				
25	1e tralie	0.0	-666.0	-149	-10679	-11628		-149	-11532	-25843				
26	1e tralie	0.0	-666.0	-149	-11532	-25843		-149	-11746	-29580				
27	RHBK100*100*3.			-25543	201	0		-25543	201	289				
28	RHBK100*100*3.			-25543	224	289		-25543	224	565				
29	RHBK100*100*3.			-25543	201	565		-25543	201	606				
30	RHBK100*100*3.			-3551	13	-0		-3551	13	2				
31	RHBK100*100*3.			-3551	-19	2		-3551	-19	-0				
32	RHBK80*50*3.0			-3551	3	-1		-3551	3	0				
33	RHBK80*50*3.0			-3551	11	-4		-3551	11	0				
34	RHBK80*50*3.0			-3551	19	-6		-3551	19	0				
35	Roede dek	-437.8	-758.3	-2028	697	0		-1219	-704	-6				
36	Roede dek	437.8	-758.3	-1219	704	-6		-2028	-697	0				
37	Roede dek	-437.8	-758.3	-2036	693	0		-1227	-708	-15				
38	Roede dek	437.8	-758.3	-1227	708	-15		-2036	-693	0				
39	Roede dek	-437.8	-758.3	-2037	692	0		-1228	-709	-16				
40	Roede dek	437.8	-758.3	-1228	709	-16		-2037	-692	0				
41	Roede dek	-437.8	-758.3	-2031	696	0		-1222	-705	-9				
42	Roede dek	437.8	-758.3	-1222	705	-9		-2031	-696	0				
43	2e tralie	0.0	-666.0	-34	10248	-28974		-34	10035	-25739				
44	2e tralie	0.0	-666.0	-34	10035	-25739		-34	9183	-13439				

45	2e tralie	0.0	-666.0	-34	9183	-13439	-34	8118	401
46	2e tralie	0.0	-666.0	-25	4567	402	-25	3501	6857
47	2e tralie	0.0	-666.0	-25	3501	6857	-25	2436	11606
48	2e tralie	0.0	-666.0	-24	-1115	11610	-24	-2180	8974
49	2e tralie	0.0	-666.0	-24	-2180	8974	-24	-3246	4633
50	2e tralie	0.0	-666.0	-31	-6796	4639	-31	-7862	-7088
51	2e tralie	0.0	-666.0	-31	-7862	-7088	-31	-8714	-17697
52	2e tralie	0.0	-666.0	-31	-8714	-17697	-31	-8928	-20529
53	RHBK100*100*3.			-21379	60	-0	-21379	60	87
54	RHBK100*100*3.			-21379	79	87	-21379	79	184
55	RHBK100*100*3.			-21379	60	184	-21379	60	196
56	RHBK100*100*3.			-3551	12	0	-3551	12	2
57	RHBK100*100*3.			-3551	-20	2	-3551	-20	-0
58	RHBK80*50*3.0			-3551	5	-2	-3551	5	-0
59	RHBK80*50*3.0			-3551	13	-4	-3551	13	-0
60	RHBK80*50*3.0			-3551	21	-7	-3551	21	0
61	Roede dek	-437.8	-758.3	-2031	696	0	-1222	-705	-9
62	Roede dek	437.8	-758.3	-1222	705	-9	-2031	-696	0
63	Roede dek	-437.8	-758.3	-2037	692	0	-1228	-709	-16
64	Roede dek	437.8	-758.3	-1228	709	-16	-2037	-692	0
65	Roede dek	-437.8	-758.3	-2036	693	0	-1227	-708	-15
66	Roede dek	437.8	-758.3	-1227	708	-15	-2036	-693	0
67	Roede dek	-437.8	-758.3	-2028	697	0	-1219	-704	-6
68	Roede dek	437.8	-758.3	-1219	704	-6	-2028	-697	0
69	2e tralie	0.0	-666.0	-42	8901	-20333	-42	8688	-17528
70	2e tralie	0.0	-666.0	-42	8688	-17528	-42	7836	-6952
71	2e tralie	0.0	-666.0	-42	7836	-6952	-42	6770	4733
72	2e tralie	0.0	-666.0	-35	3220	4734	-35	2154	9033
73	2e tralie	0.0	-666.0	-35	2154	9033	-35	1089	11628
74	2e tralie	0.0	-666.0	-36	-2462	11632	-36	-3527	6840
75	2e tralie	0.0	-666.0	-36	-3527	6840	-36	-4593	344
76	2e tralie	0.0	-666.0	-45	-8144	351	-45	-9209	-13531
77	2e tralie	0.0	-666.0	-45	-9209	-13531	-45	-10062	-25865
78	2e tralie	0.0	-666.0	-45	-10062	-25865	-45	-10275	-29130
79	RHBK100*100*3.			-25524	-81	-0	-25524	-81	-117
80	RHBK100*100*3.			-25524	-59	-117	-25524	-59	-189
81	RHBK100*100*3.			-25524	-81	-189	-25524	-81	-205
82	RHBK100*100*3.			-3551	11	0	-3551	11	3
83	RHBK100*100*3.			-3551	-21	3	-3551	-21	0
84	RHBK80*50*3.0			-3551	1	-0	-3551	1	-0
85	RHBK80*50*3.0			-3551	9	-3	-3551	9	0
86	RHBK80*50*3.0			-3551	17	-6	-3551	17	-0
87	Roede dek	-437.8	-758.3	-2029	697	0	-1220	-704	-7
88	Roede dek	437.8	-758.3	-1220	704	-7	-2029	-697	0
89	Roede dek	-437.8	-758.3	-2039	691	0	-1230	-710	-17
90	Roede dek	437.8	-758.3	-1230	710	-17	-2039	-691	0
91	Roede dek	-437.8	-758.3	-2041	690	0	-1232	-711	-20
92	Roede dek	437.8	-758.3	-1232	711	-20	-2041	-690	0
93	Roede dek	-437.8	-758.3	-2036	692	0	-1228	-709	-15
94	Roede dek	437.8	-758.3	-1228	709	-15	-2036	-692	0
95	1e tralie	0.0	-666.0	-210	11697	-29335	-210	11485	-25639
96	1e tralie	0.0	-666.0	-210	11485	-25639	-210	10633	-11483
97	1e tralie	0.0	-666.0	-210	10633	-11483	-210	9567	4676
98	1e tralie	0.0	-666.0	-199	6016	4676	-199	4951	13450
99	1e tralie	0.0	-666.0	-199	4951	13450	-199	3885	20519
100	1e tralie	0.0	-666.0	-196	335	20522	-196	-731	20205
101	1e tralie	0.0	-666.0	-196	-731	20205	-196	-1796	18183
102	1e tralie	0.0	-666.0	-202	-5347	18189	-202	-6412	8781
103	1e tralie	0.0	-666.0	-202	-6412	8781	-202	-7265	28
104	1e tralie	0.0	-666.0	-202	-7265	28	-202	-7479	-2339
105	RHBK100*100*3.			-9252	650	-0	-9252	650	934
106	RHBK100*100*3.			-9251	658	934	-9251	658	1745
107	RHBK100*100*3.			-9252	650	1745	-9252	650	1878
108	RHBK100*100*3.			-1771	1423	-461	-1771	1423	-169
109	RHBK100*100*3.			-1783	1407	-169	-1783	1407	0

3.17.3 De krachtsverdeling in de 2e rij tralies:

Tabel 3.17.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)		N(x) in [N] (+ = trek)		Q(x) in [N] (+ = ~~-)	
12.80 - 16.00	-28974	401	-34	-34	10248	8118
16.00 - 19.20	402	11606	-25	-25	4567	2436
19.20 - 22.40	11610	4633	-24	-24	-1115	-3246
22.40 - 25.60	4639	-20529	-31	-31	-6796	-8928
25.60 - 28.80	-20333	4733	-42	-42	8901	6770
28.80 - 32.00	4734	11628	-35	-35	3220	1089
32.00 - 35.20	11632	344	-36	-36	-2462	-4593
35.20 - 38.40	351	-29130	-45	-45	-8144	-10275

3.17.3.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - uvtoel = $12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: uvtoel = 30.0 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 5.29$ mm

- Controle van de 2e rij tralies:

Doorbuiging: 5.3 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.3.2 Controle van de bovenrand:

3.17.3.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.17.3.1)
 met: Effectieve spanhoogte: 410.0 mm

Tabel 3.17.32: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)		Systeem- lengte
x in [m]	Spant		[mm]
12.80 - 16.00	70650	-995	3199
16.00 - 19.20	-993	-28320	3200
19.20 - 22.40	-28329	-11312	3200
22.40 - 25.60	-11330	50055	3201
25.60 - 28.80	49571	-11564	3199
28.80 - 32.00	-11564	-28378	3200
32.00 - 35.20	-28388	-857	3200
35.20 - 38.40	-878	71025	3201

3.17.3.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.17.3.2:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	70650 -995	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.00	0.00
16.00-19.20	-993 -28320	z-z	0.844	0.625	1999	1	0.10	0.13
19.20-22.40	-28329 -11312	z-z	0.844	0.715	2289	1	0.10	0.14
22.40-25.60	-11330 50055	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.04	0.05
25.60-28.80	49571 -11564	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.04	0.05
28.80-32.00	-11564 -28378	z-z	0.844	0.717	2295	1	0.10	0.14
32.00-35.20	-28388 -857	z-z	0.844	0.623	1995	1	0.10	0.13
35.20-38.40	-878 71025	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.00	0.00

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.72 - 0.2) * (|-28378| / (0.710 * 291834 / 1.0))) = 0.96 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-28378| / (0.710 * 291834 / 1.0))) = 1.00 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.96, 1.00) = 0.96 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.58
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-28378| / (0.710 * 291834 / 1.0) + 0.96 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.137 + 0.000 = 0.137 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-28378| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.104 + 0.000 = 0.104
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.137, 0.104) = 0.137$$

- controle: 0.14 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -28388 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z.2} &= C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-28388| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.91 \\ K_{z.3} &= C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-28388| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.98 \\ K_{z.b} &= \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.91, 0.98) = 0.91 \\ K_{y.b} &= 0.6 * K_{z.b} = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ &= |-28388| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.91 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0) \\ &= 0.104 + 0.000 = 0.104 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ &= |-28388| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0) \\ &= 0.097 + 0.000 = 0.097 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.104, 0.097) = 0.104$$

- controle: $0.10 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-28388|}{291834} = 0.10$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 71025 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|71025|}{291834} = 0.24$$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.24 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.3.3 Controle van de onderrand:

3.17.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.17.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.17.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.17.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
12.80 - 16.00	-70684 961	3199
16.00 - 19.20	968 28295	3200
19.20 - 22.40	28305 11288	3200
22.40 - 25.60	11299 -50086	3201
25.60 - 28.80	-49613 11522	3199
28.80 - 32.00	11529 28343	3200
32.00 - 35.20	28352 821	3200
35.20 - 38.40	833 -71070	3201

3.17.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.17.3.3:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	-70684 961	m-z	0.855	0.774	2477	1	0.24	0.36
22.40-25.60	11299 -50086	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.17	0.24
25.60-28.80	-49613 11522	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.17	0.24
35.20-38.40	833 -71070	z-m	0.855	0.775	2481	1	0.24	0.36

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.78 - 0.2) * (|-71070| / (0.674 * 291834 / 1.0))) = 1.09$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-71070| / (0.674 * 291834 / 1.0))) = 1.16$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.09, 1.16) = 1.09$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.65$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-71070| / (0.674 * 291834 / 1.0) + 1.09 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.361 + 0.000 = 0.361$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-71070| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.65 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.245 + 0.000 = 0.245$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.361, 0.245) = 0.361$$

- controle: 0.36 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -71070 + |-10275|/\tan(49.1) = -62183 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld}/2 = 1/4 * 0 * 640 /2 = 0 \text{ E3 Nmm}$
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v * q_{gew} * h_{ohgew} + \gamma * v * q_{tg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.00 * 4.50 * 0 * 0.80 + 0.20 * 4.50 * 0 * 1.60 = 0 \text{ N}$)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 * l_{veld} = 0.50 * 640 = 320 \text{ mm}$
 ($l_{ky} = l_{veld}/2$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdare} l_z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + (0.21 - 0.2) * (|-62183| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-62183| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.47$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.47) = 0.40$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.24$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-62183| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.214 + 0.000 = 0.214$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-62183| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.213 + 0.000 = 0.213$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.214, 0.213) = 0.214$$

- controle: $0.21 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-71070|}{291834} = 0.24$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 28352 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|28352|}{291834} = 0.10$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.24 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.3.4 Controle van de diagonalen:

3.17.3.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{ddmaxd} = -10275 \text{ N}$ (zie tabel 3.17.3.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: $F_{punt} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 1.00 * 0 = 0 \text{ N}$

- Res.diag.drukkracht: $N_{ddiagd} = \frac{Q_{ddmaxd} - F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{-10275 - 0}{\sin(49.1)} = -13585 \text{ N}$

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-13585|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.124$

controle: $0.124 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-13585|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 36.9 \text{ N/mm}^2$

$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 36.9 / 235.0 = 0.157$

controle: $0.157 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{y,2} = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-13585| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41$
 $K_{y,3} = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-13585| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.44$
 $K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.41, 0.44) = 0.41$
 $K_{z,b} = 0.6 * K_{y,b} = 0.24$

$UC_{stab,1} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0)$
 $= |-13585| / (0.949 * 109643 / 1.0) + 0.41 * |0.0| / (1.00 * 1054.0 / 1.0)$
 $= 0.131 + 0.000 = 0.131$

$UC_{stab,2} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0)$
 $= |-13585| / (0.949 * 109643 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 1054.0 / 1.0)$
 $= 0.131 + 0.000 = 0.131$

Maatgevend: $UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.131, 0.131) = 0.131$

controle: $0.131 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.3.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 10275$ N (zie tabel 3.17.3.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{10275 + 0}{\sin(49.1)} = 13585 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{13585}{63685} = 0.213$$

- UC-Trek : $0.213 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 4593$ N (zie tabel 3.17.3.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-4593}{\sin(49.1)} = -6072 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{6072}{104000} = 0.058$$

- UC-Druk : $0.058 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -13585 N			Nd = - 6072 N		
Nt = 0 N			Nt = 13585 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 8887 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 10275 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 8887 N			Fsdev = 3972 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	19.63 N/mm ²	19.63 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	24.01 N/mm ²	24.01 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	19.63 N/mm ²	19.63 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	33.01 N/mm ²	33.01 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.16	0.16	
UC2	0.00	0.00	0.07	0.07	
SgmWsd	24.01 N/mm ²	24.01 N/mm ²	10.73 N/mm ²	10.73 N/mm ²	
UC3	0.12	0.12	0.05	0.05	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.19	0.19	
UCd1	0.19	0.19	0.08	0.08	
UClas	0.12	0.12	0.16	0.16	
UCdia	0.19	0.19	0.19	0.19	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.12		0.16		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.16 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.3.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \quad \text{Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \quad \text{N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \quad \text{N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \quad \text{Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-28.39| * 0.01 * 14.4 = 4.1 \quad \text{Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{k_{\text{ozk}}} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}} \cdot 2} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716 \cdot 2} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{(3992.7 \cdot 100 + 296.5 \cdot 450 + 180.2 \cdot (100 + 450)^2 + (8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)) \cdot 477.1) \cdot 10^{-9}} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.4 / 0.95) = 44.0 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 44.0 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-71.07| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 51.8 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 347
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -3551 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-3551| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Ψ_{Snow} + Ψ_{Crop} + Seismic

3.17.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.17.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-28974	-34	10248	78174	5124	78509
25.60	-20529	-31	-8928	55386	-4464	55745
25.60	-20333	-42	8901	54851	4450	55211
38.40	-29130	-45	-10275	78590	-5138	78925

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N_t \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 * nbb}{hbbout} * M$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 78925$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br} \max = 1.30 * 78925 = 102602$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $102602 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.17.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-28974	-34	10248	0	5124	7246
25.60	-20529	-31	-8928	0	-4464	6313
25.60	-20333	-42	8901	0	4450	6294
38.40	-29130	-45	-10275	0	-5138	7266

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N_t \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 * nbo}{hobout} * M$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 7266$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or} \max = 1.30 * 7266 = 9446$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $9446 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 78.6$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 78.6 = 102.2$ N
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 102.2 kN < 226 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 0.0 = 0.0$ kN
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 134 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.17.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	F _{trb}	F _{tro}	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
12.80	-28974	-34	10248	70650	0	0.28	0.04
25.60	-20529	-31	-8928	50055	0	0.20	0.03
25.60	-20333	-42	8901	49571	0	0.20	0.03
38.40	-29130	-45	-10275	71025	0	0.28	0.04

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$N + \frac{s_n * Q}{2} \quad M$$

- Normaalkracht: $F_{trb} = \frac{N + \frac{s_n * Q}{2}}{ht, eff}$ met $F_{trb} \geq 0$ N

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb}(max) * e = 0.5 * 71025 * 25.0 = 888$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 888 = 1154$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 1154 Nm < 2284 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro}(max) * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 0$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 0.00 * 0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 736 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.17.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	47.37	0.00	47.37	54.70	0.26	0.16
verticaal	43.89	4.02	43.89	50.73	0.24	0.15
schotjes	43.89	4.02	43.89	50.73	0.24	0.15
kopplaat horizontaal	50.33	0.00	50.33	58.12	0.28	0.17
verticaal	47.09	3.74	47.09	54.42	0.26	0.16
schotjes	3.24	54.38	3.24	31.62	0.15	0.01

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.28 = 0.36$

Controle: $0.36 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Tabel 3.17.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	6.85	0.00	6.85	7.91	0.04	0.02
verticaal	0.00	7.91	0.00	4.56	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	6.85	0.00	6.85	7.91	0.04	0.02
verticaal	0.00	7.91	0.00	4.56	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.04 = 0.05$

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.4 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.17.4.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn	Normaal- krachtenlijn	Dwars- krachtenlijn
x in [m]	M(x) in [Nm]	N(x) in [N]	Q(x) in [N]
begin - eind	(+ = U/- =)	(+ = trek)	(+ = ~~~)
0.00 - 3.20	-1967 18395	-140 -140	7431 5300
3.20 - 6.40	18398 20586	-135 -135	1750 -381
6.40 - 9.60	20591 4599	-138 -138	-3932 -6063
9.60 - 12.80	4606 -29580	-149 -149	-9614 -11746
38.40 - 41.60	-29335 4676	-210 -210	11697 9567
41.60 - 44.80	4676 20519	-199 -199	6016 3885
44.80 - 48.00	20522 18183	-196 -196	335 -1796
48.00 - 51.20	18189 -2339	-202 -202	-5347 -7479

3.17.4.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - $uv_{toel} = 12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: $uv_{toel} = 30.0$ mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 15.53$ mm

- Controle van de 1e rij tralies:

Doorbuiging: 15.5 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.4.2 Controle van de bovenrand:

3.17.4.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.17.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.17.42: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N]	Systeem- lengte
x in [m]	(trek = positief) Spant	[mm]
0.00 - 3.20	4727 -44937	3199
3.20 - 6.40	-44940 -50278	3200
6.40 - 9.60	-50292 -11286	3200
9.60 - 12.80	-11310 72072	3201
38.40 - 41.60	71444 -11510	3199
41.60 - 44.80	-11505 -50146	3200
44.80 - 48.00	-50152 -44448	3200
48.00 - 51.20	-44464 5604	3201

3.17.4.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.17.4.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	4727 -44937	e-z	0.840	0.583	1866	1	0.15	0.19
3.20- 6.40	-44940 -50278	z-z	0.844	0.822	2632	1	0.17	0.27
6.40- 9.60	-50292 -11286	z-z	0.844	0.673	2155	1	0.17	0.23
9.60-12.80	-11310 72072	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.04	0.05
12.80-16.00	71444 -11510	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.04	0.05
16.00-19.20	-11505 -50146	z-z	0.844	0.675	2159	1	0.17	0.23
19.20-22.40	-50152 -44448	z-z	0.844	0.821	2627	1	0.17	0.27
22.40-25.60	-44464 5604	z-e	0.840	0.577	1849	1	0.15	0.19

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{darely} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.83 - 0.2) * (|-50278| / (0.644 * 291834 / 1.0))) = 1.05 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-50278| / (0.644 * 291834 / 1.0))) = 1.09 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.05, 1.09) = 1.05 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.63
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-50278| / (0.644 * 291834 / 1.0) + 1.05 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.268 + 0.000 = 0.268 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-50278| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.63 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.185 + 0.000 = 0.185
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.268, 0.185) = 0.268$$

- controle: 0.27 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.4.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -50292 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-50292| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.92$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-50292| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.03$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.92, 1.03) = 0.92$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.55$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-50292| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.92 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.185 + 0.000 = 0.185$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-50292| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.172 + 0.000 = 0.172$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.185, 0.172) = 0.185$

- controle: $0.19 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.4.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-50292|}{291834} = 0.17$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 72072 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|72072|}{291834} = 0.25$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.25 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.4.3 Controle van de onderrand:

3.17.4.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.17.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.17.4.1)
 - met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.17.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 3.20	-4867 44797	3199
3.20 - 6.40	44805 50143	3200
6.40 - 9.60	50154 11148	3200
9.60 - 12.80	11160 -72221	3201
12.80 - 16.00	-71654 11300	3199
16.00 - 19.20	11306 49947	3200
19.20 - 22.40	49956 44252	3200
22.40 - 25.60	44263 -5806	3201

3.17.4.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.17.4.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	-4867 44797	e-z	0.851	0.705	2254	1	0.02	0.02
3.20-6.40	11160 -72221	z-m	0.855	0.724	2318	1	0.25	0.35
6.40-9.60	-71654 11300	m-z	0.855	0.723	2313	1	0.25	0.35
9.60-12.80	44263 -5806	z-e	0.851	0.705	2256	1	0.02	0.03

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.73 - 0.2) * (|-72221| / (0.706 * 291834 / 1.0))) = 1.07$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-72221| / (0.706 * 291834 / 1.0))) = 1.15$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.07, 1.15) = 1.07$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.64$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-72221| / (0.706 * 291834 / 1.0) + 1.07 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.351 + 0.000 = 0.351$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-72221| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.64 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.249 + 0.000 = 0.249$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.351, 0.249) = 0.351$$

- controle: 0.35 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.4.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -72221 + |-11746|/\tan(49.1) = -62063 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld}/2 = 1/4 * 0 * 640 /2 = 0 \text{ E3 Nmm}$
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v * q_{gew} * h_{ohgew} + \gamma * v * q_{tg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.00 * 4.50 * 0 * 0.80 + 0.20 * 4.50 * 0 * 1.60 = 0 \text{ N}$)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 * l_{veld} = 0.50 * 640 = 320 \text{ mm}$
 ($l_{ky} = l_{veld}/2$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdare} l_z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + (0.21 - 0.2) * (|-62063| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-62063| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.47$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.47) = 0.40$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.24$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-62063| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.214 + 0.000 = 0.214$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= |-62063| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.213 + 0.000 = 0.213$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.214, 0.213) = 0.214$$

- controle: $0.21 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.4.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-72221|}{291834} = 0.25$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 50154 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|50154|}{291834} = 0.17$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.25 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.4.4 Controle van de diagonalen:

3.17.4.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : Qddmaxd = -11746 N (zie tabel 3.17.4.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: Fpunt = 0.00 * max(1250, 1000) + 1.00 * 0 = 0 N

- Res.diag.drukkracht: Nddiagd = $\frac{Qddmaxd - Fpunt/2}{\sin(\alpha)}$ = $\frac{-11746 - 0}{\sin(49.1)} = -15529$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

UCsterkte = $\frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-15529|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.142$

controle: 0.142 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

Sigma: $\frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-15529|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 42.1$ N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 42.1 / 235.0 = 0.179

controle: 0.179 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

Ky.2 = Cmy * (1.0 + (lambdarel.y - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-15529| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41
 Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-15529| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.45
 Ky.b = Min(Ky.2, Ky.3) = Min(0.41, 0.45) = 0.41
 Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.24

UCstab.1 = $\frac{|N_{Ed}|}{\frac{Chiy * NRk}{1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}}$
 = $\frac{|-15529|}{\frac{0.949 * 109643}{1.0} + 0.41 * \frac{|0.0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}}$
 = 0.149 + 0.000 = 0.149

UCstab.2 = $\frac{|N_{Ed}|}{\frac{Chiz * NRk}{1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}}$
 = $\frac{|-15529|}{\frac{0.949 * 109643}{1.0} + 0.24 * \frac{|0.0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}}$
 = 0.149 + 0.000 = 0.149

Maatgevend: UCstab.b = max(UCstab.1, UCstab.2) = max(0.149, 0.149) = 0.149

controle: 0.149 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.4.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 11746$ N (zie tabel 3.17.4.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{11746 + 0}{\sin(49.1)} = 15529 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{15529}{63685} = 0.244$$

- UC-Trek : $0.244 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 6063$ N (zie tabel 3.17.4.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-6063}{\sin(49.1)} = -8016 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{8016}{104000} = 0.077$$

- UC-Druk : $0.077 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.4.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -15529 N			Nd = - 8016 N		
Nt = 0 N			Nt = 15529 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 10158 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 11746 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 10158 N			Fsdev = 5244 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	22.44 N/mm ²	22.44 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	27.44 N/mm ²	27.44 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	22.44 N/mm ²	22.44 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	37.74 N/mm ²	37.74 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.18	0.18	
UC2	0.00	0.00	0.08	0.08	
SgmWsd	27.44 N/mm ²	27.44 N/mm ²	14.17 N/mm ²	14.17 N/mm ²	
UC3	0.13	0.13	0.07	0.07	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.21	0.21	
UCd1	0.21	0.21	0.11	0.11	
UClas	0.13	0.13	0.18	0.18	
UCdia	0.21	0.21	0.21	0.21	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.13		0.18		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.18 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.4.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \text{ Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \text{ N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \text{ Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-50.29| * 0.01 * 14.4 = 7.2 \text{ Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{k_{\text{ozk}}} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}} \cdot 2} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716 \cdot 2} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.4 / 0.95) = 42.6 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 42.6 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-72.22| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 52.6 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 361
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -3551 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-3551| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Ψ_{Snow} + Ψ_{Crop} + Seismic

3.17.4.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.17.4.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-1967	-140	7431	5237	3715	7419
12.80	-29580	-149	-11746	79754	-5873	80185
38.40	-29335	-210	11697	79062	5849	79494
51.20	-2339	-202	-7479	6212	-3739	8158

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 80185$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br} \max = 1.30 * 80185 = 104240$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: 104240 N < 203328 N, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.17.4.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-1967	-140	7431	0	3715	5254
12.80	-29580	-149	-11746	0	-5873	8305
38.40	-29335	-210	11697	0	5849	8271
51.20	-2339	-202	-7479	0	-3739	5288

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 8305$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or} \max = 1.30 * 8305 = 10797$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: 10797 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.4.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 79.8$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 79.8 = 103.7$ N
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 103.7 kN < 226 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 0.0 = 0.0$ kN
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 134 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.4.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.17.4.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	F _{trb}	F _{tro}	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
0.00	-1967	-140	7431	4727	0	0.03	0.03
12.80	-29580	-149	-11746	72072	0	0.29	0.04
38.40	-29335	-210	11697	71444	0	0.28	0.04
51.20	-2339	-202	-7479	5604	0	0.03	0.03

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$N + \frac{s_n * Q}{2} \quad M$$

- Normalkracht: $F_{trb} = \frac{N + \frac{s_n * Q}{2}}{ht, eff}$ met $F_{trb} \geq 0$ N

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb}(max) * e = 0.5 * 72072 * 25.0 = 901$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 901 = 1171$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 1171 Nm < 2284 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro}(max) * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 0$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 0.00 * 0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 736 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.17.4.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.17.4.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	48.51	0.00	48.51	56.02	0.27	0.17
verticaal	44.54	4.59	44.54	51.50	0.25	0.15
schotjes	44.54	4.59	44.54	51.50	0.25	0.15
kopplaat horizontaal	51.49	0.00	51.49	59.45	0.29	0.18
verticaal	47.79	4.27	47.79	55.24	0.27	0.17
schotjes	3.70	55.18	3.70	32.14	0.15	0.01

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.29 = 0.37$

Controle: $0.37 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Tabel 3.17.4.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	7.83	0.00	7.83	9.04	0.04	0.03
verticaal	0.00	9.04	0.00	5.22	0.03	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	7.83	0.00	7.83	9.04	0.04	0.03
verticaal	0.00	9.04	0.00	5.22	0.03	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.04 = 0.06$

Controle: $0.06 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 3200 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 5432 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 800 = 1.00$, dus $r1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1125 = 1.00$, dus $r2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r1 < 50.0 \text{ mm}$;
 $3200 / 100 * 1.00 = 40.0 \text{ mm}$, dus ugevel = 65.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r2 < 50.0 \text{ mm}$
 $1/200 * 4500 * 1.00 = 30.0 \text{ mm}$, dus udek = 70.1 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 65.0 + 70.1 = 65.2 mm
- Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:
 $U_{toel.seismic} = 2 * ph / 50 = 2 * 3200 / 50 = 128.0 \text{ mm}$
- Maatgevend :
 - utoel = $U_{toel.seismic} = 128.0 \text{ mm}$

3.18 B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.1 Berekening van de belastingen per tralie:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:				
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 140)	=	140	N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.50	=	315	N
- E.G. 1e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9	N/m
- E.G. 2e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9	N/m
- Variabele belastingen:				
- Vert. puntlast:	0.00*max(1250,1000)+1.00*0	=	0	N
- Sneeuwbelasting	: (0.20 * 423)	=	85	N/m ²
- Gewas winter	: (0.00 * 0)	=	0	N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 100)	=	100	N/m ²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:				
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 140)	=	140	N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.50	=	315	N
- E.G. 1e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9	N/m
- E.G. 2e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9	N/m
- Variabele belastingen:				
- Vert. puntlast:	0.00*max(1250,1000)+1.00*0	=	0	N
- Sneeuwbelasting	: (0.20 * 423)	=	85	N/m ²
- Gewas winter	: (0.00 * 0)	=	0	N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 100)	=	100	N/m ²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanhoogte van de eerste kolom
 Knoop * = zwevende goot 1e rij tralies
 Knoop * = middenkolom

- Horizontale belasting:
 Fk,hor = 0 N (geen windbelasting)

3.18.1.1 Seismic loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

3.18.1.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the frame direction:

- $K1 = \ll$ stijfheid van de tralielokom, en TOG nog nader invullen; zie ook U1 verderop $\gg$
- Frame load excl. crop $Fv1' = 22727$ N (2317 kg)
- Frame loads hanging crops and cultivation gutter only $Fv2' = 0$ N (0 kg)
- Length of cable for crops (length of pendulum)(ph-vspant-hspant-Htgt+Hfund)
 $L = 3.200 - 0.100 - 0.450 - 1.000 + 0.300 = 1.950$ m

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix $[Sn] = \begin{bmatrix} K1 + Fv2/L & -Fv2/L \\ -Fv2/L & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 75739 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ N/m

- Mass matrix $[Ms] = \begin{bmatrix} Fv1 & 0 \\ 0 & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2317 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ kg

- Modal eigenvector $[Phi] = \text{Eigenvecs}([Ss] * [Ms]^{-1})$

- Solving 2x2 matrix: $[Phi] = \begin{bmatrix} Phi1= 0.9999 & Phi2= 0.0000 \\ Phi3=-0.0159 & Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$

- Modal Mass $[Mn] = [Phi]^T * [Ms] * [Phi]$

- Solving 2x2 matrix: $[Mn] = \begin{bmatrix} Mn1= 2316.4 & 0 \\ 0 & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$

- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([Ss] * [Ms]^{-1})$

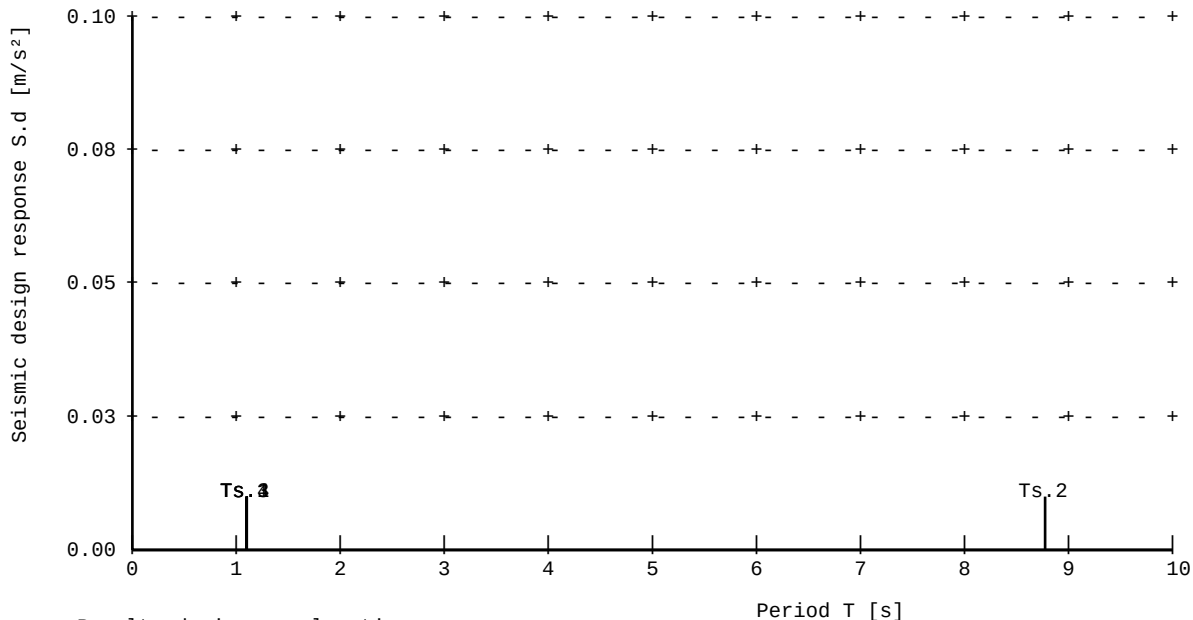
- Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1}$ $\text{Freq1} = 32.688$ 1/s²
- Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2}$ $\text{Freq2} = 0.513$ 1/s²
- No crops : $\text{Freq3} = K1/Fv1 = 75739 / 2317$ $\text{Freq3} = 32.688$ 1/s²
- Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1/(Fv1+Fv2) = 75739 / (2317 + 0)$ $\text{Freq4} = 32.688$ 1/s²
- The period of motion:
 - Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2*\pi/(32.688)^{0.5}$ $Ts1 = 1.099$ s
 - Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2*\pi/(0.513)^{0.5}$ $Ts2 = 8.774$ s
 - No crops : $Ts3 = 2*\pi/(32.688)^{0.5}$ $Ts3 = 1.099$ s
 - Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2*\pi/(32.688)^{0.5}$ $Ts4 = 1.099$ s

3.18.1.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

- Design Life building Class = 1
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 15 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.186
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.004
 TNRC50 = 242.960
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 72.888
- Importance factor for earthquake
 gamma = 0.800
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 0.669
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0000 * 9.81 * 0.800 * 0.669 = 0.0000 \text{ m/s}^2$
- Ground type = C Vast zand of stijve klei
 - Soil factor
 Sg = 1.1500
 - Limits of periods:
 T.B = 0.2000 s
 T.C = 0.6000 s
 T.D = 2.0000 s
- Behavior factor for horizontal seismic actions
 According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor q = 1.50 must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so ksi=5
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:
 Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)
 - Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts,1, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts,2, q) * 1.5 = S.d(8.774, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - No crops: $Ag_3 = S.d(Ts,3, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts,4, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.00000 \text{ m/s}^2$

3.18.1.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where k_e is the number of eigenmodi

- $k_{e1} = (M_{m1} \cdot \Phi_{i1} + M_{m2} \cdot \Phi_{i3}) / (M_{m1} \cdot \Phi_{i1}^2 + M_{m2} \cdot \Phi_{i3}^2)$
 $= (2316.4 \cdot 0.9999 + 0.0 \cdot -0.016) / (2316.4 \cdot 0.9999^2 + 0.0 \cdot -0.016^2)$ $k_{e1} = 1.00013$
- $k_{e2} = (M_{m1} \cdot \Phi_{i2} + M_{m2} \cdot \Phi_{i4}) / (M_{m1} \cdot \Phi_{i2}^2 + M_{m2} \cdot \Phi_{i4}^2)$
 $= (2316.4 \cdot 0.0000 + 0.0 \cdot 1.0000) / (2316.4 \cdot 0.0000^2 + 0.0 \cdot 1.0000^2)$ $k_{e2} = 1.01321$

- Horizontal seismic forces:

- Mode 1: $F_1 = A_{g1} \cdot k_{e1} \cdot M_{m1} \cdot \Phi_{i1} = 0.00000 \cdot 1.0001 \cdot 2316.4 \cdot 0.9999$ $F_1 = 0$ N
 $F_3 = A_{g1} \cdot k_{e1} \cdot M_{m2} \cdot \Phi_{i3} = 0.00000 \cdot 1.0001 \cdot 0.0 \cdot -0.016$ $F_3 = 0$ N
- Mode 2: $F_2 = A_{g2} \cdot k_{e2} \cdot M_{m1} \cdot \Phi_{i2} = 0.00000 \cdot 1.0132 \cdot 2316.4 \cdot 0.0000$ $F_2 = 0$ N
 $F_4 = A_{g2} \cdot k_{e2} \cdot M_{m2} \cdot \Phi_{i4} = 0.00000 \cdot 1.0132 \cdot 0.0 \cdot 1.0000$ $F_4 = 0$ N
- Vectorized 1,2: $F_{12} = (F_1^2 + F_2^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$ $F_{12} = 0$ N
 $F_{34} = (F_3^2 + F_4^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$ $F_{34} = 0$ N
- No pendulum: $F_3 = A_{g3} \cdot F_{v1} = 0.00000 \cdot 22726.6$ $F_3 = 0$ N
 $F_4 = \max(F_{12}, F_3) = \max(0, 0)$ $F_4 = 0$ N
 $F_5 = A_{g4} \cdot (F_{v1} + F_{v2}) = 0.00000 \cdot (22726.6 + 0.0)$ $F_5 = 0$ N
- Upper value (F_{12} and F_3) gives: $F_{hmax} = 0$ N

- Per frame $F_{ag}' = 0.000 \cdot 0.00$ (SLS condition) $F_{ag}' = 0.000$ N
 - Per frame $F_{ag} = 0.000 \cdot 0.80$ (ULS condition) $F_{ag} = 0.000$ N

$S_d(10) = F_4 / F_{vk} = 0 / 22727 = 0.000 \times g \text{ m/s}^2$

- Verticale belasting:
 $F_{vg} = \text{eigen gewicht goot} = (1.00 \cdot 70) \cdot 4.50 = 315 \text{ N}$
 $F_{k,vert} = -0.5 \cdot F_{vg}$
 $F^*,_{vert} \text{ t.p.v. een goot} = F_{vg}$

Tralie	neerwaarts	$q_{tral} = f_i \cdot q_{install} + f_p \cdot q_{tral} + f_g \cdot q_{gewas}$ $= 1.00 \cdot 450.0 + 1.00 \cdot 215.9 + 0.00 \cdot 0.0$	$q_{tral} = 665.9 \text{ N/m}$
Goot	zijgevel	$F_{gt.s} = f_p \cdot q_{goot.s} = 1.00 \cdot 157.5$	$F_{gt.s} = 158 \text{ N}$
	middengoot	$F_{gt.m} = f_p \cdot q_{goot.m} = 1.00 \cdot 315.0$	$F_{gt.m} = 315 \text{ N}$
Kasdek	evenwijdig	$q_{dek.E} = [f_p \cdot q_{dek} + f_s \cdot q_{sneew}] \cdot \sin(\text{dek})$ $= [1.00 \cdot 545.6 + 0.20 \cdot 1650.3] \cdot \sin(30.0)$	$q_{dek.E} = 437.8 \text{ N/m}$
	loodrecht	$q_{dek.L} = [f_p \cdot q_{dek} + f_s \cdot q_{sneew}] \cdot \cos(\text{dek})$ $= [1.00 \cdot 545.6 + 0.20 \cdot 1650.3] \cdot \cos(30.0)$	$q_{dek.L} = 758.3 \text{ N/m}$
	+ wind per kaphelft	$= q_{dek.L} + f_w \cdot q_{winds} \cdot (c_{pe} - c_{pi})$	
	- 1e kaphelft	$= 758.3 + 0.00 \cdot 2396.3 \cdot (+0.00 - 0.00)$	$q_{dek.L1} = 758.3 \text{ N/m}$
	- 2e kaphelft	$= 758.3 + 0.00 \cdot 2396.3 \cdot (+0.00 - 0.00)$	$q_{dek.L2} = 758.3 \text{ N/m}$
	- 3e kaphelft	$= 758.3 + 0.00 \cdot 2396.3 \cdot (+0.00 - 0.00)$	$q_{dek.L3} = 758.3 \text{ N/m}$
	- 4e kaphelft	$= 758.3 + 0.00 \cdot 2396.3 \cdot (+0.00 - 0.00)$	$q_{dek.L4} = 758.3 \text{ N/m}$
	- Middenkap links	$= 758.3 + 0.00 \cdot 2396.3 \cdot (+0.00 - 0.00)$	$q_{dek.Lm1} = 758.3 \text{ N/m}$
	- Middenkap rechts	$= 758.3 + 0.00 \cdot 2396.3 \cdot (+0.00 - 0.00)$	$q_{dek.Lm2} = 758.3 \text{ N/m}$
	- Eindkap links	$= 758.3 + 0.00 \cdot 2396.3 \cdot (+0.00 - 0.00)$	$q_{dek.Le1} = 758.3 \text{ N/m}$
	- Eindkap Rechts	$= 758.3 + 0.00 \cdot 2396.3 \cdot (+0.00 - 0.00)$	$q_{dek.Le2} = 758.3 \text{ N/m}$
	+ windwrijving nok	$= C_{fp}, h \cdot f_i \cdot q_{wind} \cdot \text{vakmaat} \cdot b_{kap} / h_{kap} \cdot c_{scd}'$	
	- middenkap FhwCpf	$= 0.00 \cdot 0.00 \cdot 532.5 \cdot 4.5 \cdot 3.2 / 0.92 \cdot 0.70$	$F_{hwCpf} = 0 \text{ N}$
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	$= f_w \cdot F_{hw.gt} \cdot (c_{p1} - c_{pi}) \cdot c_{scd} + n_s \cdot f_i \cdot F_{hs.gt}$	
	goothoogte	$= 0.00 \cdot 4267.6 \cdot (0.0 - 0.0) \cdot 0.70 + 1 \cdot 1.00 \cdot 1000$	$F_{hw.gt} = 1000 \text{ N}$
	windzijde FhwF.fh	$= f_w \cdot F_{hw.fh} \cdot (c_{p1} - c_{pi})$	
	fundatiehoogte	$= 0.00 \cdot 3400.7 \cdot (0.0 - 0.0)$	$F_{hw.fh} = 0 \text{ N}$
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	$= f_w \cdot F_{hw.gt} \cdot (c_{p1} + c_{pi}) \cdot c_{scd} + n_s \cdot f_i \cdot F_{hs.gt}$	
	goothoogte	$= 0.00 \cdot 4267.6 \cdot (0.0 + 0.0) \cdot 0.70 + 1 \cdot 1.00 \cdot 1000$	$F_{hw.gt} = 1000 \text{ N}$
	loefzijde FhwL.fh	$= f_w \cdot F_{hw.fh} \cdot (c_{p1} + c_{pi})$	
	fundatiehoogte	$= 0.00 \cdot 3400.7 \cdot (0.0 + 0.0)$	$F_{hw.fh} = 0 \text{ N}$

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.00*450.0 + 1.00*215.9 + 0.00*0.0	qtral = 665.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 0.20*1650.3]*sin(30.0)	qdek.E = 437.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 0.20*1650.3]*cos(30.0)	qdek.L = 758.3 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 758.3 N/m
	- 2e kaphelft	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 758.3 N/m
	- 3e kaphelft	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 758.3 N/m
	- 4e kaphelft	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 758.3 N/m
	- Middenkap links	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 758.3 N/m
	- Middenkap rechts	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 758.3 N/m
	- Eindkap links	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 758.3 N/m
	- Eindkap Rechts	= 758.3 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 758.3 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.72	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 -0.0)*0.72 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 +0.0)*0.72 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.18.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen			
	Rekentoestand		Oplegreacties				gebruikstoestand			U_lijn [mm]
	X-as [mm]	Y-as [mm]	X-as [N]	Y-as [N]	X-as [N]	Y-as [N]	X-verpl [mm]	Y-verpl [mm]		
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.		
1	-0.011	0.000			558	9206			0.000	
2	-0.006	1.438							0.000	
3	-0.001	2.670							0.000	
6	0.000	3.200	0	-158					0.000	
7	1.600	4.124							0.000	
8	3.200	3.200	0	-315					0.000	
9	4.800	4.124							0.000	
10	6.400	3.200	0	-315					0.000	
11	8.000	4.124							0.000	
12	9.600	3.200	0	-315					0.000	
13	11.200	4.124							0.000	
4	0.000	2.875	1000	0			1.43	-0.12	0.000	
14	0.319	2.875					1.43	-1.51	1.385	
15	1.599	2.875					1.43	-6.93	6.793	
16	3.199	2.875					1.43	-12.48	12.317	
17	4.799	2.875					1.43	-15.55	15.366	
18	6.399	2.875					1.43	-15.74	15.528	
19	7.999	2.875					1.43	-13.14	12.903	
20	9.599	2.875					1.43	-8.64	8.376	
21	11.199	2.875					1.43	-3.63	3.348	
22	12.479	2.875					1.43	-0.72	0.416	
23	12.789	0.000			-116	25544			0.000	
24	12.794	1.438							0.000	
25	12.799	2.670							0.000	
28	12.800	3.200	0	-315					0.000	
29	14.400	4.124							0.000	
30	16.000	3.200	0	-315					0.000	
31	17.600	4.124							0.000	
32	19.200	3.200	0	-315					0.000	
33	20.800	4.124							0.000	
34	22.400	3.200	0	-315					0.000	
35	24.000	4.124							0.000	
26	12.800	2.875					1.43	-0.31	0.000	
36	13.119	2.875					1.43	-0.06	-0.247	
37	14.399	2.875					1.43	-0.35	0.051	
38	15.999	2.875					1.43	-2.34	2.042	
39	17.599	2.875					1.43	-4.42	4.132	
40	19.199	2.875					1.43	-5.55	5.262	
41	20.799	2.875					1.43	-5.17	4.888	
42	22.399	2.875					1.43	-3.52	3.252	
43	23.999	2.875					1.43	-1.38	1.109	
44	25.279	2.875					1.43	-0.31	0.051	
45	25.589	0.000			11	21379			0.000	
46	25.594	1.438							0.000	
47	25.599	2.670							0.000	
50	25.600	3.200	0	-315					0.000	
51	27.200	4.124							0.000	
52	28.800	3.200	0	-315					0.000	
53	30.400	4.124							0.000	
54	32.000	3.200	0	-315					0.000	
55	33.600	4.124							0.000	
56	35.200	3.200	0	-315					0.000	
57	36.800	4.124							0.000	
48	25.600	2.875					1.43	-0.26	0.000	
58	25.919	2.875					1.43	-0.32	0.058	
59	27.199	2.875					1.43	-1.41	1.139	
60	28.799	2.875					1.43	-3.56	3.292	
61	30.399	2.875					1.43	-5.20	4.924	
62	31.999	2.875					1.43	-5.57	5.285	
63	33.599	2.875					1.43	-4.43	4.140	
64	35.199	2.875					1.43	-2.33	2.038	
65	36.799	2.875					1.43	-0.34	0.041	
66	38.079	2.875					1.43	-0.06	-0.252	
67	38.389	0.000			166	25523			0.000	
68	38.394	1.438							0.000	
69	38.399	2.670							0.000	
72	38.400	3.200	0	-315					0.000	

73	40.000	4.124						0.000
74	41.600	3.200	0	-315				0.000
75	43.200	4.124						0.000
76	44.800	3.200	0	-315				0.000
77	46.400	4.124						0.000
78	48.000	3.200	0	-315				0.000
79	49.600	4.124						0.000
80	38.400	2.875				1.43	-0.31	0.000
81	38.719	2.875				1.43	-0.72	0.417
82	39.999	2.875				1.43	-3.63	3.348
83	41.599	2.875				1.43	-8.62	8.359
84	43.199	2.875				1.43	-13.09	12.857
85	44.799	2.875				1.43	-15.67	15.453
86	46.399	2.875				1.42	-15.46	15.272
87	47.999	2.875				1.42	-12.39	12.224
88	49.599	2.875				1.42	-6.87	6.732
89	50.879	2.875				1.42	-1.50	1.376
90	51.189	0.000			-619	9254		0.000
91	51.194	1.438						0.000
92	51.199	2.670						0.000
93	51.200	2.875	-1000	0				0.000
94	51.201	3.080						
94	51.200	3.200	0	-158		1.42	-0.11	

Tabel 3.18.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaf nr.	Profiel	X-as [N/m] Horizontaal	Y-as [N/m] Verticaal	B E G I N			E I N D		
				Normaal [N]	Dwarskr [N]	Moment [Nm]	Normaal [N]	Dwarskr [N]	Moment [Nm]
1	RHBK100*100*3.			-9208	-527	0	-9208	-527	-758
2	RHBK100*100*3.			-9208	-519	-758	-9208	-519	-1398
3	RHBK100*100*3.			-9208	-527	-1398	-9208	-527	-1506
4	RHBK100*100*3.			-1780	-1412	461	-1780	-1412	171
5	RHBK100*100*3.			-1767	-1428	171	-1767	-1428	0
6	RHBK80*50*3.0			-3551	7	-2	-3551	7	0
7	RHBK80*50*3.0			-3551	15	-5	-3551	15	0
8	RHBK80*50*3.0			-3551	23	-7	-3551	23	0
9	Roede dek	-437.8	-758.3	-2037	692	0	-1228	-709	-15
10	Roede dek	437.8	-758.3	-1228	709	-15	-2037	-692	0
11	Roede dek	-437.8	-758.3	-2041	690	0	-1232	-711	-20
12	Roede dek	437.8	-758.3	-1232	711	-20	-2041	-690	0
13	Roede dek	-437.8	-758.3	-2039	691	0	-1230	-710	-17
14	Roede dek	437.8	-758.3	-1230	710	-17	-2039	-691	0
15	Roede dek	-437.8	-758.3	-2029	697	0	-1220	-704	-7
16	Roede dek	437.8	-758.3	-1220	704	-7	-2029	-697	0
17	1e tralie	0.0	-665.9	-140	7430	-1967	-140	7218	369
18	1e tralie	0.0	-665.9	-140	7218	369	-140	6366	9063
19	1e tralie	0.0	-665.9	-140	6366	9063	-140	5300	18395
20	1e tralie	0.0	-665.9	-135	1750	18398	-135	684	20344
21	1e tralie	0.0	-665.9	-135	684	20344	-135	-381	20586
22	1e tralie	0.0	-665.9	-138	-3932	20591	-138	-4998	13447
23	1e tralie	0.0	-665.9	-138	-4998	13447	-138	-6063	4599
24	1e tralie	0.0	-665.9	-149	-9614	4606	-149	-10679	-11628
25	1e tralie	0.0	-665.9	-149	-10679	-11628	-149	-11532	-25843
26	1e tralie	0.0	-665.9	-149	-11532	-25843	-149	-11746	-29580
27	RHBK100*100*3.			-25543	201	0	-25543	201	289
28	RHBK100*100*3.			-25543	224	289	-25543	224	565
29	RHBK100*100*3.			-25543	201	565	-25543	201	606
30	RHBK100*100*3.			-3551	13	-0	-3551	13	2
31	RHBK100*100*3.			-3551	-19	2	-3551	-19	0
32	RHBK80*50*3.0			-3551	3	-1	-3551	3	0
33	RHBK80*50*3.0			-3551	11	-4	-3551	11	-0
34	RHBK80*50*3.0			-3551	19	-6	-3551	19	-0
35	Roede dek	-437.8	-758.3	-2028	697	0	-1219	-704	-6
36	Roede dek	437.8	-758.3	-1219	704	-6	-2028	-697	0
37	Roede dek	-437.8	-758.3	-2036	693	0	-1227	-708	-15
38	Roede dek	437.8	-758.3	-1227	708	-15	-2036	-693	0
39	Roede dek	-437.8	-758.3	-2037	692	0	-1228	-709	-16
40	Roede dek	437.8	-758.3	-1228	709	-16	-2037	-692	0
41	Roede dek	-437.8	-758.3	-2031	696	0	-1222	-705	-9
42	Roede dek	437.8	-758.3	-1222	705	-9	-2031	-696	0
43	2e tralie	0.0	-665.9	-34	10248	-28974	-34	10035	-25739
44	2e tralie	0.0	-665.9	-34	10035	-25739	-34	9183	-13439

45	2e tralie	0.0	-665.9	-34	9183	-13439	-34	8117	401
46	2e tralie	0.0	-665.9	-25	4567	402	-25	3501	6856
47	2e tralie	0.0	-665.9	-25	3501	6856	-25	2436	11606
48	2e tralie	0.0	-665.9	-24	-1115	11610	-24	-2180	8974
49	2e tralie	0.0	-665.9	-24	-2180	8974	-24	-3246	4633
50	2e tralie	0.0	-665.9	-31	-6796	4639	-31	-7862	-7088
51	2e tralie	0.0	-665.9	-31	-7862	-7088	-31	-8714	-17697
52	2e tralie	0.0	-665.9	-31	-8714	-17697	-31	-8928	-20529
53	RHBK100*100*3.			-21379	60	0	-21379	60	87
54	RHBK100*100*3.			-21379	79	87	-21379	79	184
55	RHBK100*100*3.			-21379	60	184	-21379	60	196
56	RHBK100*100*3.			-3551	12	0	-3551	12	2
57	RHBK100*100*3.			-3551	-20	2	-3551	-20	0
58	RHBK80*50*3.0			-3551	5	-2	-3551	5	0
59	RHBK80*50*3.0			-3551	13	-4	-3551	13	-0
60	RHBK80*50*3.0			-3551	21	-7	-3551	21	-0
61	Roede dek	-437.8	-758.3	-2031	696	0	-1222	-705	-9
62	Roede dek	437.8	-758.3	-1222	705	-9	-2031	-696	0
63	Roede dek	-437.8	-758.3	-2037	692	0	-1228	-709	-16
64	Roede dek	437.8	-758.3	-1228	709	-16	-2037	-692	0
65	Roede dek	-437.8	-758.3	-2036	693	0	-1227	-708	-15
66	Roede dek	437.8	-758.3	-1227	708	-15	-2036	-693	0
67	Roede dek	-437.8	-758.3	-2028	697	0	-1219	-704	-6
68	Roede dek	437.8	-758.3	-1219	704	-6	-2028	-697	0
69	2e tralie	0.0	-665.9	-42	8901	-20333	-42	8688	-17528
70	2e tralie	0.0	-665.9	-42	8688	-17528	-42	7836	-6952
71	2e tralie	0.0	-665.9	-42	7836	-6952	-42	6770	4733
72	2e tralie	0.0	-665.9	-35	3220	4734	-35	2154	9033
73	2e tralie	0.0	-665.9	-35	2154	9033	-35	1089	11628
74	2e tralie	0.0	-665.9	-36	-2462	11632	-36	-3527	6840
75	2e tralie	0.0	-665.9	-36	-3527	6840	-36	-4593	344
76	2e tralie	0.0	-665.9	-45	-8144	351	-45	-9209	-13531
77	2e tralie	0.0	-665.9	-45	-9209	-13531	-45	-10061	-25865
78	2e tralie	0.0	-665.9	-45	-10061	-25865	-45	-10275	-29129
79	RHBK100*100*3.			-25524	-81	0	-25524	-81	-117
80	RHBK100*100*3.			-25524	-59	-117	-25524	-59	-189
81	RHBK100*100*3.			-25524	-81	-189	-25524	-81	-205
82	RHBK100*100*3.			-3551	11	0	-3551	11	3
83	RHBK100*100*3.			-3551	-21	3	-3551	-21	0
84	RHBK80*50*3.0			-3551	1	-0	-3551	1	-0
85	RHBK80*50*3.0			-3551	9	-3	-3551	9	0
86	RHBK80*50*3.0			-3551	17	-6	-3551	17	0
87	Roede dek	-437.8	-758.3	-2029	697	0	-1220	-704	-7
88	Roede dek	437.8	-758.3	-1220	704	-7	-2029	-697	0
89	Roede dek	-437.8	-758.3	-2039	691	0	-1230	-710	-17
90	Roede dek	437.8	-758.3	-1230	710	-17	-2039	-691	0
91	Roede dek	-437.8	-758.3	-2041	690	0	-1232	-711	-20
92	Roede dek	437.8	-758.3	-1232	711	-20	-2041	-690	0
93	Roede dek	-437.8	-758.3	-2036	692	0	-1228	-709	-15
94	Roede dek	437.8	-758.3	-1228	709	-15	-2036	-692	0
95	1e tralie	0.0	-665.9	-210	11697	-29335	-210	11485	-25639
96	1e tralie	0.0	-665.9	-210	11485	-25639	-210	10632	-11483
97	1e tralie	0.0	-665.9	-210	10632	-11483	-210	9567	4676
98	1e tralie	0.0	-665.9	-199	6016	4676	-199	4951	13450
99	1e tralie	0.0	-665.9	-199	4951	13450	-199	3885	20519
100	1e tralie	0.0	-665.9	-196	335	20522	-196	-731	20205
101	1e tralie	0.0	-665.9	-196	-731	20205	-196	-1796	18183
102	1e tralie	0.0	-665.9	-202	-5347	18189	-202	-6412	8781
103	1e tralie	0.0	-665.9	-202	-6412	8781	-202	-7265	28
104	1e tralie	0.0	-665.9	-202	-7265	28	-202	-7479	-2339
105	RHBK100*100*3.			-9252	650	-0	-9252	650	934
106	RHBK100*100*3.			-9251	658	934	-9251	658	1745
107	RHBK100*100*3.			-9252	650	1745	-9252	650	1878
108	RHBK100*100*3.			-1771	1423	-461	-1771	1423	-169
109	RHBK100*100*3.			-1783	1407	-169	-1783	1407	0

3.18.3 De krachtsverdeling in de 2e rij tralies:

Tabel 3.18.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m]	M(x) in [Nm]		N(x) in [N]		Q(x) in [N]	
begin - eind	(+ = U/- =)		(+ = trek)		(+ = ~~~)	
12.80 - 16.00	-28974	401	-34	-34	10248	8117
16.00 - 19.20	402	11606	-25	-25	4567	2436
19.20 - 22.40	11610	4633	-24	-24	-1115	-3246
22.40 - 25.60	4639	-20529	-31	-31	-6796	-8928
25.60 - 28.80	-20333	4733	-42	-42	8901	6770
28.80 - 32.00	4734	11628	-35	-35	3220	1089
32.00 - 35.20	11632	344	-36	-36	-2462	-4593
35.20 - 38.40	351	-29129	-45	-45	-8144	-10275

3.18.3.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:

- uvtoel = $12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: uvtoel = 30.0 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 5.29$ mm

- Controle van de 2e rij tralies:

Doorbuiging: 5.3 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.

bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.3.2 Controle van de bovenrand:

3.18.3.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.18.3.1)
 met: Effectieve spanhoogte: 410.0 mm

Tabel 3.18.32: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N]		Systeem- lengte
x in [m]	(trek = positief) Spant		[mm]
12.80 - 16.00	70650	-995	3199
16.00 - 19.20	-993	-28320	3200
19.20 - 22.40	-28329	-11312	3200
22.40 - 25.60	-11330	50055	3201
25.60 - 28.80	49571	-11564	3199
28.80 - 32.00	-11564	-28377	3200
32.00 - 35.20	-28388	-857	3200
35.20 - 38.40	-878	71025	3201

3.18.3.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.18.3.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	70650 -995	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.00	0.00
16.00-19.20	-993 -28320	z-z	0.844	0.625	1999	1	0.10	0.13
19.20-22.40	-28329 -11312	z-z	0.844	0.715	2289	1	0.10	0.14
22.40-25.60	-11330 50055	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.04	0.05
25.60-28.80	49571 -11564	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.04	0.05
28.80-32.00	-11564 -28377	z-z	0.844	0.717	2295	1	0.10	0.14
32.00-35.20	-28388 -857	z-z	0.844	0.623	1995	1	0.10	0.13
35.20-38.40	-878 71025	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.00	0.00

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.72 - 0.2) * (|-28377| / (0.710 * 291834 / 1.0))) = 0.96 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-28377| / (0.710 * 291834 / 1.0))) = 1.00 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.96, 1.00) = 0.96 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.58
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-28377| / (0.710 * 291834 / 1.0) + 0.96 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.137 + 0.000 = 0.137 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-28377| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.104 + 0.000 = 0.104
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.137, 0.104) = 0.137$$

- controle: 0.14 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -28388 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bd} \cdot e_{l,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-28388| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.91$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-28388| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.98$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.91, 0.98) = 0.91$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.55$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-28388| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.91 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.104 + 0.000 = 0.104$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-28388| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.097 + 0.000 = 0.097$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.104, 0.097) = 0.104$

- controle: $0.10 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-28388|}{291834} = 0.10$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 71025 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|71025|}{291834} = 0.24$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.24 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.3.3 Controle van de onderrand:

3.18.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.18.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.18.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.18.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
12.80 - 16.00	-70684 961	3199
16.00 - 19.20	968 28295	3200
19.20 - 22.40	28305 11288	3200
22.40 - 25.60	11299 -50086	3201
25.60 - 28.80	-49613 11522	3199
28.80 - 32.00	11529 28342	3200
32.00 - 35.20	28352 821	3200
35.20 - 38.40	833 -71070	3201

3.18.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.18.3.3:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	-70684 961	m-z	0.855	0.774	2477	1	0.24	0.36
22.40-25.60	11299 -50086	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.17	0.24
25.60-28.80	-49613 11522	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.17	0.24
35.20-38.40	833 -71070	z-m	0.855	0.775	2481	1	0.24	0.36

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.78 - 0.2) * (|-71070| / (0.674 * 291834 / 1.0))) = 1.09$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-71070| / (0.674 * 291834 / 1.0))) = 1.16$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.09, 1.16) = 1.09$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.65$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-71070| / (0.674 * 291834 / 1.0) + 1.09 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.361 + 0.000 = 0.361$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-71070| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.65 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.245 + 0.000 = 0.245$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.361, 0.245) = 0.361$$

- controle: 0.36 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -71070 + |-10275|/\tan(49.1) = -62183 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 \cdot l_{veld} = 0.50 \cdot 640 = 320 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.21 - 0.2) \cdot (|-62183| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.40$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-62183| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.47$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.47) = 0.40$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.24$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-62183| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.40 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.214 + 0.000 = 0.214$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0)$
 $= |-62183| / (1.000 \cdot 291834 / 1.0) + 0.24 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.213 + 0.000 = 0.213$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.214, 0.213) = 0.214$

- controle: $0.21 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-71070|}{291834} = 0.24$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 28352 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|28352|}{291834} = 0.10$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.24 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.3.4 Controle van de diagonalen:

3.18.3.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{ddmaxd} = -10275 \text{ N}$ (zie tabel 3.18.3.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: $F_{punt} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 1.00 * 0 = 0 \text{ N}$

- Res.diag.drukkracht: $N_{ddiagd} = \frac{Q_{ddmaxd} - F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{-10275 - 0}{\sin(49.1)} = -13585 \text{ N}$

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-13585|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.124$

controle: $0.124 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-13585|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 36.9 \text{ N/mm}^2$

$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 36.9 / 235.0 = 0.157$

controle: $0.157 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{my2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{y,2} = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-13585| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41$
 $K_{y,3} = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-13585| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.44$
 $K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.41, 0.44) = 0.41$
 $K_{z,b} = 0.6 * K_{y,b} = 0.24$

$UC_{stab,1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{y,b} * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * M_{y,Rk} / 1.0}$
 $= \frac{|-13585|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.41 * \frac{|0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}$
 $= 0.131 + 0.000 = 0.131$
 $UC_{stab,2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{z,b} * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * M_{y,Rk} / 1.0}$
 $= \frac{|-13585|}{0.949 * 109643 / 1.0} + 0.24 * \frac{|0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}$
 $= 0.131 + 0.000 = 0.131$

Maatgevend: $UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.131, 0.131) = 0.131$

controle: $0.131 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.3.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 10275$ N (zie tabel 3.18.3.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{10275 + 0}{\sin(49.1)} = 13585 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{13585}{63685} = 0.213$$

- UC-Trek : $0.213 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 4593$ N (zie tabel 3.18.3.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-4593}{\sin(49.1)} = -6072 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{6072}{104000} = 0.058$$

- UC-Druk : $0.058 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -13585 N			Nd = - 6072 N		
Nt = 0 N			Nt = 13585 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 8887 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 10275 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 8887 N			Fsdev = 3972 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	19.63 N/mm ²	19.63 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	24.01 N/mm ²	24.01 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	19.63 N/mm ²	19.63 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	33.01 N/mm ²	33.01 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.16	0.16	
UC2	0.00	0.00	0.07	0.07	
SgmWsd	24.01 N/mm ²	24.01 N/mm ²	10.73 N/mm ²	10.73 N/mm ²	
UC3	0.12	0.12	0.05	0.05	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.19	0.19	
UCd1	0.19	0.19	0.08	0.08	
UClas	0.12	0.12	0.16	0.16	
UCdia	0.19	0.19	0.19	0.19	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.12		0.16		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.16 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.3.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \quad \text{Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \quad \text{N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \quad \text{N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \quad \text{Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-28.39| * 0.01 * 14.4 = 4.1 \quad \text{Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{k_{\text{ozk}}} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}} \cdot 2} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716 \cdot 2} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{(3992.7 \cdot 100 + 296.5 \cdot 450 + 180.2 \cdot (100 + 450)^2 + (8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)) \cdot 477.1) \cdot 10^{-9}} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.4 / 0.95) = 44.0 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 44.0 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-71.07| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 51.8 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 384
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -3551 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-3551| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.18.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-28974	-34	10248	78174	5124	78509
25.60	-20529	-31	-8928	55386	-4464	55745
25.60	-20333	-42	8901	54851	4450	55211
38.40	-29129	-45	-10275	78589	-5138	78925

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 78925$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br} \max = 1.30 * 78925 = 102602$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $102602 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.18.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-28974	-34	10248	0	5124	7246
25.60	-20529	-31	-8928	0	-4464	6313
25.60	-20333	-42	8901	0	4450	6294
38.40	-29129	-45	-10275	0	-5138	7266

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 7266$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or} \max = 1.30 * 7266 = 9445$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $9445 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 78.6$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 78.6 = 102.2$ N
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 102.2 kN < 226 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 0.0 = 0.0$ kN
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 134 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.18.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	F _{trb}	F _{tro}	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
12.80	-28974	-34	10248	70650	0	0.28	0.04
25.60	-20529	-31	-8928	50055	0	0.20	0.03
25.60	-20333	-42	8901	49571	0	0.20	0.03
38.40	-29129	-45	-10275	71025	0	0.28	0.04

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$N + \frac{s_n * Q}{2} \quad M$$

- Normalkracht: $F_{trb} = \frac{N + \frac{s_n * Q}{2}}{ht, eff}$ met $F_{trb} \geq 0$ N

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb}(max) * e = 0.5 * 71025 * 25.0 = 888$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 888 = 1154$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 1154 Nm < 2284 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro}(max) * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 0$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 0.00 * 0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 736 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.18.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	47.37	0.00	47.37	54.70	0.26	0.16
verticaal	43.89	4.02	43.89	50.73	0.24	0.15
schotjes	43.89	4.02	43.89	50.73	0.24	0.15
kopplaat horizontaal	50.33	0.00	50.33	58.12	0.28	0.17
verticaal	47.09	3.74	47.09	54.42	0.26	0.16
schotjes	3.24	54.38	3.24	31.62	0.15	0.01

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.28 = 0.36$

Controle: $0.36 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Tabel 3.18.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	6.85	0.00	6.85	7.91	0.04	0.02
verticaal	0.00	7.91	0.00	4.56	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	6.85	0.00	6.85	7.91	0.04	0.02
verticaal	0.00	7.91	0.00	4.56	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.04 = 0.05$

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.4 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.18.4.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn	Normaal- krachtenlijn	Dwars- krachtenlijn
x in [m]	M(x) in [Nm]	N(x) in [N]	Q(x) in [N]
begin - eind	(+ = U/- =)	(+ = trek)	(+ = ~~~)
0.00 - 3.20	-1967 18395	-140 -140	7430 5300
3.20 - 6.40	18398 20586	-135 -135	1750 -381
6.40 - 9.60	20591 4599	-138 -138	-3932 -6063
9.60 - 12.80	4606 -29580	-149 -149	-9614 -11746
38.40 - 41.60	-29335 4676	-210 -210	11697 9567
41.60 - 44.80	4676 20519	-199 -199	6016 3885
44.80 - 48.00	20522 18183	-196 -196	335 -1796
48.00 - 51.20	18189 -2339	-202 -202	-5347 -7479

3.18.4.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - $uv_{toel} = 12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: $uv_{toel} = 30.0$ mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 15.53$ mm

- Controle van de 1e rij tralies:

Doorbuiging: |15.5 | mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.4.2 Controle van de bovenrand:

3.18.4.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.18.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.18.42: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N]	Systeem- lengte
x in [m]	(trek = positief) Spant	[mm]
0.00 - 3.20	4727 -44937	3199
3.20 - 6.40	-44940 -50278	3200
6.40 - 9.60	-50292 -11286	3200
9.60 - 12.80	-11309 72072	3201
38.40 - 41.60	71444 -11510	3199
41.60 - 44.80	-11505 -50146	3200
44.80 - 48.00	-50152 -44448	3200
48.00 - 51.20	-44464 5604	3201

3.18.4.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.18.4.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	4727 -44937	e-z	0.840	0.583	1866	1	0.15	0.19
3.20- 6.40	-44940 -50278	z-z	0.844	0.822	2632	1	0.17	0.27
6.40- 9.60	-50292 -11286	z-z	0.844	0.673	2155	1	0.17	0.23
9.60-12.80	-11309 72072	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.04	0.05
12.80-16.00	71444 -11510	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.04	0.05
16.00-19.20	-11505 -50146	z-z	0.844	0.675	2159	1	0.17	0.23
19.20-22.40	-50152 -44448	z-z	0.844	0.821	2627	1	0.17	0.27
22.40-25.60	-44464 5604	z-e	0.840	0.577	1849	1	0.15	0.19

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{darely} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.83 - 0.2) * (|-50278| / (0.644 * 291834 / 1.0))) = 1.05 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-50278| / (0.644 * 291834 / 1.0))) = 1.09 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.05, 1.09) = 1.05 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.63
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-50278| / (0.644 * 291834 / 1.0) + 1.05 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.268 + 0.000 = 0.268 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-50278| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.63 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.185 + 0.000 = 0.185
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.268, 0.185) = 0.268$$

- controle: 0.27 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.4.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -50292 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bd} \cdot e_{l,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-50292| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.92$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-50292| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.03$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.92, 1.03) = 0.92$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.55$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-50292| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.92 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.185 + 0.000 = 0.185$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-50292| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.172 + 0.000 = 0.172$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.185, 0.172) = 0.185$

- controle: $0.19 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.4.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-50292|}{291834} = 0.17$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 72072 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|72072|}{291834} = 0.25$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.25 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.4.3 Controle van de onderrand:

3.18.4.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.18.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.18.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.18.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 3.20	-4867 44797	3199
3.20 - 6.40	44805 50143	3200
6.40 - 9.60	50154 11148	3200
9.60 - 12.80	11160 -72221	3201
12.80 - 16.00	-71654 11300	3199
16.00 - 19.20	11306 49947	3200
19.20 - 22.40	49955 44251	3200
22.40 - 25.60	44262 -5806	3201

3.18.4.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.18.4.3:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte [mm]	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	-4867 44797	e-z	0.851	0.705	2254	1	0.02	0.02
3.20- 6.40	11160 -72221	z-m	0.855	0.724	2318	1	0.25	0.35
6.40- 9.60	-71654 11300	m-z	0.855	0.723	2313	1	0.25	0.35
9.60- 12.80	44262 -5806	z-e	0.851	0.705	2256	1	0.02	0.03

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,dare} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.73 - 0.2) * (|-72221| / (0.706 * 291834 / 1.0))) = 1.07$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-72221| / (0.706 * 291834 / 1.0))) = 1.15$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.07, 1.15) = 1.07$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.64$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-72221| / (0.706 * 291834 / 1.0) + 1.07 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.351 + 0.000 = 0.351$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-72221| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.64 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.249 + 0.000 = 0.249$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.351, 0.249) = 0.351$$

- controle: 0.35 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.4.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -72221 + |-11746|/\tan(49.1) = -62063 \text{ N}$
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 \cdot l_{veld} = 0.50 \cdot 640 = 320 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{bd} \cdot e_{z.2} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.21 - 0.2) \cdot (|-62063| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.40$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-62063| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0))) = 0.47$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.40, 0.47) = 0.40$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.24$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z.Ed}| / (1.00 \cdot M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-62063| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.40 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.214 + 0.000 = 0.214$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{y.Ed}| / (1.00 \cdot M_{y.Rk} / 1.0)$
 $= |-62063| / (1.000 \cdot 291834 / 1.0) + 0.24 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.213 + 0.000 = 0.213$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.214, 0.213) = 0.214$

- controle: $0.21 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.4.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-72221|}{291834} = 0.25$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 50154 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|50154|}{291834} = 0.17$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.25 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.4.4 Controle van de diagonalen:

3.18.4.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : Qddmaxd = -11746 N (zie tabel 3.18.4.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: Fpunt = 0.00 * max(1250, 1000) + 1.00 * 0 = 0 N

- Res.diag.drukkracht: Nddiagd = $\frac{Qddmaxd - Fpunt/2}{\sin(\alpha)}$ = $\frac{-11746 - 0}{\sin(49.1)} = -15529$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

UCsterkte = $\frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-15529|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.142$

controle: 0.142 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

Sigma: $\frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-15529|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 42.1$ N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 42.1 / 235.0 = 0.179

controle: 0.179 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

Ky.2 = Cmy * (1.0 + (lambdarel.y - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-15529| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.41
 Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-15529| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.45
 Ky.b = Min(Ky.2, Ky.3) = Min(0.41, 0.45) = 0.41
 Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.24

UCstab.1 = $\frac{|N_{Ed}|}{\frac{Chiy * NRk}{1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}}$
 = $\frac{|-15529|}{\frac{0.949 * 109643}{1.0} + 0.41 * \frac{|0.0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}}$
 = 0.149 + 0.000 = 0.149

UCstab.2 = $\frac{|N_{Ed}|}{\frac{Chiz * NRk}{1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * My.Rk / 1.0}}$
 = $\frac{|-15529|}{\frac{0.949 * 109643}{1.0} + 0.24 * \frac{|0.0|}{1.00 * 1054.0 / 1.0}}$
 = 0.149 + 0.000 = 0.149

Maatgevend: UCstab.b = max(UCstab.1, UCstab.2) = max(0.149, 0.149) = 0.149

controle: 0.149 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.4.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 11746$ N (zie tabel 3.18.4.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{11746 + 0}{\sin(49.1)} = 15529 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{15529}{63685} = 0.244$$

- UC-Trek : $0.244 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 6063$ N (zie tabel 3.18.4.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-6063}{\sin(49.1)} = -8016 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{8016}{104000} = 0.077$$

- UC-Druk : $0.077 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.4.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -15529 N			Nd = - 8016 N		
Nt = 0 N			Nt = 15529 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 10158 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 11746 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 10158 N			Fsdev = 5244 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	22.44 N/mm ²	22.44 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	27.44 N/mm ²	27.44 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	22.44 N/mm ²	22.44 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	37.74 N/mm ²	37.74 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.18	0.18	
UC2	0.00	0.00	0.08	0.08	
SgmWsd	27.44 N/mm ²	27.44 N/mm ²	14.17 N/mm ²	14.17 N/mm ²	
UC3	0.13	0.13	0.07	0.07	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.21	0.21	
UCd1	0.21	0.21	0.11	0.11	
UClas	0.13	0.13	0.18	0.18	
UCdia	0.21	0.21	0.21	0.21	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.13		0.18		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.18 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.4.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \text{ Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \text{ N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \text{ Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-50.29| * 0.01 * 14.4 = 7.2 \text{ Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{k_{\text{ozk}}} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}} \cdot 2} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716 \cdot 2} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{(3992.7 \cdot 100 + 296.5 \cdot 450 + 180.2 \cdot (100 + 450)^2 + (8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)) \cdot 477.1) \cdot 10^{-9}} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.4 / 0.95) = 42.6 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 42.6 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-72.22| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 52.6 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 398
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -3551 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-3551| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.4.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.18.4.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-1967	-140	7430	5237	3715	7419
12.80	-29580	-149	-11746	79753	-5873	80185
38.40	-29335	-210	11697	79062	5849	79493
51.20	-2339	-202	-7479	6212	-3739	8158

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 80185$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br} \max = 1.30 * 80185 = 104240$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: 104240 N < 203328 N, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.18.4.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-1967	-140	7430	0	3715	5254
12.80	-29580	-149	-11746	0	-5873	8305
38.40	-29335	-210	11697	0	5849	8271
51.20	-2339	-202	-7479	0	-3739	5288

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 8305$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or} \max = 1.30 * 8305 = 10797$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: 10797 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.4.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 79.8$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 79.8 = 103.7$ N
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 103.7 kN < 226 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 0.0 = 0.0$ kN
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 134 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.4.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.18.4.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	F _{trb}	F _{tro}	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
0.00	-1967	-140	7430	4727	0	0.03	0.03
12.80	-29580	-149	-11746	72072	0	0.29	0.04
38.40	-29335	-210	11697	71444	0	0.28	0.04
51.20	-2339	-202	-7479	5604	0	0.03	0.03

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$N + \frac{s_n * Q}{2} \quad M$$

- Normalkracht: $F_{trb} = \frac{N + \frac{s_n * Q}{2}}{ht, eff}$ met $F_{trb} \geq 0$ N

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb}(max) * e = 0.5 * 72072 * 25.0 = 901$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 901 = 1171$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 1171 Nm < 2284 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro}(max) * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 0$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 0.00 * 0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 736 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.18.4.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.18.4.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	48.51	0.00	48.51	56.02	0.27	0.17
verticaal	44.54	4.59	44.54	51.50	0.25	0.15
schotjes	44.54	4.59	44.54	51.50	0.25	0.15
kopplaat horizontaal	51.49	0.00	51.49	59.45	0.29	0.18
verticaal	47.79	4.27	47.79	55.24	0.27	0.17
schotjes	3.70	55.18	3.70	32.14	0.15	0.01

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.29 = 0.37$

Controle: $0.37 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Tabel 3.18.4.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	7.83	0.00	7.83	9.04	0.04	0.03
verticaal	0.00	9.04	0.00	5.22	0.03	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	7.83	0.00	7.83	9.04	0.04	0.03
verticaal	0.00	9.04	0.00	5.22	0.03	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.04 = 0.06$

Controle: $0.06 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 3200 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 5432 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 800 = 1.00$, dus $r1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1125 = 1.00$, dus $r2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r1 < 50.0 \text{ mm}$;
 $3200 / 100 * 1.00 = 40.0 \text{ mm}$, dus ugevel = 65.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r2 < 50.0 \text{ mm}$
 $1/200 * 4500 * 1.00 = 30.0 \text{ mm}$, dus udek = 70.1 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 65.0 + 70.1 = 65.2 mm
- Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:
 $U_{toel.seismic} = 2 * ph / 50 = 2 * 3200 / 50 = 128.0 \text{ mm}$
- Maatgevend :
 - utoel = $U_{toel.seismic} = 128.0 \text{ mm}$

3.19 B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.1 Berekening van de belastingen per tralie:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 140)	=	140 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.50	=	315 N
- E.G. 1e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- E.G. 2e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(1250,1000)+1.00*0	=	0 N
- Gewasbelasting	: (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 100)	=	100 N/m ²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 140)	=	140 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.50	=	315 N
- E.G. 1e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- E.G. 2e rij tralies	: (1.00 * 215.9)	=	215.9 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(1250,1000)+1.00*0	=	0 N
- Gewasbelasting	: (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 100)	=	100 N/m ²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanhoogte van de eerste kolom
 Knoop * = zwevende goot 1e rij tralies
 Knoop * = middenkolom

- Horizontale belasting:
 Fk,hor = 0 N (geen windbelasting)

3.19.1.1 Seismic loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

3.19.1.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the frame direction:

- K1 = << stijfheid van de tralieligger, en TOG nog nader invullen; zie ook U1 verderop >>

- Frame load excl. crop

Fv1' = 17848 N (1819 kg)

- Frame loads hanging crops and cultivation gutter only

Fv2' = 0 N (0 kg)

- Length of cable for crops (length of pendulum)(ph-vspant-hspant-Htgt+Hfund)

L = 3.200 - 0.100 - 0.450 - 1.000 + 0.300 = 1.950 m

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix [Sn] = $\begin{bmatrix} K1 + Fv2/L & -Fv2/L \\ -Fv2/L & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 75739 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$

- Mass matrix [Ms] = $\begin{bmatrix} Fv1 & 0 \\ 0 & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1819 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$

- Modal eigenvector [Phi] = Eigenvecs([Ss] * [Ms]^-1)

- Solving 2x2 matrix: [Phi] = $\begin{bmatrix} \text{Phi1} = 0.9999 & \text{Phi2} = 0.0000 \\ \text{Phi3} = -0.0125 & \text{Phi4} = 1.0000 \end{bmatrix}$

- Modal Mass [Mn] = [Phi]^T * [Ms] * [Phi]

- Solving 2x2 matrix: [Mn] = $\begin{bmatrix} \text{Mn1} = 1818.7 & 0 \\ 0 & \text{Mn2} = 0.0 \end{bmatrix}$

- Spring pendulum system calculate Freq[1,2] = Mode[1,2] = Eigenvals([Ss] * [Ms]^-1)

- Mode 1 Frequency : Freq1 = solving eigenvals pos 1

Freq1 = 41.638 1/s²

- Mode 2 Frequency : Freq2 = solving eigenvals pos 2

Freq2 = 0.513 1/s²

- No crops : Freq3 = K1/Fv1 = 75739 / 1819

Freq3 = 41.638 1/s²

- Incl crop no pendulum : Freq4 = K1/(Fv1+Fv2) = 75739 / (1819 + 0)

Freq4 = 41.638 1/s²

- The period of motion:

- Mode 1 Frequency : Ts1 = 2*pi/(41.638)^0.5

Ts1 = 0.974 s

- Mode 2 Frequency : Ts2 = 2*pi/(0.513)^0.5

Ts2 = 8.774 s

- No crops : Ts3 = 2*pi/(41.638)^0.5

Ts3 = 0.974 s

- Incl crop no pendulum : Ts4 = 2*pi/(41.638)^0.5

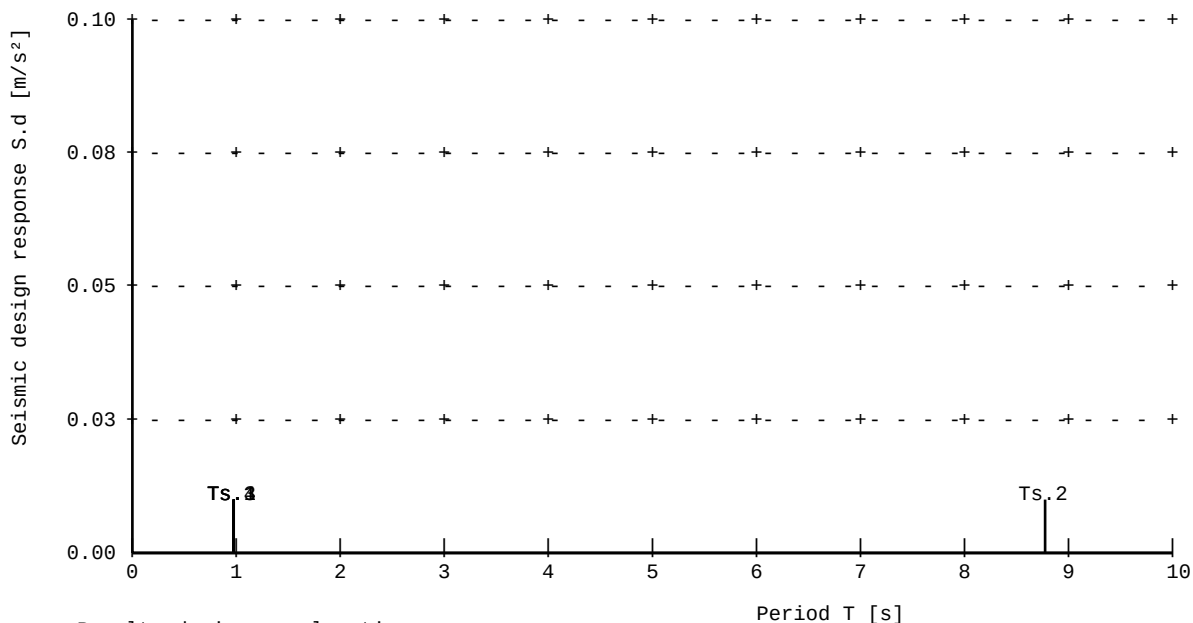
Ts4 = 0.974 s

3.19.1.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

- Design Life building Class = 1
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 15 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.186
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.004
 TNRC50 = 242.960
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 72.888
- Importance factor for earthquake
 gamma = 0.800
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 0.669
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0000 * 9.81 * 0.800 * 0.669 = 0.0000 \text{ m/s}^2$
- Ground type = C Vast zand of stijve klei
 - Soil factor
 $S_g = 1.1500$
 - Limits of periods:
 $T.B = 0.2000 \text{ s}$
 $T.C = 0.6000 \text{ s}$
 $T.D = 2.0000 \text{ s}$
- Behavior factor for horizontal seismic actions
 According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 5\%$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:
 Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)
 - Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts,1, q) * 1.5 = S.d(0.974, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts,2, q) * 1.5 = S.d(8.774, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - No crops: $Ag_3 = S.d(Ts,3, q) * 1.5 = S.d(0.974, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts,4, q) * 1.5 = S.d(0.974, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.00000 \text{ m/s}^2$

3.19.1.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where k_e is the number of eigenmodi

- $k_{e1} = (M_{m1} \cdot \Phi_{i1} + M_{m2} \cdot \Phi_{i3}) / (M_{m1} \cdot \Phi_{i1}^2 + M_{m2} \cdot \Phi_{i3}^2)$
 $= (1818.7 \cdot 0.9999 + 0.0 \cdot -0.012) / (1818.7 \cdot 0.9999^2 + 0.0 \cdot -0.012^2)$ $k_{e1} = 1.00008$
- $k_{e2} = (M_{m1} \cdot \Phi_{i2} + M_{m2} \cdot \Phi_{i4}) / (M_{m1} \cdot \Phi_{i2}^2 + M_{m2} \cdot \Phi_{i4}^2)$
 $= (1818.7 \cdot 0.0000 + 0.0 \cdot 1.0000) / (1818.7 \cdot 0.0000^2 + 0.0 \cdot 1.0000^2)$ $k_{e2} = 1.01321$

- Horizontal seismic forces:

- Mode 1: $F_1 = A_{g1} \cdot k_{e1} \cdot M_{m1} \cdot \Phi_{i1} = 0.00000 \cdot 1.0001 \cdot 1818.7 \cdot 0.9999$ $F_1 = 0$ N
 $F_3 = A_{g1} \cdot k_{e1} \cdot M_{m2} \cdot \Phi_{i3} = 0.00000 \cdot 1.0001 \cdot 0.0 \cdot -0.012$ $F_3 = 0$ N
- Mode 2: $F_2 = A_{g2} \cdot k_{e2} \cdot M_{m1} \cdot \Phi_{i2} = 0.00000 \cdot 1.0132 \cdot 1818.7 \cdot 0.0000$ $F_2 = 0$ N
 $F_4 = A_{g2} \cdot k_{e2} \cdot M_{m2} \cdot \Phi_{i4} = 0.00000 \cdot 1.0132 \cdot 0.0 \cdot 1.0000$ $F_4 = 0$ N
- Vectorized 1,2: $F_{12} = (F_1^2 + F_2^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$ $F_{12} = 0$ N
 $F_{34} = (F_3^2 + F_4^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$ $F_{34} = 0$ N
- No pendulum: $F_3 = A_{g3} \cdot F_{v1} = 0.00000 \cdot 17848.2$ $F_3 = 0$ N
 $F_4 = \max(F_{12}, F_3) = \max(0, 0)$ $F_4 = 0$ N
 $F_5 = A_{g4} \cdot (F_{v1} + F_{v2}) = 0.00000 \cdot (17848.2 + 0.0)$ $F_5 = 0$ N
- Upper value (F_{12} and F_3) gives: $F_{hmax} = 0$ N

- Per frame $F_{ag}' = 0.000 \cdot 0.00$ (SLS condition) $F_{ag}' = 0.000$ N
 - Per frame $F_{ag} = 0.000 \cdot 0.80$ (ULS condition) $F_{ag} = 0.000$ N

$S_d(11) = F_4 / F_{vk} = 0 / 17848 = 0.000 \times g \text{ m/s}^2$

- Verticale belasting:
 $F_{vg} = \text{eigen gewicht goot} = (1.00 \cdot 70) \cdot 4.50 = 315 \text{ N}$
 $F_{k,vert} = -0.5 \cdot F_{vg}$
 $F^*,_{vert} \text{ t.p.v. een goot} = F_{vg}$

3.19.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.19.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

										-	-	+	+	Tekenafpraak
														+
gevel *	*	°\	\	/	°\	\	/	°\...	/	°\	\	/	°*	*
druk +	1e kap	2e kap	x	aantal hor.	eindkap	+	zuig	de kas						
+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	0.00

3.19.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.00
Installaties	1.00	1.00
Sneeuw	0.00	0.00
Wind	0.00	0.00
gewas	1.00	1.00
aardbevingen	0.00	0.80

3.19.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*ggewas = 1.00*450.0 + 1.00*215.9 + 1.00*0.0	qtral = 666.0 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 272.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 472.5 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 472.5 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 472.5 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 472.5 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 472.5 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 472.5 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 472.5 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 472.5 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 472.5 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.70	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 -0.0)*0.70 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 +0.0)*0.70 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.500 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.00*450.0 + 1.00*215.9 + 1.00*0.0	qtral = 666.0 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*157.5	Fgt.s = 158 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*315.0	Fgt.m = 315 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*sin(30.0)	qdek.E = 272.8 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*545.6 + 0.00*0.0]*cos(30.0)	qdek.L = 472.5 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 472.5 N/m
	- 2e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 472.5 N/m
	- 3e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 472.5 N/m
	- 4e kaphelft	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 472.5 N/m
	- Middenkap links	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 472.5 N/m
	- Middenkap rechts	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 472.5 N/m
	- Eindkap links	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 472.5 N/m
	- Eindkap Rechts	= 472.5 + 0.00*2396.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 472.5 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*fi*qwind*vakmaat*bkap/hkap*cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*532.5 *4.5 *3.2/0.92*0.72	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 -0.0)*0.72 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)*cscd + ns*fi*Fhs.gt	
	goothoogte	= 0.00*4267.6*(0.0 +0.0)*0.72 + 1*1.00*1000	Fhw.gt = 1000 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*3400.7*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.19.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen				
	X-as [mm]		Y-as [mm]		Rekentoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand		U_lijn [mm]
					X-as [N]	Y-as [N]	X-as [N]	Y-as [N]	X-verpl [mm]	Y-verpl [mm]	
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	
1	-0.011	0.000			442	7211					0.000
2	-0.006	1.438									0.000
3	-0.001	2.670									0.000
6	0.000	3.200	0	-158							0.000
7	1.600	4.124									0.000
8	3.200	3.200	0	-315							0.000
9	4.800	4.124									0.000
10	6.400	3.200	0	-315							0.000
11	8.000	4.124									0.000
12	9.600	3.200	0	-315							0.000
13	11.200	4.124									0.000
4	0.000	2.875	1000	0					1.15	-0.09	0.000
14	0.319	2.875							1.15	-1.19	1.099
15	1.599	2.875							1.15	-5.50	5.385
16	3.199	2.875							1.15	-9.87	9.746
17	4.799	2.875							1.15	-12.30	12.150
18	6.399	2.875							1.15	-12.44	12.269
19	7.999	2.875							1.14	-10.38	10.195
20	9.599	2.875							1.14	-6.82	6.617
21	11.199	2.875							1.14	-2.87	2.649
22	12.479	2.875							1.14	-0.57	0.330
23	12.789	0.000			-93	20085					0.000
24	12.794	1.438									0.000
25	12.799	2.670									0.000
28	12.800	3.200	0	-315							0.000
29	14.400	4.124									0.000
30	16.000	3.200	0	-315							0.000
31	17.600	4.124									0.000
32	19.200	3.200	0	-315							0.000
33	20.800	4.124									0.000
34	22.400	3.200	0	-315							0.000
35	24.000	4.124									0.000
26	12.800	2.875							1.14	-0.24	0.000
36	13.119	2.875							1.14	-0.05	-0.197
37	14.399	2.875							1.14	-0.27	0.032
38	15.999	2.875							1.13	-1.82	1.588
39	17.599	2.875							1.13	-3.46	3.230
40	19.199	2.875							1.13	-4.34	4.118
41	20.799	2.875							1.13	-4.05	3.831
42	22.399	2.875							1.13	-2.76	2.549
43	23.999	2.875							1.12	-1.08	0.872
44	25.279	2.875							1.12	-0.24	0.040
45	25.589	0.000			9	16779					0.000
46	25.594	1.438									0.000
47	25.599	2.670									0.000
50	25.600	3.200	0	-315							0.000
51	27.200	4.124									0.000
52	28.800	3.200	0	-315							0.000
53	30.400	4.124									0.000
54	32.000	3.200	0	-315							0.000
55	33.600	4.124									0.000
56	35.200	3.200	0	-315							0.000
57	36.800	4.124									0.000
48	25.600	2.875							1.12	-0.20	0.000
58	25.919	2.875							1.12	-0.25	0.046
59	27.199	2.875							1.12	-1.10	0.895
60	28.799	2.875							1.12	-2.79	2.580
61	30.399	2.875							1.12	-4.08	3.859
62	31.999	2.875							1.12	-4.36	4.137
63	33.599	2.875							1.11	-3.47	3.237
64	35.199	2.875							1.11	-1.82	1.584
65	36.799	2.875							1.11	-0.26	0.024
66	38.079	2.875							1.11	-0.04	-0.201
67	38.389	0.000			132	20069					0.000
68	38.394	1.438									0.000
69	38.399	2.670									0.000
72	38.400	3.200	0	-315							0.000

73	40.000	4.124						0.000
74	41.600	3.200	0	-315				0.000
75	43.200	4.124						0.000
76	44.800	3.200	0	-315				0.000
77	46.400	4.124						0.000
78	48.000	3.200	0	-315				0.000
79	49.600	4.124						0.000
80	38.400	2.875			1.11	-0.24		0.000
81	38.719	2.875			1.11	-0.57		0.331
82	39.999	2.875			1.11	-2.87		2.649
83	41.599	2.875			1.10	-6.81		6.603
84	43.199	2.875			1.10	-10.34		10.159
85	44.799	2.875			1.10	-12.38		12.211
86	46.399	2.875			1.10	-12.22		12.077
87	47.999	2.875			1.09	-9.80		9.673
88	49.599	2.875			1.09	-5.44		5.336
89	50.879	2.875			1.09	-1.19		1.093
90	51.189	0.000		-490	7249			0.000
91	51.194	1.438						0.000
92	51.199	2.670						0.000
93	51.200	2.875	-1000	0				0.000
94	51.201	3.080						
95	51.200	3.200	0	-158		1.09	-0.09	

Tabel 3.19.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaf nr.	Profiel			B	E	G	I	N			E	I	N	D
		X-as	Y-as	Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment					
		[N/m]	[N/m]	[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]					
		Horizontaal	Verticaal											
1	RHBK100*100*3.			-7212	-418	0		-7212	-418	-601				
2	RHBK100*100*3.			-7213	-412	-601		-7213	-412	-1108				
3	RHBK100*100*3.			-7212	-418	-1108		-7212	-418	-1194				
4	RHBK100*100*3.			-1168	-880	287		-1168	-880	107				
5	RHBK100*100*3.			-1160	-891	107		-1160	-891	-0				
6	RHBK80*50*3.0			-2331	4	-1		-2331	4	-0				
7	RHBK80*50*3.0			-2331	10	-3		-2331	10	-0				
8	RHBK80*50*3.0			-2331	16	-5		-2331	16	0				
9	Roede dek	-272.8	-472.5	-1270	431	0		-766	-442	-10				
10	Roede dek	272.8	-472.5	-766	442	-10		-1270	-431	0				
11	Roede dek	-272.8	-472.5	-1273	429	0		-769	-444	-14				
12	Roede dek	272.8	-472.5	-769	444	-14		-1273	-429	0				
13	Roede dek	-272.8	-472.5	-1271	430	0		-767	-443	-12				
14	Roede dek	272.8	-472.5	-767	443	-12		-1271	-430	0				
15	Roede dek	-272.8	-472.5	-1263	434	0		-759	-438	-4				
16	Roede dek	272.8	-472.5	-759	438	-4		-1263	-434	0				
17	1e tralie	0.0	-666.0	-558	6045	-1481		-558	5833	413				
18	1e tralie	0.0	-666.0	-558	5833	413		-558	4981	7334				
19	1e tralie	0.0	-666.0	-558	4981	7334		-558	3915	14450				
20	1e tralie	0.0	-666.0	-554	1584	14451		-554	519	16134				
21	1e tralie	0.0	-666.0	-554	519	16134		-554	-547	16111				
22	1e tralie	0.0	-666.0	-556	-2878	16114		-556	-3943	10657				
23	1e tralie	0.0	-666.0	-556	-3943	10657		-556	-5009	3495				
24	1e tralie	0.0	-666.0	-565	-7340	3500		-565	-8406	-9096				
25	1e tralie	0.0	-666.0	-565	-8406	-9096		-565	-9258	-20401				
26	1e tralie	0.0	-666.0	-565	-9258	-20401		-565	-9472	-23408				
27	RHBK100*100*3.			-20085	160	0		-20085	160	230				
28	RHBK100*100*3.			-20085	178	230		-20085	178	449				
29	RHBK100*100*3.			-20085	160	449		-20085	160	482				
30	RHBK100*100*3.			-2331	8	-0		-2331	8	2				
31	RHBK100*100*3.			-2331	-13	2		-2331	-13	-0				
32	RHBK80*50*3.0			-2331	1	-0		-2331	1	-0				
33	RHBK80*50*3.0			-2331	7	-2		-2331	7	0				
34	RHBK80*50*3.0			-2331	13	-4		-2331	13	0				
35	Roede dek	-272.8	-472.5	-1263	435	0		-759	-438	-3				
36	Roede dek	272.8	-472.5	-759	438	-3		-1263	-435	0				
37	Roede dek	-272.8	-472.5	-1269	431	0		-765	-442	-10				
38	Roede dek	272.8	-472.5	-765	442	-10		-1269	-431	0				
39	Roede dek	-272.8	-472.5	-1270	431	0		-766	-442	-10				
40	Roede dek	272.8	-472.5	-766	442	-10		-1270	-431	0				
41	Roede dek	-272.8	-472.5	-1265	434	0		-761	-439	-5				
42	Roede dek	272.8	-472.5	-761	439	-5		-1265	-434	0				
43	2e tralie	0.0	-666.0	-473	8283	-22926		-473	8070	-20318				
44	2e tralie	0.0	-666.0	-473	8070	-20318		-473	7218	-10534				

45	2e tralie	0.0	-666.0	-473	7218	-10534	-473	6152	162
46	2e tralie	0.0	-666.0	-466	3821	162	-466	2756	5424
47	2e tralie	0.0	-666.0	-466	2756	5424	-466	1690	8981
48	2e tralie	0.0	-666.0	-465	-641	8983	-465	-1706	7105
49	2e tralie	0.0	-666.0	-465	-1706	7105	-465	-2772	3523
50	2e tralie	0.0	-666.0	-471	-5103	3527	-471	-6168	-5490
51	2e tralie	0.0	-666.0	-471	-6168	-5490	-471	-7021	-13931
52	2e tralie	0.0	-666.0	-471	-7021	-13931	-471	-7235	-16220
53	RHBK100*100*3.			-16779	47	-0	-16779	47	68
54	RHBK100*100*3.			-16779	62	68	-16779	62	144
55	RHBK100*100*3.			-16779	47	144	-16779	47	154
56	RHBK100*100*3.			-2331	8	0	-2331	8	2
57	RHBK100*100*3.			-2331	-13	2	-2331	-13	0
58	RHBK80*50*3.0			-2331	2	-1	-2331	2	0
59	RHBK80*50*3.0			-2331	9	-3	-2331	9	-0
60	RHBK80*50*3.0			-2331	15	-5	-2331	15	-0
61	Roede dek	-272.8	-472.5	-1265	434	0	-761	-439	-5
62	Roede dek	272.8	-472.5	-761	439	-5	-1265	-434	0
63	Roede dek	-272.8	-472.5	-1270	431	0	-766	-442	-10
64	Roede dek	272.8	-472.5	-766	442	-10	-1270	-431	0
65	Roede dek	-272.8	-472.5	-1269	431	0	-765	-442	-10
66	Roede dek	272.8	-472.5	-765	442	-10	-1269	-431	0
67	Roede dek	-272.8	-472.5	-1263	435	0	-759	-438	-3
68	Roede dek	272.8	-472.5	-759	438	-3	-1263	-435	0
69	2e tralie	0.0	-666.0	-479	7213	-16065	-479	7001	-13799
70	2e tralie	0.0	-666.0	-479	7001	-13799	-479	6148	-5384
71	2e tralie	0.0	-666.0	-479	6148	-5384	-479	5083	3601
72	2e tralie	0.0	-666.0	-474	2752	3602	-474	1686	7152
73	2e tralie	0.0	-666.0	-474	1686	7152	-474	621	8997
74	2e tralie	0.0	-666.0	-474	-1710	9000	-474	-2776	5411
75	2e tralie	0.0	-666.0	-474	-2776	5411	-474	-3841	117
76	2e tralie	0.0	-666.0	-481	-6172	122	-481	-7238	-10606
77	2e tralie	0.0	-666.0	-481	-7238	-10606	-481	-8090	-20416
78	2e tralie	0.0	-666.0	-481	-8090	-20416	-481	-8304	-23048
79	RHBK100*100*3.			-20069	-66	0	-20069	-66	-94
80	RHBK100*100*3.			-20069	-48	-94	-20069	-48	-153
81	RHBK100*100*3.			-20069	-66	-153	-20069	-66	-167
82	RHBK100*100*3.			-2331	7	0	-2331	7	2
83	RHBK100*100*3.			-2331	-14	2	-2331	-14	0
84	RHBK80*50*3.0			-2331	-1	0	-2331	-1	-0
85	RHBK80*50*3.0			-2331	5	-2	-2331	5	0
86	RHBK80*50*3.0			-2331	12	-4	-2331	12	0
87	Roede dek	-272.8	-472.5	-1263	434	0	-759	-438	-4
88	Roede dek	272.8	-472.5	-759	438	-4	-1263	-434	0
89	Roede dek	-272.8	-472.5	-1271	430	0	-767	-443	-12
90	Roede dek	272.8	-472.5	-767	443	-12	-1271	-430	0
91	Roede dek	-272.8	-472.5	-1273	429	0	-769	-444	-14
92	Roede dek	272.8	-472.5	-769	444	-14	-1273	-429	0
93	Roede dek	-272.8	-472.5	-1269	431	0	-765	-442	-10
94	Roede dek	272.8	-472.5	-765	442	-10	-1269	-431	0
95	1e tralie	0.0	-666.0	-613	9434	-23215	-613	9222	-20240
96	1e tralie	0.0	-666.0	-613	9222	-20240	-613	8369	-8982
97	1e tralie	0.0	-666.0	-613	8369	-8982	-613	7304	3556
98	1e tralie	0.0	-666.0	-604	4973	3555	-604	3907	10659
99	1e tralie	0.0	-666.0	-604	3907	10659	-604	2842	16058
100	1e tralie	0.0	-666.0	-602	511	16060	-602	-555	16024
101	1e tralie	0.0	-666.0	-602	-555	16024	-602	-1621	14284
102	1e tralie	0.0	-666.0	-606	-3952	14288	-606	-5017	7113
103	1e tralie	0.0	-666.0	-606	-5017	7113	-606	-5869	145
104	1e tralie	0.0	-666.0	-606	-5869	145	-606	-6083	-1774
105	RHBK100*100*3.			-7247	514	0	-7247	514	739
106	RHBK100*100*3.			-7247	521	739	-7247	521	1381
107	RHBK100*100*3.			-7247	514	1381	-7247	514	1486
108	RHBK100*100*3.			-1163	888	-287	-1163	888	-105
109	RHBK100*100*3.			-1171	877	-105	-1171	877	0

3.19.3 De krachtsverdeling in de 2e rij tralies:

Tabel 3.19.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn		Normaal- krachtenlijn		Dwars- krachtenlijn	
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)		N(x) in [N] (+ = trek)		Q(x) in [N] (+ = ~~-)	
12.80 - 16.00	-22926	162	-473	-473	8283	6152
16.00 - 19.20	162	8981	-466	-466	3821	1690
19.20 - 22.40	8983	3523	-465	-465	-641	-2772
22.40 - 25.60	3527	-16220	-471	-471	-5103	-7235
25.60 - 28.80	-16065	3601	-479	-479	7213	5083
28.80 - 32.00	3602	8997	-474	-474	2752	621
32.00 - 35.20	9000	117	-474	-474	-1710	-3841
35.20 - 38.40	122	-23048	-481	-481	-6172	-8304

3.19.3.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:

- uvtoel = $12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: uvtoel = 30.0 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 4.14$ mm

- Controle van de 2e rij tralies:

Doorbuiging: $|4.1|$ mm < 30.0 mm, dus: voldoet.

bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.3.2 Controle van de bovenrand:

3.19.3.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.19.3.1)
 met: Effectieve spanhoogte: 410.0 mm

Tabel 3.19.32: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)		Systeem- lengte
x in [m]	Spant		[mm]
12.80 - 16.00	55680	-632	3199
16.00 - 19.20	-629	-22137	3200
19.20 - 22.40	-22142	-8824	3200
22.40 - 25.60	-8838	39325	3201
25.60 - 28.80	38944	-9023	3199
28.80 - 32.00	-9022	-22182	3200
32.00 - 35.20	-22189	-523	3200
35.20 - 38.40	-539	55975	3201

3.19.3.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.19.3.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	55680 -632	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.00	0.00
16.00-19.20	-629 -22137	z-z	0.844	0.623	1993	1	0.08	0.10
19.20-22.40	-22142 -8824	z-z	0.844	0.715	2288	1	0.08	0.11
22.40-25.60	-8838 39325	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.03	0.04
25.60-28.80	38944 -9023	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.03	0.04
28.80-32.00	-9022 -22182	z-z	0.844	0.717	2294	1	0.08	0.11
32.00-35.20	-22189 -523	z-z	0.844	0.622	1989	1	0.08	0.10
35.20-38.40	-539 55975	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.00	0.00

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,dare} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.72 - 0.2) * (|-22182| / (0.711 * 291834 / 1.0))) = 0.95 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-22182| / (0.711 * 291834 / 1.0))) = 0.98 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.95, 0.98) = 0.95 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.57
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-22182| / (0.711 * 291834 / 1.0) + 0.95 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.107 + 0.000 = 0.107 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-22182| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.57 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.082 + 0.000 = 0.082
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.107, 0.082) = 0.107$$

- controle: 0.11 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.19.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -22189 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bd} \cdot e_{l,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-22189| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.91$
 $K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-22189| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.96$
 $K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.91, 0.96) = 0.91$
 $K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.55$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-22189| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.91 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.082 + 0.000 = 0.082$
 $UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-22189| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$
 $= 0.076 + 0.000 = 0.076$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.082, 0.076) = 0.082$

- controle: $0.08 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.19.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-22189|}{291834} = 0.08$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 55975 \text{ N}$

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|55975|}{291834} = 0.19$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.19 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Ψ_{si_Crop} + Seismic

3.19.3.3 Controle van de onderrand:

3.19.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.19.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.19.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.19.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
12.80 - 16.00	-56153 159	3199
16.00 - 19.20	163 21671	3200
19.20 - 22.40	21677 8360	3200
22.40 - 25.60	8367 -39795	3201
25.60 - 28.80	-39423 8543	3199
28.80 - 32.00	8548 21708	3200
32.00 - 35.20	21715 49	3200
35.20 - 38.40	57 -56456	3201

3.19.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.19.3.3:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte/ PlPerc	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
12.80-16.00	-56153 159	m-z	0.855	0.778	2489	1	0.19	0.29
22.40-25.60	8367 -39795	z-m	0.855	0.707	2264	1	0.14	0.19
25.60-28.80	-39423 8543	m-z	0.855	0.707	2262	1	0.14	0.19
35.20-38.40	57 -56456	z-m	0.855	0.779	2493	1	0.19	0.29

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,d} \cdot y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.79 - 0.2) * (|-56456| / (0.671 * 291834 / 1.0))) = 1.05$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-56456| / (0.671 * 291834 / 1.0))) = 1.11$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.05, 1.11) = 1.05$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.63$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-56456| / (0.671 * 291834 / 1.0) + 1.05 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.288 + 0.000 = 0.288$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-56456| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.63 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.194 + 0.000 = 0.194$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.288, 0.194) = 0.288$$

- controle: 0.29 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.19.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -56456 + |-8304|/\tan(49.1) = -49274$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld}/2 = 1/4 * 0 * 640 /2 = 0$ E3 Nmm
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v * q_{gew} * h_{ohgew} + \gamma * v * q_{tg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.00 * 4.50 * 0 * 0.80 + 1.00 * 4.50 * 0 * 1.60 = 0$ N)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 * l_{veld} = 0.50 * 640 = 320$ mm
 ($l_{ky} = l_{veld}/2$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kz.2 = Cmz * (1.0 + (\lambda_{b,dare} z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + (0.21 - 0.2) * (|-49274| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.40$$

$$Kz.3 = Cmz * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-49274| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.45$$

$$Kz.b = \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.40, 0.45) = 0.40$$

$$Ky.b = 0.6 * Kz.b = 0.24$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-49274| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.170 + 0.000 = 0.170$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-49274| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.169 + 0.000 = 0.169$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.170, 0.169) = 0.170$$

- controle: $0.17 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.19.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-56456|}{291834} = 0.19$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 21715$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|21715|}{291834} = 0.07$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.19 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.3.4 Controle van de diagonalen:

3.19.3.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{ddmaxd} = -8304$ N (zie tabel 3.19.3.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: $F_{punt} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 1.00 * 0 = 0$ N

- Res.diag.drukkracht: $N_{ddiagd} = \frac{Q_{ddmaxd} - F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{-8304 - 0}{\sin(49.1)} = -10979$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10979|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.100$

controle: $0.100 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10979|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 29.8$ N/mm²

$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 29.8 / 235.0 = 0.127$

controle: $0.127 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{y,2} = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-10979| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.40$
 $K_{y,3} = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-10979| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.43$
 $K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.40, 0.43) = 0.40$
 $K_{z,b} = 0.6 * K_{y,b} = 0.24$

$UC_{stab,1} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0)$
 $= |-10979| / (0.949 * 109643 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 1054.0 / 1.0)$
 $= 0.106 + 0.000 = 0.106$

$UC_{stab,2} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0)$
 $= |-10979| / (0.949 * 109643 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 1054.0 / 1.0)$
 $= 0.106 + 0.000 = 0.106$

Maatgevend: $UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.106, 0.106) = 0.106$

controle: $0.106 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.3.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 8304$ N (zie tabel 3.19.3.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{8304 + 0}{\sin(49.1)} = 10979 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{10979}{63685} = 0.172$$

- UC-Trek : $0.172 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 3841$ N (zie tabel 3.19.3.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-3841}{\sin(49.1)} = -5079 \quad N$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{5079}{104000} = 0.049$$

- UC-Druk : $0.049 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -10979 N			Nd = - 5079 N		
Nt = 0 N			Nt = 10979 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 7182 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 8304 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 7182 N			Fsdev = 3322 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	15.86 N/mm ²	15.86 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	19.40 N/mm ²	19.40 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	15.86 N/mm ²	15.86 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	26.68 N/mm ²	26.68 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.13	0.13	
UC2	0.00	0.00	0.06	0.06	
SgmWsd	19.40 N/mm ²	19.40 N/mm ²	8.97 N/mm ²	8.97 N/mm ²	
UC3	0.09	0.09	0.04	0.04	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.15	0.15	
UCd1	0.15	0.15	0.07	0.07	
UClas	0.09	0.09	0.13	0.13	
UCdia	0.15	0.15	0.15	0.15	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.09		0.13		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.13 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.3.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \text{ Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \text{ N/mm}$
 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \text{ Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-22.19| * 0.01 * 14.4 = 3.2 \text{ Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{k_{\text{ozk}}} = \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} + \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}} \cdot 2} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716 \cdot 2} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{(3992.7 \cdot 100 + 296.5 \cdot 450 + 180.2 \cdot (100 + 450)^2 + (8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)) \cdot 477.1) \cdot 10^{-9}} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.3 / 0.95) = 35.0 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 35.0 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-56.46| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 41.2 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 421
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -2331 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-2331| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Ψ_{si_Crop} + Seismic

3.19.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.19.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-22926	-473	8283	61634	4141	61912
25.60	-16220	-471	-7235	43537	-3617	43836
25.60	-16065	-479	7213	43116	3607	43417
38.40	-23048	-481	-8304	61960	-4152	62238

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 62238$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br} \max = 1.30 * 62238 = 80909$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: 80909 N < 203328 N, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.19.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
12.80	-22926	-473	8283	0	4141	5857
25.60	-16220	-471	-7235	0	-3617	5116
25.60	-16065	-479	7213	0	3607	5100
38.40	-23048	-481	-8304	0	-4152	5872

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 5872$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or} \max = 1.30 * 5872 = 7634$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: 7634 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 62.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 62.0 = 80.5$ N
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 80.5 kN < 226 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 0.0 = 0.0$ kN
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 134 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.19.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	F _{trb}	F _{tro}	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
12.80	-22926	-473	8283	55680	0	0.22	0.03
25.60	-16220	-471	-7235	39325	0	0.16	0.03
25.60	-16065	-479	7213	38944	0	0.16	0.03
38.40	-23048	-481	-8304	55975	0	0.22	0.03

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$- \text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n * Q}{2} - \frac{M}{ht, eff} \text{ met } F_{trb} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb(max)} * e = 0.5 * 55975 * 25.0 = 700$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 700 = 910$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 910 Nm < 2284 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro(max)} * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 0$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 0.00 * 0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 736 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.19.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	37.40	0.00	37.40	43.19	0.21	0.13
verticaal	34.59	3.25	34.59	39.99	0.19	0.12
schotjes	34.59	3.25	34.59	39.99	0.19	0.12
kopplaat horizontaal	39.73	0.00	39.73	45.88	0.22	0.14
verticaal	37.12	3.02	37.12	42.89	0.21	0.13
schotjes	2.62	42.86	2.62	24.93	0.12	0.01

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.22 = 0.29$

Controle: $0.29 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Tabel 3.19.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	5.53	0.00	5.53	6.39	0.03	0.02
verticaal	0.00	6.39	0.00	3.69	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	5.53	0.00	5.53	6.39	0.03	0.02
verticaal	0.00	6.39	0.00	3.69	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.03 = 0.04$

Controle: $0.04 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.4 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.19.4.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn	Normaal- krachtenlijn	Dwars- krachtenlijn
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)	N(x) in [N] (+ = trek)	Q(x) in [N] (+ = ~~~)
0.00 - 3.20	-1481 14450	-558 -558	6045 3915
3.20 - 6.40	14451 16111	-554 -554	1584 -547
6.40 - 9.60	16114 3495	-556 -556	-2878 -5009
9.60 - 12.80	3500 -23408	-565 -565	-7340 -9472
38.40 - 41.60	-23215 3556	-613 -613	9434 7304
41.60 - 44.80	3555 16058	-604 -604	4973 2842
44.80 - 48.00	16060 14284	-602 -602	511 -1621
48.00 - 51.20	14288 -1774	-606 -606	-3952 -6083

3.19.4.1 Controle van de stijfheid van de tralie:

De toelaatbare doorbuiging van alle tralieliggers wordt bepaald per tralie:
 - $uv_{toel} = 12800 / 250 < 30.0$ mm, dus: $uv_{toel} = 30.0$ mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging $u_{max} = 12.27$ mm

- Controle van de 1e rij tralies:

Doorbuiging: |12.3 | mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.4.2 Controle van de bovenrand:

3.19.4.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:

- Normaalkracht: $N_d = -M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.19.4.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.19.42: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)	Systeem- lengte
x in [m] Spant		[mm]
0.00 - 3.20	3333 -35524	3199
3.20 - 6.40	-35525 -39572	3200
6.40 - 9.60	-39581 -8803	3200
9.60 - 12.80	-8820 56809	3201
38.40 - 41.60	56316 -8979	3199
41.60 - 44.80	-8974 -39468	3200
44.80 - 48.00	-39471 -35139	3200
48.00 - 51.20	-35151 4023	3201

3.19.4.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.19.4.2:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$	[mm]			
0.00- 3.20	3333 -35524	e-z	0.840	0.587	1877	1	0.12	0.15
3.20- 6.40	-35525 -39572	z-z	0.844	0.823	2634	1	0.14	0.21
6.40- 9.60	-39581 -8803	z-z	0.844	0.673	2153	1	0.14	0.18
9.60-12.80	-8820 56809	z-m	0.843	0.558	1786	1	0.03	0.04
12.80-16.00	56316 -8979	m-z	0.843	0.558	1785	1	0.03	0.04
16.00-19.20	-8974 -39468	z-z	0.844	0.674	2157	1	0.14	0.18
19.20-22.40	-39471 -35139	z-z	0.844	0.822	2629	1	0.14	0.21
22.40-25.60	-35151 4023	z-e	0.840	0.581	1859	1	0.12	0.15

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,dare} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + (0.83 - 0.2) * (|-39572| / (0.643 * 291834 / 1.0))) = 1.02 \\
 Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-39572| / (0.643 * 291834 / 1.0))) = 1.05 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.02, 1.05) = 1.02 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.61
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-39572| / (0.643 * 291834 / 1.0) + 1.02 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.211 + 0.000 = 0.211 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\
 &= |-39572| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.61 * |0.0| / (1.00 * 6667.9 / 1.0) \\
 &= 0.146 + 0.000 = 0.146
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.211, 0.146) = 0.211$$

- controle: 0.21 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.19.4.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Nabij de zwevende goten:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -39581 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 640 = 512 \text{ mm}$
 ($l_{ky} > l_{veld}/2$, omdat de kortere velden, de langere velden steunen.)

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{bdarel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.33 - 0.2) * (|-39581| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 0.92 \\ Kz.3 &= C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-39581| / (0.931 * 291834 / 1.0))) = 1.00 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.92, 1.00) = 0.92 \\ Ky.b &= 0.6 * Kz.b = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-39581| / (0.931 * 291834 / 1.0) + 0.92 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0) \\ &= 0.146 + 0.000 = 0.146 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-39581| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0) \\ &= 0.136 + 0.000 = 0.136 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.146, 0.136) = 0.146$$

- controle: $0.15 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.19.4.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-39581|}{291834} = 0.14$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 56809 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|56809|}{291834} = 0.19$$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.19 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.4.3 Controle van de onderrand:

3.19.4.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand: (voor de achterliggende theorie wordt verwezen naar hoofdstuk 4)

Tabel 3.19.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4100 + N/2$ (voor N en M, zie 3.19.4.1)
 - met: Effectieve spanthoogte: 410.0 mm

Tabel 3.19.43: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 3.20	-3892 34966	3199
3.20 - 6.40	34971 39018	3200
6.40 - 9.60	39025 8246	3200
9.60 - 12.80	8255 -57374	3201
12.80 - 16.00	-56929 8366	3199
16.00 - 19.20	8370 38864	3200
19.20 - 22.40	38869 34537	3200
22.40 - 25.60	34545 -4629	3201

3.19.4.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Tabel 3.19.4.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Mouty fact.	Knfct staaf- lengte [mm]	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"	den	β_m	$\beta_m \times \beta_n$				
0.00-3.20	-3892 34966	e-z	0.851	0.705	2254	1	0.01	0.02
3.20-6.40	8255 -57374	z-m	0.855	0.728	2331	1	0.20	0.28
6.40-9.60	-56929 8366	m-z	0.855	0.727	2325	1	0.20	0.28
9.60-12.80	34545 -4629	z-e	0.851	0.705	2256	1	0.02	0.02

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy \cdot (1.0 + (\lambda_{b,dare} \cdot y - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 \cdot (1.0 + (0.73 - 0.2) \cdot (|-57374| / (0.703 \cdot 291834 / 1.0))) = 1.03$$

$$Ky.3 = Cmy \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-57374| / (0.703 \cdot 291834 / 1.0))) = 1.10$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.03, 1.10) = 1.03$$

$$Kz.b = 0.6 \cdot Ky.b = 0.62$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0) + Ky.b \cdot |My_{Ed}| / (1.00 \cdot My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-57374| / (0.703 \cdot 291834 / 1.0) + 1.03 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.279 + 0.000 = 0.279$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NRk / 1.0) + Kz.b \cdot |My_{Ed}| / (1.00 \cdot My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-57374| / (0.995 \cdot 291834 / 1.0) + 0.62 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 6667.9 / 1.0)$$

$$= 0.198 + 0.000 = 0.198$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.279, 0.198) = 0.279$$

- controle: $0.28 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.19.4.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -57374 + |-9472|/\tan(49.1) = -49182$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld}/2 = 1/4 * 0 * 640 /2 = 0$ E3 Nmm
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v * q_{gew} * h_{ohgew} + \gamma * v * q_{tg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.00 * 4.50 * 0 * 0.80 + 1.00 * 4.50 * 0 * 1.60 = 0$ N)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.50 * l_{veld} = 0.50 * 640 = 320$ mm
 ($l_{ky} = l_{veld}/2$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kz.2 = Cmz * (1.0 + (\lambda_{b,dare} * z - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + (0.21 - 0.2) * (|-49182| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.40$$

$$Kz.3 = Cmz * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-49182| / (0.995 * 291834 / 1.0))) = 0.45$$

$$Kz.b = \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.40, 0.45) = 0.40$$

$$Ky.b = 0.6 * Kz.b = 0.24$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-49182| / (0.995 * 291834 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.169 + 0.000 = 0.169$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-49182| / (1.000 * 291834 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 3871.9 / 1.0)$$

$$= 0.169 + 0.000 = 0.169$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.169, 0.169) = 0.169$$

- controle: $0.17 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.19.4.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-57374|}{291834} = 0.20$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 39025$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|39025|}{291834} = 0.13$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.20 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK100*40*4.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.4.4 Controle van de diagonalen:

3.19.4.4 Controle van de drukdiagonalen:

Gezien de toepassing spitst de controle van de drukdiagonalen zich toe op de eindkappen van de tralies, d.w.z. tussen kopplaat en 1e zwevende goten.

- Controle op druk (bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : Qddmaxd = -9472 N (zie tabel 3.19.4.1)
 (+ = druk in drukdiagonaal)
 Extra dwarskracht i.v.m. mogelijke positie transportlast in eerste diagonaalveld in plaats van het midden van de overspanning.
 Vert.puntlast: Fpunt = 0.00 * max(1250, 1000) + 1.00 * 0 = 0 N

- Res.diag.drukkracht: Nddiagd = $\frac{Qddmaxd - Fpunt/2}{\sin(\alpha)}$ = $\frac{-9472 - 0}{\sin(49.1)} = -12523$ N

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

UCsterkte = $\frac{|NEd|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} = \frac{|-12523|}{109643} + \frac{|0|}{1054} = 0.114$

controle: 0.114 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

Sigma: $\frac{|NEd|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} = \frac{|-12523|}{368.5} + \frac{|0|}{4.365} = 34.0$ N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 34.0 / 235.0 = 0.145

controle: 0.145 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

Ky.2 = Cmy * (1.0 + (lambdarel.y - 0.2) * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + (0.30 - 0.2) * (|-12523| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.40
 Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chiy * NRk / 1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-12523| / (0.949 * 109643 / 1.0))) = 0.44
 Ky.b = Min(Ky.2, Ky.3) = Min(0.40, 0.44) = 0.40
 Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.24

UCstab.1 = $\frac{|NEd|}{(Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0)}$
 = $\frac{|-12523|}{(0.949 * 109643 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 1054.0 / 1.0)}$
 = 0.120 + 0.000 = 0.120

UCstab.2 = $\frac{|NEd|}{(Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk / 1.0)}$
 = $\frac{|-12523|}{(0.949 * 109643 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 1054.0 / 1.0)}$
 = 0.120 + 0.000 = 0.120

Maatgevend: UCstab.b = max(UCstab.1, UCstab.2) = max(0.120, 0.120) = 0.120

controle: 0.120 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Drukdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.4.4 Controle van de trekdiagonalen:

Er wordt vanuit gegaan, dat de trekdiagonalen als zodanig worden toegepast in de eindkappen en als trek- en drukdiagonalen in eventuele middenkappen.

- Controle op trek (in de eindkappen bij neerwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij opwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxt} = 9472$ N (zie tabel 3.19.4.1)
 (+ = trek in trekdiagonaal)

$$\text{- Res.diag.trekkracht: } N_{tdiagt} = \frac{Q_{tdmaxt} + F_{punt}/2}{\sin(\alpha)} = \frac{9472 + 0}{\sin(49.1)} = 12523 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagt} = 63685$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagt}} = \frac{12523}{63685} = 0.197$$

- UC-Trek : $0.197 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

- Controle op druk (in de eindkappen bij opwaartse belasting en evt. in de middenkappen bij neerwaartse belasting):

- Maatgevende dwarskracht : $Q_{tdmaxd} = 5009$ N (zie tabel 3.19.4.1)
 (+ = druk in trekdiagonaal)

$$\text{- Res. diagonaaldrukkracht: } N_{tdiagd} = \frac{-Q_{tdmaxd}}{\sin(\alpha)} = \frac{-5009}{\sin(49.1)} = -6623 \text{ N}$$

- Sterkte: Capaciteit trekdiagonaal: $F_{tdiagd} = 104000$ N (zie 4.4)

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{F_{tdiagd}} = \frac{6623}{104000} = 0.064$$

- UC-Druk : $0.064 < 1.00$, dus trekdiagonaal voldoet.

Conclusie:

- Trekdiagonalen (VKBK35*3.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.4.4 Controle van de (las)verbindingen:

Drukdiagonaal			Trekdiagonaal		
Nd = -12523 N			Nd = - 6623 N		
Nt = 0 N			Nt = 12523 N		
Fstev = 0 N			Fstev = 8192 N		
Fstlo = 0 N			Fstlo = 9472 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 8192 N			Fsdev = 4332 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	18.09 N/mm ²	18.09 N/mm ²	
Tau2	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	22.13 N/mm ²	22.13 N/mm ²	
Sgm1	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	18.09 N/mm ²	18.09 N/mm ²	
SgmWst	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	30.43 N/mm ²	30.43 N/mm ²	
UC1	0.00	0.00	0.15	0.15	
UC2	0.00	0.00	0.06	0.06	
SgmWsd	22.13 N/mm ²	22.13 N/mm ²	11.70 N/mm ²	11.70 N/mm ²	
UC3	0.11	0.11	0.06	0.06	
Nt1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	72828 N	72828 N	72828 N	72828 N	
UCt1	0.00	0.00	0.17	0.17	
UCd1	0.17	0.17	0.09	0.09	
UClas	0.11	0.11	0.15	0.15	
UCdia	0.17	0.17	0.17	0.17	
UCgeo	0.87	0.87	0.87	0.87	
UClas	0.11		0.15		
UCdia	0.87		0.87		

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.15 ≤ 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 0.87 ≤ 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.4.4 Controle van de gootverticaal

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de bovenrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de bovenrand-goot "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{vspan}{2 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{2 * 210000 * 299160} = 0.80 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{vak}{3 * Eg * Ig} + \frac{1}{koz k} = \frac{4500}{3 * 210000 * 529169} + \frac{1}{6000} = 180.16 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{Eozk * Iozk}{100} + \frac{Egv * Igv}{450} + \frac{Gbr * Itor * 2}{3200} = \frac{210000 * 299160}{210000 * 1083901} + \frac{80769 * 717716 * 2}{717716 * 2} = 31.17 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V4 = \frac{vspan}{3 * Eozk * Iozk} = \frac{100}{3 * 210000 * 299160} = 0.53 \quad *10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M0 = \frac{vspan * V2 + vspan * V1}{V2 + V3} = \frac{100 * 180.2 + 100 * 0.8}{180.2 + 31.2} = 85.6 \quad \text{Nm}$$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kbr = \frac{1}{V2 * vspan^2 - (V1 + V2) * M0 * vspan + V4 * vspan^2}$$

$$kbr = 1 / (180.2 * 100^2 - (0.8 + 180.2) * 85.6 * 100 + 0.5 * 100^2) * 10^{-9} = 3884.6 \quad \text{N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $kcr = 625.7 \quad \text{N/mm}$

 - Controle: $3884.6 \text{ N/mm} > 625.7 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = vspan - M0 = 100 - 85.6 = 14.4 \quad \text{Nm}$$

$$Mozk = |Ndmax| * 0.01 * M1 = |-39.58| * 0.01 * 14.4 = 5.7 \quad \text{Nm}$$

- Plaatsvastheid van de gootverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de goot aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de goot in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-goot "uit het vlak":

Hoekverdraaiing door profiel opzetkolom:

$$V1 = \frac{2 \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{2 \cdot 450 + 100}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door goot en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{v_{\text{ak}}}{3 \cdot E_{\text{g}} \cdot I_{\text{g}}} + \frac{1}{3 \cdot 210000 \cdot 529169} = \frac{1}{6000} = 180.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom, gootverticaal en bovenrand:

$$V3 = \frac{v_{\text{span}}}{E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} + \frac{k_{\text{ap}}}{G_{\text{br}} \cdot I_{\text{tbr}}} = \frac{100}{210000 \cdot 299160} + \frac{3200}{80769 \cdot 717716} = 29.2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gootverticaal:

$$V4 = \frac{h_{\text{span}}^2}{3 \cdot E_{\text{gv}} \cdot I_{\text{gv}}} = \frac{450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 1\text{E}+6} = 296.5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij bovenrand door opzetkolom:

$$V5 = \frac{v_{\text{span}} + 2 \cdot h_{\text{span}}}{2 \cdot E_{\text{ozk}} \cdot I_{\text{ozk}}} = \frac{100 + 2 \cdot 450}{2 \cdot 210000 \cdot 299160} = 8.0 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij opzetkolom:

$$V6 = \frac{3 \cdot v_{\text{span}} \cdot h_{\text{span}} + v_{\text{span}}^2 + 3 \cdot h_{\text{span}}^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = \frac{3 \cdot 100 \cdot 450 + 100^2 + 3 \cdot 450^2}{3 \cdot 210000 \cdot 299160} = 3992.7 \cdot 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij onderrand

$$M0 = \frac{V1 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})}{V2 + V3} = \frac{8.0 \cdot 100 + 180.2 \cdot (100 + 450)}{180.2 + 29.2} = 477.1 \text{ Nm}$$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{\text{or}} = \frac{1}{V6 \cdot v_{\text{span}} + V4 \cdot h_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})^2 + (V5 \cdot v_{\text{span}} + V2 \cdot (v_{\text{span}} + h_{\text{span}})) \cdot M0} = 135.6 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{\text{cr}} = 115.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

Correctie i.v.m. overcapaciteit onderrand:

$$K_{\text{cr}} = 115.5 \cdot \min(1.0, 0.3 / 0.95) = 34.0 \text{ N/mm}$$

- Controle: $135.6 \text{ N/mm} > 34.0 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.

- Moment bij de kolom-goot verbinding:

$$M1 = v_{\text{span}} + h_{\text{span}} - M0 = 100 + 450 - 477.1 = 72.9 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{ozk}} = |N_{\text{dmax}}| \cdot 0.01 \cdot M1 = |-57.37| \cdot 0.01 \cdot 72.9 = 41.8 \text{ Nm}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: 2D Tralieligger Venlo - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 435
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -2331 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 229893 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $|-2331| \text{ N} < 229893 \text{ N}$, dus gootverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gootverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.4.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.19.4.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-1481	-558	6045	3718	3023	5665
12.80	-23408	-565	-9472	62888	-4736	63243
38.40	-23215	-613	9434	62344	4717	62700
51.20	-1774	-606	-6083	4483	-3042	6213

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbb}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 63243$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br} \max = 1.30 * 63243 = 82216$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 203328$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $82216 \text{ N} < 203328 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M24-8.8) voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.19.4.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-1481	-558	6045	0	3023	4275
12.80	-23408	-565	-9472	0	-4736	6698
38.40	-23215	-613	9434	0	4717	6671
51.20	-1774	-606	-6083	0	-3042	4302

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 371 mm
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1
- Normalkracht: $F_t = \frac{N_t}{2 * nbo}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 * Q$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 * F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 6698$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or} \max = 1.30 * 6698 = 8707$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 90432$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $8707 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.4.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 62.9$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 62.9 = 81.8$ N
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 226$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 81.8 kN < 226 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 0.0 = 0.0$ kN
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 134$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 134 kN, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.4.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.19.4.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	F _{trb}	F _{tro}	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
0.00	-1481	-558	6045	3333	0	0.02	0.02
12.80	-23408	-565	-9472	56809	0	0.23	0.04
38.40	-23215	-613	9434	56316	0	0.22	0.03
51.20	-1774	-606	-6083	4023	0	0.03	0.02

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$- \text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N + s_n * Q}{2} - \frac{M}{ht, eff} \text{ met } F_{trb} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb}(max) * e = 0.5 * 56809 * 25.0 = 710$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 710 = 923$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 2284$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 923 Nm < 2284 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro}(max) * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 0$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 0.00 * 0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 736$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 736 Nm, dus eindplaat (ST100*12.0) voldoet
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.19.4.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.19.4.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	38.31	0.00	38.31	44.24	0.21	0.13
verticaal	35.11	3.70	35.11	40.59	0.20	0.12
schotjes	35.11	3.70	35.11	40.59	0.20	0.12
kopplaat horizontaal	40.65	0.00	40.65	46.94	0.23	0.14
verticaal	37.67	3.45	37.67	43.54	0.21	0.13
schotjes	2.98	43.50	2.98	25.35	0.12	0.01

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.23 = 0.29$

Controle: $0.29 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Tabel 3.19.4.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	6.31	0.00	6.31	7.29	0.04	0.02
verticaal	0.00	7.29	0.00	4.21	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	6.31	0.00	6.31	7.29	0.04	0.02
verticaal	0.00	7.29	0.00	4.21	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.04 = 0.05$

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 3200 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 5432 mm, lky= 3200 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

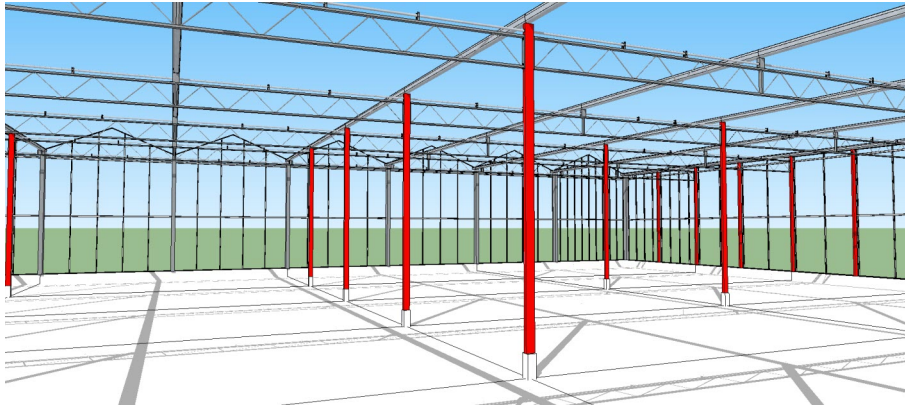
c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r1 = 800 / bkg < 2.0$;
 $800 / 800 = 1.00$, dus $r1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r2 = 1125 / bd < 2.0$;
 $1125 / 1125 = 1.00$, dus $r2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r1 < 50.0 \text{ mm}$;
 $3200 / 100 * 1.00 = 40.0 \text{ mm}$, dus ugevel = 65.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r2 < 50.0 \text{ mm}$
 $1/200 * 4500 * 1.00 = 30.0 \text{ mm}$, dus udek = 70.1 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 65.0 + 70.1 = 65.2 mm
- Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:
 $Utoel.seismic = 2 * ph / 50 = 2 * 3200 / 50 = 128.0 \text{ mm}$
- Maatgevend :
 - utoel = Utoel.seismic = 128.0 mm

Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd



De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



4 K O L O M M E N en P O E R E N

Kasgegevens:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Aantal gekoppelde spanten : 4 (y-richting)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte (h) : 3.20 m
- Funderingstype : niet-onderheide fundering (op staal)
- Grondsoort : Klei NPR3860

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de kolommen inclusief de fundatie van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
- NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
 - * NEN 9997-1: Algemene regels

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de kolommen wordt verwezen naar TNO rapport: BI-89-116* "Rekenregels voor de dimensionering van de kolommen van Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1989.

Voor een toelichting op de berekening van de poeren wordt verwezen naar TNO rapport: 93-CON-R0304 "Rekenregels voor de dimensionering en de controle van de poeren van de kolommen, schoorvakken en portaalspanten voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1993

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

Design specification of the Columns.

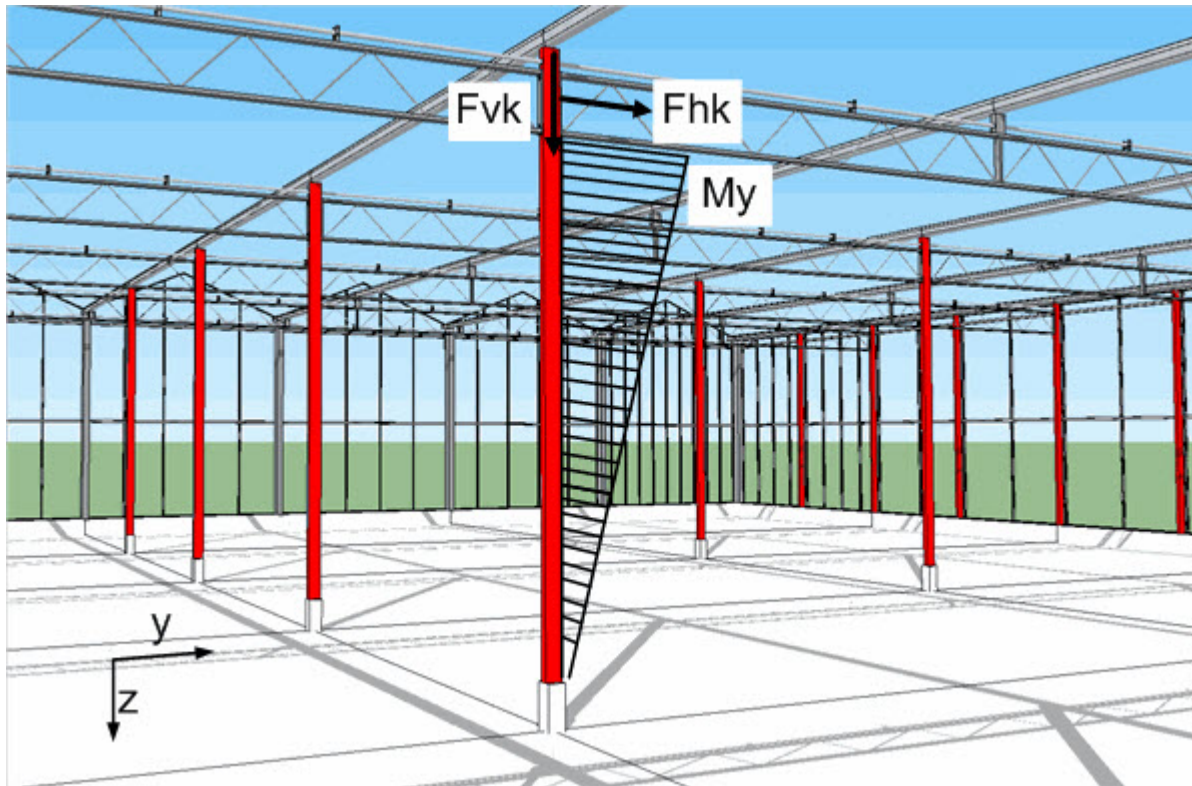


Figure: Schematic representation of a column inside the greenhouse.

Stability of the greenhouse construction with wind load at the side wall.
 The stability of the construction with wind load at the side-wall "in truss direction" will be delivered by the columns through a fixed truss-column connection (type: unbraced-framework).
 A detailed calculation of the column is made by the computer program CASTA/Kassenbouw.
 The calculation with total 5 columns (4 trusses) in one row. The calculations shows that the chosen column RHBK100*100*3.0 mm (S235) with a height of 3.20 m is satisfactory for loadings according NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;

Contents:

0. CONCLUSION
1. INPUT DATA
2. DATA OF THE APPLIED STANDARD
3. SUMMARY OF CALCULATION RESULTS PER LOADING CASE
4. SUMMARY OF LOADINGS AT THE FOUNDATION
5. PROFILE DATA
6. VERIFICATION PER LOAD COMBINATION

4.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

- Kolommen:

- Sterkte (B.C.2) : 0.47 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning (B.C.2) : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit (B.C.2) : 0.57 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid (B.C.2) : 21.6 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

- Kantelstabiliteit fundatie:

- Momenten (B.C.3) n : 26184 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal (B.C.3) : | 58707 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal (B.C.2) : 1153 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting (B.C.2) : 0.088 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.1.1 Eindconclusie(s):

- De kolommen voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Kolommen RHBK100*100*3.0 (S235 (EN10219)) : voldoen
- De fundatie voldoet qua kantelstabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Poeren BPRD1000*600 : voldoen
- Controle van de fundatiepalen is niet uitgevoerd.

4.1.2 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
 - B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
 - B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
 - B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic
- Een eventuele gatverzwakking in de kolom ter plaatse van de onderrand van de tralieligger, bijvoorbeeld voor de doorvoer van kabels of draden, is niet in rekening gebracht. Dit kan de toepassing van een grotere wanddikte noodzakelijk maken.
- Voor de controle van de fundatie van de gevelkolommen wordt verwezen naar de onderdelen Kop- en Zijgevels. Met deze onderdelen van CASTA Kassenbouw kan de gevelfundatie gedimensioneerd en gecontroleerd worden.
- Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de spantkolom onder het onderdeel Zijgevels.
- De controle is uitgevoerd inclusief de kolommenrij achter de kopgevel in zone G
Zie EN13031-1, Figure B.2 - Zones for global pressure coefficients for walls 90 deg.
- Bij controle van de draagkracht en de zetting van de grond volgens NEN 6740 en NEN 6744 is uitgegaan van een volledig gedraineerde toestand, volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744. In geval van een ongedraineerde toestand, of een niet-volledig gedraineerde toestand, dient een grondmechanisch of geotechnisch adviseur ingeschakeld te worden.

4.2 INVOERGEGEVENS

4.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte gevel : 3.20 m
- Kaslengte (L) : 45.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 4

4.2.2 Overige gegevens van de kas:

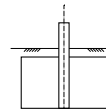
- Dekhelling (alfa) : 30.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 300 mm
- Funderingstype : niet-onderheide fundering (op staal)
- Spanthoogte (hspant) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1125 mm
- Glaslengte dek : 1790 mm
- Glas kopgevelstrook : 563 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 800 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzig): 750 mm

4.2.3 Kolommen:

- Posities van de kolom : Middenvelden; inclusief eerste kolommenrij achter de kopgevel
- Profiel : RHBK100*100*3.0
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Lengte kolom : 3200 mm

4.3 Gegevens van de fundering van de binnenkolommen:

- Palen (14 liter beton) : RH120*120*1000
- Poeren (467 liter beton): BPRD1000*600 mm (Betonprop rond)
- Poerdiepte (Dpoer) : 400 mm
- Funderingshoogte (Fhp) : 300 mm
- Grondsoort : Klei NPR3860



4.3.1 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 140 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Spant (Fspant 1e rij) : 2764 N
- Spant (Fspant 2e rij) : 2764 N

4.3.2 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

4.3.3 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basic wind velocity : V50 = 27.0 m/s reference V15 = 24.9 m/s
- Basic snowload : SK = 700.0 N/m²
- Berekenende afsmeltfactor : Ct = 1.000
- Type kasdekomhulling : Single-layer: 4 mm Soda lime glass
- Temperatuur onder kasdek: Niet verwarmd
- Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
- Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : Rf = 15 year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : AgR = 0.000 x g m/sec²
 (Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: gs = 1.30
- Windstuwdruk (qwind) : 533 N/m² dekoppervlak
 (N.B.: Nokhoogte: H = 0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * tan 30° = 4.424 m)
 Gebouwhoogte: 4.424 m. Eff.hoogte: ze = 4.424 m
- Sneeuwbelasting (qsneeuw) : 423.5 N/m² grondoppervlak
- Installaties : 100 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
- Installaties totaal : 100 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (qgewas) : 0 = Max(0 , 0) N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak
- Transportlast incidenteel : 1250 N
- permanent : 0 N
- Kasdekreiniger : Gewicht = 6000 N, wielbasis = 1500 mm

4.4 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

4.4.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

4.4.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K1 * \ln(1 / ref)}{1 - K1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$

- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- Reductiefactor $c_{scd} = \max(0.72, (0.83 * 0.85)) = 0.72$ (rekentoestand)
- Reductiefactor $c_{scd}' = 0.83 * 0.85 = 0.70$ (gebruikstoestand)

Voor de reductiefactoren wordt de onderstaande tabel aangehouden
 (tussenliggende waarden via lineaire interpolatie):

+-----+(volgens EN13031-1)

X	Cs 2)	Ccor
[m]	loodrecht	parallel
5	0.92	1.00
10	0.89	0.85
20	0.87	0.85
30	0.85	0.85
50	0.82	0.85
75	0.80	0.85
100	0.78	0.85
150	0.75	0.85
> 200	0.73	0.85

1): de maximale reductie van de
 windstuwdruk is 0.72 (=0.85*0.85)

2): de ondergrens voor $cs=0.85$ (rekentoestand)

Cs;loodrecht = 0.83 (kaslengte 45.0 m)
 Ccor;parallel = 0.85 (kasbreedte 51.2 m)

+-----+

4.4.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
EN 13031-1: $R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5 \text{ N/m}^2$

4.4.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = $U_1 / [1/U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $[20.2634 / ((T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4})] = 70219 \text{ N/m}^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054(Sk_{max}/3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0*Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

4.4.4 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
- B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
- B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- Combinaties voor dekroeden:
 - BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor de goot:
 - BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
 - BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.4.5 Tabel 7: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen ge- wicht dek a= 140 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 100 N/m ² + 0 N/m ² = 100 N/m ²	Wind- belasting a= 533 N/m ² b= 383 N/m ² c= 533 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 423 N/m ² b= 423 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 6000 N b= 1250 N	Aardbeving AgR = 0.000 [Sd]
1	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	b 1.00(0.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.02(1.00)	1.02(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.02(1.00)	1.02(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	b 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.02(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
7	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
8	1.15(1.00)	1.15(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)
9	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
10	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
11	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exeptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

4.4.6 Tabel 7: Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

-
 - +- + Tekenafspraken
 +

BC	gevel druk	gevel + *	1e kap	2e kap	middenkappen	eindkap	gevel + *	gevel zuig	Druk in de kas	Cpf,h
1	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
2	+0.60	+0.30	-1.00	-0.70	-0.50	-0.40	-0.40	-(0.30)	-0.30	0.03
3	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
4	+0.60	+0.30	-1.00	-0.70	-0.50	-0.40	-0.40	-(0.30)	0.20	0.03
5	+0.60	+0.30	-1.00	-0.70	-0.50	-0.40	-0.40	-(0.30)	0.20	0.03
6	+0.60	-1.07	-1.00	-0.70	-0.50	-0.40	-0.40	-(0.30)	-0.30	0.03
7	+0.60	-0.36	-0.36	-0.36	-0.36	-0.36	-0.36	-(0.30)	0.20	0.03
8	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
9	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
10	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
11	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00

*) Overdruk=positief / Onderdruk=negatief

Horizontale windbelasting van het kasdek.
 De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).
 De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd (zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 4424	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 3500	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 3500	mm	
- Roof angle	: alpha = 30.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 51200	mm	Ratio h/W = 0.0684
- Greenhouse length	: L = 45000	mm	Ratio h/L = 0.0778
- Bay width gutter to gutter	: S = 3200	mm	Ratio h/S = 1.0938

4.5 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

4.5.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Kolommen:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.18	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.19	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.47	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid :	1.1 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM :	15277 Nm	<	32264 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-15133 Nm	<	6707 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	34314 N	<	65832 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	55 N	<	5542 N,	dus: voldoet.
- Zetting :	0.088 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

4.5.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Kolommen:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.47	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.46	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.57	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid :	21.6 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM :	15345 Nm	<	32264 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-12347 Nm	<	6707 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	31247 N	<	65832 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	1153 N	<	5542 N,	dus: voldoet.
- Zetting :	0.088 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

4.5.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Kolommen:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.21	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.22	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.55	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid :	3.3 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM :	26184 Nm	<	32264 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-25844 Nm	<	6707 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	58707 N	<	65832 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	131 N	<	5542 N,	dus: voldoet.
- Zetting :	0.088 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

4.5.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.44 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : trek in de kolom, dus: voldoet.
- Stijfheid : 18.6 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 5962 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -3033 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 10150 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 1127 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.073 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.44 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : trek in de kolom, dus: voldoet.
- Stijfheid : 18.6 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 5962 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -3033 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 10150 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 1127 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.073 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.27 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid : 12.3 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 11529 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -9699 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 23953 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 704 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.073 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.24 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : trek in de kolom, dus: voldoet.
- Stijfheid : 9.2 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 5824 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -4379 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 11513 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 556 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.073 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid : 1.2 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 17970 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -17814 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 40377 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 60 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.088 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.9 B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.25 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid : 1.4 mm < 128.0 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 17458 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -17275 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 39193 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 70 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.088 m < 0.100 m, dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kolommen - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 451
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

4.5.10 B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.25 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid : 1.4 mm < 128.0 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 17458 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -17275 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 39193 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 70 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.088 m < 0.100 m, dus: voldoet.

4.5.11 B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Kolommen:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
- Stijfheid : 1.1 mm < 128.0 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM : 15277 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet.
- Momenten OBM : -15133 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal : | 34314 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal : 55 N < 5542 N, dus: voldoet.
- Zetting : 0.088 m < 0.100 m, dus: voldoet.

N.B. NBM = Kantelstabiliteit bij neerwaarts bezwijkmodel
OBM = Kantelstabiliteit bij opwaarts bezwijkmodel
(zie TNO-rapport 93-CON-R0304)

4.6 OVERZICHT BELASTINGEN OP DE FUNDERING:

Overzicht maatgevende belastingen op de fundatiepaal per belastingscombinatie. !NP[<%rn,+>],P
 (uitkomsten in rekentoestand, eventueel tussen haakjes in gebruikstoestand) !NP[<%rn,+>],P

4.6.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 42240	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 92	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 131	N	(55	N)

4.6.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 14317	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 1042	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 1489	N	(1153	N)

4.6.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 49328	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 107	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 153	N	(131	N)

4.6.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = -11377	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 1036	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 1480	N	(1127	N)

4.6.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = -11377	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 1036	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 1480	N	(1127	N)

4.6.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 6479	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 636	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 908	N	(704	N)

4.6.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = -9640	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 515	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 735	N	(556	N)

4.6.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 28211	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 49	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 70	N	(60	N)

4.6.9 B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 22727	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 49	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 70	N	(70	N)

4.6.10 B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 22727	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 49	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 70	N	(70	N)

4.6.11 B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- Verticale belasting per betonpaal (excl. beton):	Nb = 17848	N		
- Eigen gewicht van de binnenkolom	Feg.bk = 289	N		
- Moment in de betonpaal	Md = 39	Nm		
- Dwarskracht in de betonpaal	Fhk = 55	N	(55	N)

4.6.12 Summary of loads at foundation:

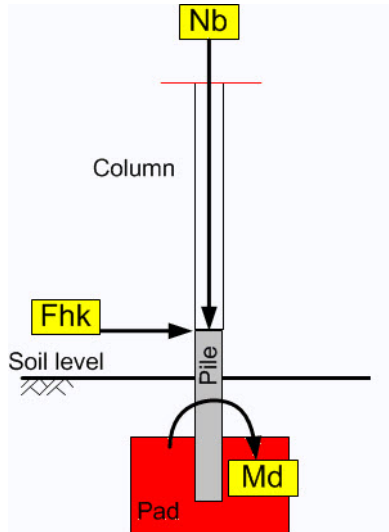


Table: Foundation forces

Table Combination span dir	Load V Nb ULS [N]	Load V Nb ULS +Feg[N]	Moment Md ULS [Nm]	Load H Fhk ULS [N]	Load H Fhk SLS [N]	Displ. Hgutt. [mm]	Max. Displ [mm]
		-anchor-					
BC1	42240	42529	92	131	55	1.1	42.7
BC2	14317	14612	1042	1489	1153	21.6	42.7
BC3	49328	49623	107	153	131	3.3	42.7
BC4	-11377	-11088	1036	1480	1127	18.6	42.7
BC5	-11377	-11088	1036	1480	1127	18.6	42.7
BC6	6479	6774	636	908	704	12.3	42.7
BC7	-9640	-9351	515	735	556	9.2	42.7
BC8	28211	28542	49	70	60	1.2	42.7
BC9	22727	23015	49	70	70	1.4	128.0
BC10	22727	23015	49	70	70	1.4	128.0
BC11	17848	18137	39	55	55	1.1	128.0

4.7 PROFIEL-EIGENSCHAPPEN

In dit deel worden alle profiel-eigenschappen weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en de belastingcombinaties.

4.7.1 kolommen (RHBK100*100*3.0 mm S235 (EN1021) (index "k")):

- Oppervlakte : Ak = 1148.5 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.k = 1789800.5 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.k = 35796.0 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.k = 39.5 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.k = 1789800.5 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.k = 35796.0 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.k = 39.5 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.k = 50.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lk = 3.200 m
- Gewicht : Gk = 28.852 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.k = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Ek = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.k = 35796 (Wply.k = 41595) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.k = 35796 (Wplz.k = 41595) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.k = 2708185 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.k = 300652 N
 - NRk.k = 300652 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.k = 9370 Nm
 - elastisch My.Rk.k = 9370 Nm
 - Mz.c.Rd.k = 9370 Nm
 - Mz.Rk.k = 9370 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfay = 0.49 alfaz = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoek*tk/Lk)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 261.8 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lk = 392.3 mm
 - Omgez. hoeken : nhoek = 4
 - Op druk belast : fy-dk = fy-eq = 261.8 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tk = fy-eq = 261.8 N/mm²
- Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:
 - In spantrichting:
 - De kniklengte in spantrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):
 - lk.y ~ 2.05 * kheff
 - kheff = eff.kolomhoogte = 3.2 - 0.10 - 0.45 + 0.30 - 0.30 = 2.650 m
 - lk.y ~ 2.05 * 2650 = 5432 mm
 - Eulerse knikkracht:
 - pi² * E * Iy pi² * 2.1E5 * 179 E4
 - FEy = ----- = 125697 N
 - lk.y² 5432²
 - Slankheid:
 - lambda1 = pi*(E / fy)^{1/2} = pi*(2.1 E5 / 235.0)^{1/2} = 93.91
 - lambdarel.y = lk.y/(iy * lambda1) = 5432 / (39.5 * 93.91) = 1.47
 - Chiy = min(0.326 , 1.0) = 0.326
 - In gootrichting:
 - Kniklengte: lk.z = kolomlengte = 3200 + 300 - 300 = 3200 mm
 - Slankheid:
 - lambda1 = pi*(E / fy)^{1/2} = pi*(2.1 E5 / 235.0)^{1/2} = 93.91
 - lambdarel.z = lk.z/(iz * lambda1) = 3200 / (39.5 * 93.91) = 0.86
 - Chiz = min(0.623 , 1.0) = 0.623
- Bij de stabiliteitscontrole van de kolommen is de kleinste knikcoëfficiënt maatgevend:
 - Chimin = Min(Chiy, Chiz) = Min(0.326 , 0.623) = 0.326

4.7.2 Profieleigenschappen van de fundatie

In dit deel worden alle profieleigenschappen van de fundatie weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en belastingcombinaties. Hierbij gaat het hoofdzakelijk om de kantelstabiliteit bij neerwaartse belasting (4.7.2), en de kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (4.7.3). De berekeningen zijn opgezet in gebruikstoestand, met dien verstande, dat de grondspanningen niet groter mogen worden dan de toelaatbare grondspanning.

4.7.2.1 Algemene eigenschappen:

a) Eigenschappen van de grond (zie ook TNO-rapport BI-87-02):

- Grondsoort : Klei NPR3860
- Volumiek gewicht grond : $\gamma_g = 15.0$ in kN/m^3
- Inwendige wrijvingshoek : $\phi_i = 20.0$ in graden
- Cohesie : $c_0 = 4000$ in N/m^2
- Toelaatbare spanning : $\sigma_{gr} = 0.070$ in N/mm^2
- Prim. samendrukkingsindex : $C_{ceff} = 0.750$
- Sec. samendrukkingsindex : $C_{infe} = 0.010$
- Volumiek gewicht verzadigd : $\gamma_{gsat} = 15$ in kN/m^3
- Poriëngetal (NEN 6744) : $e_{porie} = 2.3$
- Bedding : $k = 20$ in MN/m^3 ($k=20000 \text{ kN/m}^3$)
- Neutrale gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{bda-n} = 1 - \sin(20.0^\circ) = 0.66$
- Passieve gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{bda-p} = [\tan(45^\circ + 0.5 \cdot 20.0^\circ)]^2 = 2.04$
- Actieve gronddrukcoëfficiënt : $\lambda_{bda-a} = [\tan(45^\circ - 0.5 \cdot 20.0^\circ)]^2 = 0.49$

b) Eigenschappen van de poeren:

- Eigen gewicht van de paal ($\gamma_g = 24000 \text{ N/m}^3$):
 - $G_{paal} = 0.120 \cdot 0.120 \cdot 1.000 \cdot 24000 = 346 \text{ N}$
 (inclusief het gedeelte van de paal in de poer)
- Eigen gewicht van de poer ($\gamma_g = 24000 \text{ N/m}^3$):
 - $G_{poer} = \pi/4 \cdot 1.000^2 \cdot 0.600 \cdot 24000$
 $- 0.120 \cdot 0.120 \cdot (1.000 - 0.300 - 0.400) \cdot 24000 = 11206 \text{ N}$
 (exclusief het gedeelte van de paal in de poer)
- Eigen gewicht van de grond boven op de poer:
 - $G_{grond} = [(\pi/4 \cdot 1.000^2 - 0.120 \cdot 0.120) \cdot 0.400] \cdot 15000 = 4626 \text{ N}$
 ----- +
- Totaal: $G_{fund} = G_{paal} + G_{poer} + G_{grond} = 16178 \text{ N}$

Daar het rekenen met een ronde poer tamelijk gecompliceerd is, wordt gerekend met een poer met een vierkant grondvlak. Hierbij wordt er voor gezorgd dat het oppervlak van de vierkante poer gelijk is aan die van de ronde poer (dus ook de inhoud van de poer is hetzelfde):

$$- B = (\pi/4 \cdot d_{poer}^2)^{1/2} = (\pi/4 \cdot 1000^2)^{1/2} = 886.2 \text{ mm}$$

Voor de eenvoud in de formules wordt overgegaan op verkorte symbolen:

- Hoogte van de poer $H = h_{poer} = 600 \text{ mm}$
- Diepte van de poer $D = d_{poer} = 400 \text{ mm}$

4.7.2.2 Kantelstabiliteit neerwaarts bezwijkmodel (NBM) (in gebruikstoestand):

Dit bezwijkmodel treedt uitsluitend op bij neerwaartse belasting op de poer. De poeren worden verondersteld te willen kantelen om het linkerbenedenpunt A, uitgaande van een horizontale kracht ter plaatse van de kolomverankering Fhk', werkend van links naar rechts. Dit kantelen wordt versterkt door de verticale neerwaartse belasting Fvp'. Ten gevolge van dit kantelen ontstaat bij het rechterkopvlak opstuwing van grond, dus overwegend passieve gronddruk en bij het linkerkopvlak een overwegend actieve gronddruk.

De kanteling van de poeren wordt tegengegaan door de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (Mwz; Fvz; Fhz), het verschil in gronddruk tegen het linker- (Fha; Mha), respectievelijk het rechterkopvlak (Fhp; Mhp) van de poer, de wrijving van de grond tegen het linker- (Fva) en rechterkopvlak (Fvp) en de gronddruk tegen de onderkant van de poer (Fvo; Mvo).

$$Mp_neerw = Mwz + Mhp - Mha + Fvp \cdot B + Mvo \quad (\text{linksom} = +)$$

$$Fv_neerw = Fvz + Fva + Fvp + Fvo \quad (\text{opwaarts} = +)$$

$$Fh_neerw = Fhz + Fhp - Fha \quad (\text{van rechts naar links} = +)$$

- a) Het berekenen van de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (Mwz, Fvz en Fhz) gaat als volgt.

Op een vlakje 0 op een afstand R van het draaipunt A werkt de neutrale gronddruk Sn. Bij draaiing van het vlakje om punt A ontstaat er een wrijvingskracht Fw, die loodrecht op de straal R is gericht en de draaiing tegenwerkt. Bij de berekening van de wrijvingskracht Fw wordt rekening gehouden met de afstand van vlakje 0 tot draaipunt A (R/Rmax). Met behulp van de cosinus en de sinus kan de verticale en de horizontale component bepaald worden. Vermenigvuldiging van Fw met de straal R geeft het tegenwerkend koppel Mw. Door nu het gehele oppervlak van beide zijwanden op deze manier af te tasten kunnen Mwz, Fvz en Fhz bepaald worden.

- Moment t.g.v. wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale hefboomsarm ten opzichte van het draaipunt A:

$$- R_{max} = (B^2 + H^2)^{1/2} = (886.2^2 + 600^2)^{1/2} = 1070 \text{ mm}$$

Maximale schuifspanning ter hoogte van het draaipunt A:

$$\begin{aligned} - T_{nA} &= sg \cdot (D + H) \cdot \lambda_{n-1} \cdot \tan(\phi_i) + C_0 \\ &= 15 \text{ E-6} \cdot (400 + 600) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{ E-3} = 7.59 \text{ E-3 N/mm}^2 \end{aligned}$$

De totale momentcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de beide zijwanden van de poer kan door integratie bepaald worden. Uitschrijven resulteert in de volgende formule:

$$\begin{aligned}
 - M_{wz} &= \frac{2 \cdot H \cdot B}{R_{\max}} \cdot \left[T_n A \cdot \left(\frac{B^2}{3} + \frac{H^2}{3} \right) - s_g \cdot H \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) \cdot \left(\frac{B^2}{6} + \frac{H^2}{4} \right) \right] \\
 &= \frac{2 \cdot 600 \cdot 886.2}{1070} \cdot \left[7.59 \text{E-}3 \cdot \left(\frac{886.2^2}{3} + \frac{600^2}{3} \right) - 15 \text{E-}6 \cdot 600 \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) \cdot \left(\frac{886.2^2}{6} + \frac{600^2}{4} \right) \right] = 2407 \text{E}3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- De verticale kracht ten gevolge van de wrijving tegen de zijvlakken van de poer kan op een soortgelijke manier bepaald worden.

Maximale schuifspanning op halve hoogte van de poer (centrum C):

$$\begin{aligned}
 - T_{nC} &= s_g \cdot (D + H/2) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 15 \text{E-}6 \cdot (400 + 600/2) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{E-}3 = 6.51 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned}
 - F_{vz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_{nC} \cdot 0.5 \cdot B / R_{\max} \\
 &= 2 \cdot 600 \cdot 886.2 \cdot 6.51 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 886.2 / 1070 = 2868 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Horizontale kracht ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale schuifspanning op 1/3-hoogte vanaf de bovenkant van de poer:

$$\begin{aligned}
 - T_{nD} &= s_g \cdot (D + H/3) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 15 \text{E-}6 \cdot (400 + 600/3) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{E-}3 = 6.16 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned}
 - F_{hz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_{nD} \cdot 0.5 \cdot H / R_{\max} \\
 &= 2 \cdot 600 \cdot 886.2 \cdot 6.16 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 600 / 1070 = 1835 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- b) Het bepalen van de horizontale normaal- en de verticale schuifkrachten op het linker- en rechterkopvlak (F_{ha}, F_{va}, F_{hp} en F_{vp}) gaat als volgt.

Als de poer in de richting van de horizontale kracht op het punt staat te gaan draaien, dan wordt de grond aan de rechterzijde opgestuikt en aan de andere zijde losgelaten. Aan de zijde waar de grond wordt opgestuikt ontwikkelt de passieve gronddruk zich het best aan de bovenzijde van de poer, die het meest zijdelings verplaatst. Het niveau van de poer ter hoogte van het draaipunt verplaatst zijdelings niet, derhalve ontwikkelt zich aldaar de neutrale gronddruk. Tussen de passieve gronddruk aan de bovenzijde van de poer en de neutrale gronddruk aan de onderzijde van de poer wordt rechtlijnig geïnterpoleerd.

In formules:

- Rechts = passieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van passieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{hp} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/4) + \lambda_{p-p} * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 15 \text{ E-6} * 886.2 * 600^2 * [0.66 * (400 /2 + 600 /4) \\
 &\quad + 2.04 * (400 + 600 /4)] = 2157 \text{ E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{vp} &= B * H * [T_{nc} + sg * (\lambda_{p-p} - \lambda_{n-n}) * \tan(\phi_i) * (D/2 + H/6)] \\
 &= 886.2 * 600 * [6.51 \text{ E-3} + 15 \text{ E-6} * (2.04 - 0.66) * \tan(20^\circ) \\
 &\quad * (400 /2 + 600 /6)] = 4667 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{hp} &= sg * B * H * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/3) + \lambda_{p-p} * (D/2 + H/6)] \\
 &= 15 \text{ E-6} * 886.2 * 600 * [0.66 * (400 /2 + 600 /3) \\
 &\quad + 2.04 * (400 /2 + 600 /6)] = 6980 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Aan de tegenovergelegen linkerzijde ontwikkelt zich iets dergelijks, nl. aan de bovenzijde komt de poer het meest vrij van de grond (actieve gronddruk), terwijl ook hier de poer ter hoogte van het draaipunt niet zijdelings verplaatst (neutrale gronddruk).

In formules:

- Links = actieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van actieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{ha} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/4) + \lambda_{a-a} * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 15 \text{ E-6} * 886.2 * 600^2 * [0.66 * (400 /2 + 600 /4) \\
 &\quad + 0.49 * (400 + 600 /4)] = 798 \text{ E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{va} &= B * H * [T_{nc} + sg * (\lambda_{a-a} - \lambda_{n-n}) * \tan(\phi_i) * (D/2 + H/6)] \\
 &= 886.2 * 600 * [6.51 \text{ E-3} + 15 \text{ E-6} * (0.49 - 0.66) * \tan(20^\circ) \\
 &\quad * (400 /2 + 600 /6)] = 3318 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{ha} &= s_g * B * H * [\lambda_n * (D/2 + H/3) + \lambda_a * (D/2 + H/6)] \\
 &= 15E-6 * 886.2 * 600 * [0.66 * (400/2 + 600/3) \\
 &\quad + 0.49 * (400/2 + 600/6)] = 3272 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c) Het berekenen van de maximale toelaatbare gronddruk tegen de onderkant van de poer (F_{vo} ; M_{vo}) gaat als volgt.

Er wordt vanuit gegaan, dat de poer ten gevolge van de overheersende neerwaartse kracht zoveel "zakt", dat overal tegen de onderkant van de poer de maximale grondspanning optreedt.

- Verticale kracht ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

$$- F_{vo} = s_{gr} * B^2 = 0.070 * 886.2^2 = 54978 \text{ N}$$

- Moment (rechtsom) ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

$$- M_{vo} = 1/2 * s_{gr} * B^3 = 1/2 * 0.070 * (886.2)^3 = 24361E3 \text{ Nmm}$$

d) Met behulp van de afgeleide grootheden kan de kantelstabiliteit van de poeren bij een resulterende neerwaartse belasting worden afgeleid:

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned}
 - M_{p_neerw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + F_{vp} * B + M_{vo} \\
 &= 2407 + 2157 - 798 + 4667 * 0.8862 + 24361 = 32264 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie (opwaarts = +):

$$\begin{aligned}
 - F_{v_neerw} &= F_{vz} + F_{va} + F_{vp} + F_{vo} \\
 &= 2868 + 3318 + 4667 + 54978 = 65832 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned}
 - F_{h_neerw} &= F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \\
 &= 1835 + 6980 - 3272 = 5542 \text{ N}
 \end{aligned}$$

In principe is een veel grotere horizontale oplegreactie mogelijk, namelijk $F_{h_max} = s_{gr} * B * H$. In dat geval treden echter ontoelaatbare horizontale verplaatsingen ($> 5,0 \text{ mm}$) op.

4.7.2.3 Kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (in gebruikstoestand):

Op analoge wijze kan de kantelstabiliteit van de poeren worden berekend bij opwaarts bezwijken. Dit treedt altijd op bij een resulterende opwaartse belasting maar kan ook optreden bij een geringe neerwaartse belasting. De poeren worden alleen nu verondersteld te willen kantelen om het rechterbenedenpunt B. Ten gevolge van de opwaartse belasting vervalt de gronddruk tegen de onderkant van de poer.

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned} - M_{p_opw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + F_{va} \cdot B \\ &= 2407 + 2157 - 798 + 3318 \cdot 0.8862 = 6707 \quad \text{Nm} \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie (opwaarts = +):

$$\begin{aligned} - F_{v_opw} &= F_{vz} + F_{va} + F_{vp} \\ &= 2868 + 3318 + 4667 = 10854 \quad \text{N} \end{aligned}$$

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned} - F_{h_opw} &= F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \\ &= 1835 + 6980 - 3272 = 5542 \quad \text{N} \end{aligned}$$

4.7.3 Maximale neerwaartse draagkracht volgens NEN 6744:

Bij de berekening van de maximale neerwaartse draagkracht volgens NEN 6744 wordt uitgegaan van een gedraineerde toestand volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744.

a) Draagkrachtfactoren:

De draagkrachtfactoren volgens art. 5.2.3.3 van NEN 6744 zijn uitsluitend afhankelijk van de hoek van inwendige wrijving van de grond:

- Draagkrachtfactor voor de invloed van de gronddekking/diepte:

$$N_q = \exp[\pi \cdot \tan(\phi)] \cdot \tan(\pi/4 + \phi/2)^2 = 6.4$$

- Draagkrachtfactor voor de invloed van de cohesie:

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan(\phi)} = 14.8$$

- Draagkrachtfactor voor de invloed van het effectieve volumieke gewicht van de grond onder het funderingsoppervlak:

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\phi) = 3.9$$

b) Vormfactoren:

De vormfactoren volgens artikel 5.2.3.3 van NEN 6744 zijn afhankelijk van de voornoemde draagkrachtfactoren en van de vorm van het funderingsoppervlak. Voor een cirkelvormig of vierkant element geldt: $B_{eff} = L_{eff} = 1$

- Gronddekking/diepte: $s_q = 1 + 1.0 \cdot \sin(\phi) = 1.34$

- Invloed cohesie: $s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = 1.4$

- Eff. vol. gewicht: $s_{\gamma} = 1 - 0.3 \cdot 1.0 = 0.7$

c) Rekenwaarde van de (maximale) neerwaartse draagkracht (art. 5.2.3.3):

Voor de berekening in de gedraineerde toestand van de rekenwaarde van de maximale funderingsdruk loodrecht op het funderingsoppervlak gelden de volgende formules (art. 5.2.3.3 van NEN 6744):

- Cohesie: $S_{maxcd} = C_o * N_c * s_c = 0.083 \text{ N/mm}^2$
- Gronddekking: $S_{maxqd} = s_g * (D_{poer} + h_{poer}) * N_q * s_q = 0.129 \text{ N/mm}^2$
- Vol. gewicht: $S_{maxgd} = 0.5 * s_g * d_{poer} * N_{gamma} * s_{gamma} = 0.021 \text{ N/mm}^2$

Voor de totale maximale funderingsdruk geldt aldus:

$$S_{maxgrd} = S_{maxcd} + S_{maxqd} + S_{maxgd} = 0.233 \text{ N/mm}^2$$

Uitgaande van een volledig effectief funderingsoppervlak (dat wil o.a. zeggen: een centriscche neerwaartse belasting) geldt de volgende rekenwaarde van de draagkracht in gedraineerde toestand:

$$F_{maxgrd} = 0.25 * \pi * d_{poer}^2 * S_{maxgrd} = 182879 \text{ N}$$

Er wordt een extra veiligheidsfactor 1.5 in rekening gebracht onder andere voor niet-volledige effectiviteit van de poer (excentriciteiten) en een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond:

$$F_{maxgr} = \frac{F_{maxgrd}}{\gamma_{mag}} = \frac{182879}{1.5} = 121920 \text{ N}$$

d) Bepaling van de maatgevende neerwaartse draagkracht (zie ook 2.2):

$$F_{v_neerw} = \min(F_{maxgr}, F_{v_neerw}) = \min(121920, 65832) = 65832 \text{ N}$$

4.8 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

4.8.1 Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²		
- Sneeuwbelasting (0.00 * 423) =	0 N/m ²		
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²		
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²		
----- +			
Totaal :	240 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50	=	13824 N	
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N	
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N	
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N	
----- +			
Totaal =		17848 N	
- Windbelasting:		0 N	
----- +			
In gebruikstoestand: Fvk' = -N' =		17848 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²		
- Sneeuwbelasting (1.00 * 423) =	423 N/m ²		
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²		
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²		
----- +			
Totaal :	663 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 663 * 12.80 * 4.50	=	38216 N	
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N	
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N	
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N	
----- +			
Totaal =		42240 N	
- Windbelasting:		0 N	
----- +			
In rekentoestand: Fvk = -N =		42240 N	

4.8.2 Berekening van het maatgevende moment (M_y) in de kolommen:

Alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand speelt een rol:

- initiële scheefstand:

- in rekentoestand: $F_{h,tot} = 1/258 * |42240| * 4 = 654$ N
- in gebruikstoestand: $F_{h,tot}' = 1/258 * |17848| * 4 = 277$ N

$F_{hk}' = 277 / (4 + 1) = 55$ N, $F_{hk} = 131 / (4 + 1) = 131$ N (rekentoestand)

Het totale maatgevende horizontale moment in de kolommen kan worden berekend door vermenigvuldiging met de effectieve kolomhoogte:

- $M_{h,tot} = 654 * 2.65 = 1734$ Nm

Het totale moment in spantrichting mag volgens de plasticiteits-theorie worden verdeeld over het aantal kolommen in spantrichting:

- $M_y = 1734 / (4 + 1) = 347$ Nm

4.8.3 Controle toegestane verplaatsingen in spanrichting:

a) 1e-orde horizontale verplaatsing in spanrichting in gebruikstoestand:

De optredende eerste orde horizontale verplaatsing in spanrichting kan benaderd worden met de onderstaande formule.

$$- u_1 = \frac{F_{h,tot} \cdot (k_{eff})^3}{3 E I_y \cdot (X + 1)} = \frac{277 \cdot (2650)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 179 E4 \cdot (4 + 1)} = 0.91 \text{ mm}$$

b) Bepaling van de totale horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Vergrotingsfactor in gebruikstoestand:
 - $n_x' = F_{Ex} / N' = 125697 / 17848 = 7.04$
 - $n_x' / (n_x' - 1) = 1.17$
- $u_{tot} = n_x' / (n_x' - 1) \cdot u_1 = 1.17 \cdot 0.91 = 1.06 \text{ mm}$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in spanrichting:

- In relatie tot de kolomhoogte:
 Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 11.1.2 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigingseis van L/150 met een bovengrens van 30 mm. Rekening houdend met de vervormingslijn van de zijgevelspankolom (scharnierend bij de fundatie en een minimale hoekverdraaiing ter plaatse van bovenkant kolom) wordt de volgende vergelijking voor de verplaatsing op goothoogte toegepast:
 - Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 \cdot h / 150 = 2 \cdot 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
 - Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
- Rekening houdend met de ruitafmetingen :
 - Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
 - Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
 - Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de kopgevelstroken : $B_s = 562.5 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de kopgevel:

$$U_{t1a} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_s} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{562.5} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 65.0 \text{ mm}$$

Extra vervormingscapaciteit t.g.v. horizontale buigstijfheid goten:
 $U_{t1b} = u_{tot} \cdot \frac{\min(40, X \cdot n_{kap})}{120} = 1.1 \cdot \frac{\min(40, 4 \cdot 4)}{120} = 0.1 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing middenvelden:

$$U_{t2} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_r} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{1125.0} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 70.1 \text{ mm}$$

$U_{toel-b} = \min(U_{t1a} + U_{t1b}, U_{t2}) = \min(65.0 + 0.1, 70.1) = 65.2 \text{ mm}$
- Maatgevend :
 - $u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \min(42.7, 65.2, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Stijfheid :
 controle : $1.1 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

4.8.4 Controle kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-42240|}{300652} + \frac{|347|}{9370} = 0.178$$

controle: 0.178 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-42240|}{1148.5} + \frac{|347|}{41.595} = 45.1 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 45.1 / 235.0 = 0.192$$

controle: 0.192 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,d,rel,y} * (|N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 1.47 * (|-42240| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.24 \\ Ky.3 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-42240| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.13 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.24, 1.13) = 1.13 \\ Kz.b &= 0.8 * Ky.b = 0.91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-42240| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 1.13 * |346.8| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.431 + 0.042 = 0.473 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chi_z * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-42240| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.91 * |346.8| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.226 + 0.034 = 0.259 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.473, 0.259) = 0.473$$

controle: 0.473 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

4.8.5 Controle van de poeren (in gebruikstoestand):

a) Berekening van de verticale belasting per poer:

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = 17848 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289)	: Fegk' = 289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 16178)	: Gfund = 16178 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 34314 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Fhk' * (fhp + D + H)	
= 55 * (0.300 + 0.400 + 0.600)	= 72 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 34314 * 0.5 * 0.886	= 15205 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 15277 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -15133 Nm
---	----------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 15277 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -15133 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 34314 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 55 N < 5542 N, dus: voldoet.

$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{0.5 * \text{dpoer} \left(\frac{1}{z} \right)^{1.5}} \right]$	Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z
--	--

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.447$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.447} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.071 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.447 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.071 + 0.017 = 0.088$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.088 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*600 mm voldoen
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

4.9 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

4.9.1 Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	240 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50	=	13824 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =		17848 N
- Windbelasting:		
= 12.80*4.50*((-0.40-0.40)/2-(-0.30))*(1.00 *533)	=	-3067 N
----- +		
In gebruikstoestand: Fvk' = -N' =		14781 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.02 * 140)=	143 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.28 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.02 * 100) =	102 N/m ²	
----- +		
Totaal :	245 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 245 * 12.80 * 4.50	=	14118 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.02 * 70) * 4.50	=	1287 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.02 * 2764)	=	2823 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.02 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =		18228 N
- Windbelasting:		
= 12.80*4.50*((-0.40-0.40)/2-(-0.30))*(1.28 *533)	=	-3911 N
----- +		
In rekentoestand: Fvk = -N =		14317 N

4.9.2 Berekening van het maatgevende moment (My) in de kolommen:

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

$$\text{Kaphoogte} = 3.20/2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} - \text{Wvdek(links)} &= \text{wvfa} + \text{wvfc} + \text{wvfm} * \text{nMkap} + \text{wvfe} = +0.300 - 0.70 - 0.400 * 0 - 0.40 &= -0.800 \\ - \text{Wvdek(rechts)} &= \text{wvfb} + \text{wvfd} + \text{wvfn} * \text{nMkap} + \text{wvff} = -1.000 - 0.50 - 0.400 * 0 - 0.40 &= -1.900 \\ & & \text{-----} - \\ & \text{Horizontale (wind)krachten door asymmetrie: Wvhor} &= +1.100 \end{aligned}$$

Windwrijving:

$$\begin{aligned} - \text{Aantal kappen met krachtcoëfficiënt:} \\ \text{nKapCpf} &= \max(0, \text{nKap} - \text{max.mid.kap}) = \max(0, 4 * 4 - 4) = 12 \\ \text{Cfr,1} &= \text{Cpf,h} * \tan(\alpha) = 0.03 * \tan(30.0) = 0.017 \\ - \text{Wvmid(wind)} &= \text{Cfr,1} * \text{nKapCpf} * \text{bkap} / \text{hKap} = 0.017 * 12 * 3200 / 924 &= +0.720 \\ & & \text{-----} + \\ & \text{Totale horizontale (wind)krachten: Wvdek} &= +1.820 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fhw,dek} &= 1.820 * 1.28 * 533 * 0.92 * 4.50 * 0.72 = 3698 \text{ N} \\ \text{Fhw,dek'} &= 1.820 * 1.00 * 533 * 0.92 * 4.50 * 0.70 = 2834 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fhw,gevel} &= (0.6 + 0.3) * 1.28 * 533 * 3.20 * 4.50 * 0.72 = 6336 \text{ N} \\ \text{Fhw,gevel'} &= (0.6 + 0.3) * 1.00 * 533 * 3.20 * 4.50 * 0.70 = 4854 \text{ N} \end{aligned}$$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

$$\begin{aligned} - \text{wind Fh} &= 3698 + 0.5 * 6336 * 3.2 / (3.2 - 0.10 - 0.45/2) = 7224 \text{ N} \\ - \text{initiële scheefstand: Fh} &= 1/258 * |14317| * 4 = 222 \text{ N} \\ & & \text{-----} + \\ & \text{Totale hor. kracht in spantrichting: Fh,tot} &= 7446 \text{ N} \\ - \text{In gebruikstoestand:} \\ \text{Fh,tot'} &= 5535 + 1/258 * |14781| * 4 = 5764 \text{ N} \\ \text{Fhk'} &= 5764 / (4 + 1) = 1153 \text{ N, Fhk} = 1489 / (4 + 1) = 1489 \text{ N (rekentoestand)} \end{aligned}$$

Het totale maatgevende horizontale moment in de kolommen kan worden berekend door vermenigvuldiging met de effectieve kolomhoogte:

$$- \text{Mh,tot} = 7446 * 2.65 = 19732 \text{ Nm}$$

Het totale moment in spantrichting mag volgens de plasticiteits-theorie worden verdeeld over het aantal kolommen in spantrichting:

$$- \text{My} = 19732 / (4 + 1) = 3946 \text{ Nm}$$

4.9.3 Controle toegestane verplaatsingen in spanrichting:

a) 1e-orde horizontale verplaatsing in spanrichting in gebruikstoestand:

De optredende eerste orde horizontale verplaatsing in spanrichting kan benaderd worden met de onderstaande formule.

$$- u_1 = \frac{F_{h,tot} \cdot (k_{eff})^3}{3 E I_y \cdot (X + 1)} = \frac{5764 \cdot (2650)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 179 E4 \cdot (4 + 1)} = 19.03 \text{ mm}$$

b) Bepaling van de totale horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Vergrotingsfactor in gebruikstoestand:
 - $n_x' = F_{Ex} / N' = 125697 / 14781 = 8.50$
 - $n_x' / (n_x' - 1) = 1.13$
- $u_{tot} = n_x' / (n_x' - 1) \cdot u_1 = 1.13 \cdot 19.03 = 21.56 \text{ mm}$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in spanrichting:

- In relatie tot de kolomhoogte:
 Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 11.1.2 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigingseis van L/150 met een bovengrens van 30 mm. Rekening houdend met de vervormingslijn van de zijgevelspankolom (scharnierend bij de fundatie en een minimale hoekverdraaiing ter plaatse van bovenkant kolom) wordt de volgende vergelijking voor de verplaatsing op goothoogte toegepast:
 - Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 \cdot h / 150 = 2 \cdot 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
 - Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
- Rekening houdend met de ruitafmetingen :
 - Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
 - Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
 - Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de kopgevelstroken : $B_s = 562.5 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de kopgevel:

$$U_{t1a} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_s} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{562.5} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 65.0 \text{ mm}$$

Extra vervormingscapaciteit t.g.v. horizontale buigstijfheid goten:
 $U_{t1b} = u_{tot} \cdot \frac{\min(40, X \cdot n_{kap})}{120} = 21.56 \cdot \frac{\min(40, 4 \cdot 4)}{120} = 2.9 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing middenvelden:

$$U_{t2} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_r} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{1125.0} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 70.1 \text{ mm}$$
- $U_{toel-b} = \min(U_{t1a} + U_{t1b}, U_{t2}) = \min(65.0 + 2.9, 70.1) = 67.9 \text{ mm}$
- Maatgevend :
 - $u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \min(42.7, 67.9, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Stijfheid :
 controle : $21.6 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

4.9.4 Controle kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-14317|}{300652} + \frac{|3946|}{9370} = 0.469$$

controle: 0.469 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-14317|}{1148.5} + \frac{|3946|}{41.595} = 107.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 107.3 / 235.0 = 0.457$$

controle: 0.457 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.90 * (1.0 + (1.47 - 0.2) * (|-14317| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.07$$

$$Ky.3 = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-14317| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.01$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.07, 1.01) = 1.01$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.60$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{(1.00 * M_{y,Rk} / 1.0)} = \frac{|-14317|}{(0.326 * 300652 / 1.0)} + 1.01 * \frac{|3946.5|}{(1.00 * 9370.2 / 1.0)} = 0.146 + 0.423 = 0.569$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{(1.00 * M_{y,Rk} / 1.0)} = \frac{|-14317|}{(0.623 * 300652 / 1.0)} + 0.60 * \frac{|3946.5|}{(1.00 * 9370.2 / 1.0)} = 0.076 + 0.254 = 0.330$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.569, 0.330) = 0.569$$

controle: 0.569 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

4.9.5 Controle van de poeren (in gebruikstoestand):

a) Berekening van de verticale belasting per poer:

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = 14781 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289)	: Fegk' = 289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 16178)	: Gfund = 16178 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 31247 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Fhk' * (fhp + D + H)	
= 1153 * (0.300 + 0.400 + 0.600)	= 1499 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 31247 * 0.5 * 0.886	= 13846 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 15345 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -12347 Nm
---	----------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 15345 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -12347 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 31247 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 1153 N < 5542 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140) = 140 N/m²
 - Gewasbelasting (0.20 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50 = 13824 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 = 2764 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 17848 N
 - Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 17848 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 16178 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 34026 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{34026}{\pi/4 * 1000^2} = 0.043 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 600) = 0.015 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.043 - 0.015 = 0.028 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$

waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{0.5 * \text{dpoer} * \left(\frac{1}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.447$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.447} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.071 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15^{*}365}{1}\right) = 0.010 * 0.447 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.071 + 0.017 = 0.088$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.088 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*600 mm voldoen bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

4.10 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

4.10.1 Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²		
- Sneeuwbelasting (1.00 * 423) =	423 N/m ²		
- Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) =	0 N/m ²		
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²		
----- +			
Totaal :	663 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 663 * 12.80 * 4.50	=	38216 N	
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N	
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N	
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N	
----- +			
Totaal =		42240 N	
- Windbelasting:		0 N	
----- +			
In gebruikstoestand: Fvk' = -N' =		42240 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.02 * 140)=	143 N/m ²		
- Sneeuwbelasting (1.28 * 423) =	540 N/m ²		
- Gewasbel.(winter)(1.28 * 0) =	0 N/m ²		
- Installaties (1.02 * 100) =	102 N/m ²		
----- +			
Totaal :	785 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 785 * 12.80 * 4.50	=	45218 N	
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.02 * 70) * 4.50	=	1287 N	
- Eigen gewicht van het spant = (1.02 * 2764)	=	2823 N	
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.02 * 0	=	0 N	
----- +			
Totaal =		49328 N	
- Windbelasting:		0 N	
----- +			
In rekentoestand: Fvk = -N =		49328 N	

4.10.2 Berekening van het maatgevende moment (M_y) in de kolommen:

Alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand speelt een rol:

- initiële scheefstand:

- in rekentoestand: $F_{h,tot} = 1/258 * |49328| * 4 = 764$ N
- in gebruikstoestand: $F_{h,tot}' = 1/258 * |42240| * 4 = 654$ N

$F_{hk}' = 654 / (4 + 1) = 131$ N, $F_{hk} = 153 / (4 + 1) = 153$ N (rekentoestand)

Het totale maatgevende horizontale moment in de kolommen kan worden berekend door vermenigvuldiging met de effectieve kolomhoogte:

- $M_{h,tot} = 764 * 2.65 = 2025$ Nm

Het totale moment in spantrichting mag volgens de plasticiteits-theorie worden verdeeld over het aantal kolommen in spantrichting:

- $M_y = 2025 / (4 + 1) = 405$ Nm

4.10.3 Controle toegestane verplaatsingen in spanrichting:

a) 1e-orde horizontale verplaatsing in spanrichting in gebruikstoestand:

De optredende eerste orde horizontale verplaatsing in spanrichting kan benaderd worden met de onderstaande formule.

$$u_1 = \frac{F_{h,tot} \cdot (k_{eff})^3}{3 E I_y \cdot (X + 1)} = \frac{654 \cdot (2650)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 179 \cdot E4 \cdot (4 + 1)} = 2.16 \text{ mm}$$

b) Bepaling van de totale horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Vergrotingsfactor in gebruikstoestand:
 - $n_x' = F_{Ex} / N' = 125697 / 42240 = 2.98$
 - $n_x' / (n_x' - 1) = 1.51$
- $u_{tot} = n_x' / (n_x' - 1) \cdot u_1 = 1.51 \cdot 2.16 = 3.25 \text{ mm}$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in spanrichting:

- In relatie tot de kolomhoogte:
 Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 11.1.2 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigingseis van L/150 met een bovengrens van 30 mm. Rekening houdend met de vervormingslijn van de zijgevelspankolom (scharnierend bij de fundatie en een minimale hoekverdraaiing ter plaatse van bovenkant kolom) wordt de volgende vergelijking voor de verplaatsing op goothoogte toegepast:
 - Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 \cdot h / 150 = 2 \cdot 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
 - Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
- Rekening houdend met de ruitafmetingen :
 - Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
 - Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
 - Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de kopgevelstroken : $B_s = 562.5 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de kopgevel:

$$U_{t1a} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_s} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{562.5} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 65.0 \text{ mm}$$

Extra vervormingscapaciteit t.g.v. horizontale buigstijfheid goten:
 $U_{t1b} = u_{tot} \cdot \frac{\min(40, X \cdot n_{kap})}{120} = 3.3 \cdot \frac{\min(40, 4 \cdot 4)}{120} = 0.4 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing middenvelden:

$$U_{t2} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_r} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{1125.0} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 70.1 \text{ mm}$$
- $U_{toel-b} = \min(U_{t1a} + U_{t1b}, U_{t2}) = \min(65.0 + 0.4, 70.1) = 65.5 \text{ mm}$
- Maatgevend :
 - $u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \min(42.7, 65.5, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Stijfheid :
 controle : $3.3 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

4.10.4 Controle kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-49328|}{300652} + \frac{|405|}{9370} = 0.207$$

controle: $0.207 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-49328|}{1148.5} + \frac{|405|}{41.595} = 52.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 52.7 / 235.0 = 0.224$$

controle: $0.224 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,d,rel,y} * (|N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 1.47 * (|-49328| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.30 \\ Ky.3 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-49328| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.17 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.30, 1.17) = 1.17 \\ Kz.b &= 0.8 * Ky.b = 0.94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-49328| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 1.17 * |405| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.503 + 0.051 = 0.554 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chi_z * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-49328| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.94 * |405| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.264 + 0.041 = 0.304 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.554, 0.304) = 0.554$$

controle: $0.554 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

4.10.5 Controle van de poeren (in gebruikstoestand):

a) Berekening van de verticale belasting per poer:

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = 42240 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289)	: Fegk' = 289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 16178)	: Gfund = 16178 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 58707 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Fhk' * (fhp + D + H)	
= 131 * (0.300 + 0.400 + 0.600)	= 170 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 58707 * 0.5 * 0.886	= 26014 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 26184 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -25844 Nm
---	----------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 26184 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -25844 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 58707 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 131 N < 5542 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140) = 140 N/m²
 - Gewasbelasting (0.20 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50 = 13824 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 = 2764 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 17848 N
 - Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 17848 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 16178 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 34026 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{34026}{\pi/4 * 1000^2} = 0.043 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 600) = 0.015 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.043 - 0.015 = 0.028 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$

waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{0.5 * \text{dpoer} * \left(\frac{1}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.447$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.447} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.071 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.447 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.071 + 0.017 = 0.088$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.088 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*600 mm voldoen bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

4.11 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

4.11.1 Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
	----- +	
Totaal =		12088 N
- Windbelasting:		
= 12.80*4.50*((-0.40-0.40)/2-(+0.20))*(1.00 *533)	=	-18404 N
	----- +	
In gebruikstoestand: Fvk' = -N'	=	-6316 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
	----- +	
Totaal =		12088 N
- Windbelasting:		
= 12.80*4.50*((-0.40-0.40)/2-(+0.20))*(1.28 *533)	=	-23465 N
	----- +	
In rekentoestand: Fvk = -N	=	-11377 N

4.11.2 Berekening van het maatgevende moment (My) in de kolommen:

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

$$\text{Kaphoogte} = 3.20/2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} - \text{Wvdek(links)} &= \text{wvfa} + \text{wvfc} + \text{wvfm} * \text{nMkap} + \text{wvfe} = +0.300 - 0.70 - 0.400 * 0 - 0.40 &= -0.800 \\ - \text{Wvdek(rechts)} &= \text{wvfb} + \text{wvfd} + \text{wvfn} * \text{nMkap} + \text{wvff} = -1.000 - 0.50 - 0.400 * 0 - 0.40 &= -1.900 \\ & & \text{-----} - \\ & \text{Horizontale (wind)krachten door asymmetrie: Wvhor} &= +1.100 \end{aligned}$$

Windwrijving:

$$\begin{aligned} - \text{Aantal kappen met krachtcoëfficiënt:} \\ \text{nKapCpf} &= \max(0, \text{nKap} - \text{max.mid.kap}) = \max(0, 4 * 4 - 4) = 12 \\ \text{Cfr,1} &= \text{Cpf,h} * \tan(\alpha) = 0.03 * \tan(30.0) = 0.017 \\ - \text{Wvmid(wind)} &= \text{Cfr,1} * \text{nKapCpf} * \text{bkap} / \text{hKap} = 0.017 * 12 * 3200 / 924 &= +0.720 \\ & & \text{-----} + \\ & \text{Totale horizontale (wind)krachten: Wvdek} &= +1.820 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fhw,dek} &= 1.820 * 1.28 * 533 * 0.92 * 4.50 * 0.72 = 3698 \text{ N} \\ \text{Fhw,dek'} &= 1.820 * 1.00 * 533 * 0.92 * 4.50 * 0.70 = 2834 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fhw,gevel} &= (0.6 + 0.3) * 1.28 * 533 * 3.20 * 4.50 * 0.72 = 6336 \text{ N} \\ \text{Fhw,gevel'} &= (0.6 + 0.3) * 1.00 * 533 * 3.20 * 4.50 * 0.70 = 4854 \text{ N} \end{aligned}$$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

$$\begin{aligned} - \text{wind Fh} &= 3698 + 0.5 * 6336 * 3.2 / (3.2 - 0.10 - 0.45/2) = 7224 \text{ N} \\ - \text{initiële scheefstand: Fh} &= 1/258 * |-11377| * 4 = 176 \text{ N} \\ & & \text{-----} + \\ & \text{Totale hor. kracht in spantrichting: Fh,tot} &= 7401 \text{ N} \\ - \text{In gebruikstoestand:} \\ \text{Fh,tot'} &= 5535 + 1/258 * |-6316| * 4 = 5633 \text{ N} \\ \text{Fhk'} &= 5633 / (4 + 1) = 1127 \text{ N, Fhk} = 1480 / (4 + 1) = 1480 \text{ N (rekentoestand)} \end{aligned}$$

Het totale maatgevende horizontale moment in de kolommen kan worden berekend door vermenigvuldiging met de effectieve kolomhoogte:

$$- \text{Mh,tot} = 7401 * 2.65 = 19612 \text{ Nm}$$

Het totale moment in spantrichting mag volgens de plasticiteits-theorie worden verdeeld over het aantal kolommen in spantrichting:

$$- \text{My} = 19612 / (4 + 1) = 3922 \text{ Nm}$$

4.11.3 Controle toegestane verplaatsingen in spanrichting:

a) 1e-orde horizontale verplaatsing in spanrichting in gebruikstoestand:

De optredende eerste orde horizontale verplaatsing in spanrichting kan benaderd worden met de onderstaande formule.

$$- u_1 = \frac{F_{h,tot} \cdot (k_{eff})^3}{3 E I_y \cdot (X + 1)} = \frac{5633 \cdot (2650)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 179 \cdot E4 \cdot (4 + 1)} = 18.59 \text{ mm}$$

b) Bepaling van de totale horizontale verplaatsing in spanrichting:

Aangezien de kolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0; dus:

$$- u_{tot} = u_1 = 18.59 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in spanrichting:

- In relatie tot de kolomhoogte:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 11.1.2 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigingseis van L/150 met een bovengrens van 30 mm. Rekening houdend met de vervormingslijn van de zijgevelspantkolom (scharnierend bij de fundatie en een minimale hoekverdraaiing ter plaatse van bovenkant kolom) wordt de volgende vergelijking voor de verplaatsing op goothoogte toegepast:

$$- \text{Maximale verplaatsing } u_{toel-a} = 2 \cdot h / 150 = 2 \cdot 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$$

$$- \text{Absolute grenswaarde } u_{max} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

- Rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de kopgevelstroken : $B_s = 562.5 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de kopgevel:

$$U_{t1a} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_s} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{2 \cdot 4500}{1789.8} = (2.0 + 7.5) \cdot \frac{4500}{562.5 \cdot 1789.8} = 65.0 \text{ mm}$$

Extra vervormingscapaciteit t.g.v. horizontale buigstijfheid goten:

$$U_{t1b} = u_{tot} \cdot \frac{\text{MIN}(40, X \cdot n_{kap})}{120} = 18.6 \cdot \frac{\text{MIN}(40, 4 \cdot 4)}{120} = 2.5 \text{ mm}$$

- toelaatbare verplaatsing middenvelden:

$$U_{t2} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_r} \cdot \frac{2 \cdot 4500}{L_r} \right) = (2.0 + 7.5) \cdot \frac{2 \cdot 4500}{1125.0 \cdot 1789.8} = 70.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = \text{MIN}(U_{t1a} + U_{t1b}, U_{t2}) = \text{MIN}(65.0 + 2.5, 70.1) = 67.5 \text{ mm}$$

- Maatgevend :

$$- u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \text{MIN}(42.7, 67.5, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Stijfheid :

controle : $18.6 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

4.11.4 Controle kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|11377|}{300652} + \frac{|3922|}{9370} = 0.456$$

controle: $0.456 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|11377|}{1148.5} + \frac{|3922|}{41.595} = 104.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 104.2 / 235.0 = 0.443$$

controle: $0.443 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

4.11.5 Controle van de poeren (in gebruikstoestand):

a) Berekening van de verticale belasting per poer:

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = -6316 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289)	: Fegk' = 289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 16178)	: Gfund = 16178 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 10150 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Fhk' * (fhp + D + H)	
= 1127 * (0.300 + 0.400 + 0.600)	= 1465 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 10150 * 0.5 * 0.886	= 4498 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 5962 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -3033 Nm
---	---------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 5962 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -3033 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 10150 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 1127 N < 5542 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m²
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50 = 8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 = 2764 N

----- +
 Totaal Fsvd1 = 12088 N

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 12088 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 16178 N
- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 28266 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{28266}{\pi/4 * 1000^2} = 0.036 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 600) = 0.015 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.036 - 0.015 = 0.021 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$
 waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.429$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.429} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.057 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.429 * 3.738 = 0.016 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.057 + 0.016 = 0.073$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.073 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*600 mm voldoen
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

4.12 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

4.12.1 Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
		----- +
Totaal =		12088 N
- Windbelasting:		
= 12.80*4.50*((-0.40-0.40)/2-(+0.20))*(1.00 *533)	=	-18404 N
		----- +
In gebruikstoestand: Fvk' = -N'	=	-6316 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
		----- +
Totaal =		12088 N
- Windbelasting:		
= 12.80*4.50*((-0.40-0.40)/2-(+0.20))*(1.28 *533)	=	-23465 N
		----- +
In rekentoestand: Fvk = -N	=	-11377 N

4.12.2 Berekening van het maatgevende moment (My) in de kolommen:

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

$$\text{Kaphoogte} = 3.20/2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} - \text{Wvdek(links)} &= \text{wvfa} + \text{wvfc} + \text{wvfm} * \text{nMkap} + \text{wvfe} = +0.300 - 0.70 - 0.400 * 0 - 0.40 &= -0.800 \\ - \text{Wvdek(rechts)} &= \text{wvfb} + \text{wvfd} + \text{wvfn} * \text{nMkap} + \text{wvff} = -1.000 - 0.50 - 0.400 * 0 - 0.40 &= -1.900 \\ & & \text{-----} - \\ & \text{Horizontale (wind)krachten door asymmetrie: Wvhor} &= +1.100 \end{aligned}$$

Windwrijving:

$$\begin{aligned} - \text{Aantal kappen met krachtcoëfficiënt:} \\ \text{nKapCpf} &= \max(0, \text{nKap} - \text{max.mid.kap}) = \max(0, 4 * 4 - 4) = 12 \\ \text{Cfr,1} &= \text{Cpf,h} * \tan(\alpha) = 0.03 * \tan(30.0) = 0.017 \\ - \text{Wvmid(wind)} &= \text{Cfr,1} * \text{nKapCpf} * \text{bkap} / \text{hKap} = 0.017 * 12 * 3200 / 924 &= +0.720 \\ & & \text{-----} + \\ & \text{Totale horizontale (wind)krachten: Wvdek} &= +1.820 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fhw,dek} &= 1.820 * 1.28 * 533 * 0.92 * 4.50 * 0.72 = 3698 \text{ N} \\ \text{Fhw,dek'} &= 1.820 * 1.00 * 533 * 0.92 * 4.50 * 0.70 = 2834 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fhw,gevel} &= (0.6 + 0.3) * 1.28 * 533 * 3.20 * 4.50 * 0.72 = 6336 \text{ N} \\ \text{Fhw,gevel'} &= (0.6 + 0.3) * 1.00 * 533 * 3.20 * 4.50 * 0.70 = 4854 \text{ N} \end{aligned}$$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

$$\begin{aligned} - \text{wind Fh} &= 3698 + 0.5 * 6336 * 3.2 / (3.2 - 0.10 - 0.45/2) = 7224 \text{ N} \\ - \text{initiële scheefstand: Fh} &= 1/258 * |-11377| * 4 = 176 \text{ N} \\ & & \text{-----} + \\ & \text{Totale hor. kracht in spantrichting: Fh,tot} &= 7401 \text{ N} \\ - \text{In gebruikstoestand:} \\ \text{Fh,tot'} &= 5535 + 1/258 * |-6316| * 4 = 5633 \text{ N} \\ \text{Fhk'} &= 5633 / (4 + 1) = 1127 \text{ N, Fhk} = 1480 / (4 + 1) = 1480 \text{ N (rekentoestand)} \end{aligned}$$

Het totale maatgevende horizontale moment in de kolommen kan worden berekend door vermenigvuldiging met de effectieve kolomhoogte:

$$- \text{Mh,tot} = 7401 * 2.65 = 19612 \text{ Nm}$$

Het totale moment in spantrichting mag volgens de plasticiteits-theorie worden verdeeld over het aantal kolommen in spantrichting:

$$- \text{My} = 19612 / (4 + 1) = 3922 \text{ Nm}$$

4.12.3 Controle toegestane verplaatsingen in spanrichting:

a) 1e-orde horizontale verplaatsing in spanrichting in gebruikstoestand:

De optredende eerste orde horizontale verplaatsing in spanrichting kan benaderd worden met de onderstaande formule.

$$- u_1 = \frac{F_{h,tot} \cdot (k_{eff})^3}{3 E I_y \cdot (X + 1)} = \frac{5633 \cdot (2650)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 179 \cdot E4 \cdot (4 + 1)} = 18.59 \text{ mm}$$

b) Bepaling van de totale horizontale verplaatsing in spanrichting:

Aangezien de kolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0; dus:

$$- u_{tot} = u_1 = 18.59 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in spanrichting:

- In relatie tot de kolomhoogte:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 11.1.2 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigingseis van L/150 met een bovengrens van 30 mm. Rekening houdend met de vervormingslijn van de zijgevelspantkolom (scharnierend bij de fundatie en een minimale hoekverdraaiing ter plaatse van bovenkant kolom) wordt de volgende vergelijking voor de verplaatsing op goothoogte toegepast:

$$- \text{Maximale verplaatsing } u_{toel-a} = 2 \cdot h / 150 = 2 \cdot 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$$

$$- \text{Absolute grenswaarde } u_{max} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

- Rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de kopgevelstroken : $B_s = 562.5 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de kopgevel:

$$U_{t1a} = (S_r + S_n \cdot \frac{L_r}{B_s}) \cdot \frac{L_r}{L_r} = (2.0 + 7.5 \cdot \frac{1789.8}{562.5}) \cdot \frac{4500}{1789.8} = 65.0 \text{ mm}$$

Extra vervormingscapaciteit t.g.v. horizontale buigstijfheid goten:

$$U_{t1b} = u_{tot} \cdot \text{MIN}(40, X \cdot n_{kap}) / 120 = 18.6 \cdot \text{MIN}(40, 4 \cdot 4) / 120 = 2.5 \text{ mm}$$

- toelaatbare verplaatsing middenvelden:

$$U_{t2} = (S_r + S_n \cdot \frac{L_r}{B_r}) \cdot \frac{L_r}{L_r} = (2.0 + 7.5 \cdot \frac{1789.8}{1125.0}) \cdot \frac{2 \cdot 4500}{1789.8} = 70.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = \text{MIN}(U_{t1a} + U_{t1b}, U_{t2}) = \text{MIN}(65.0 + 2.5, 70.1) = 67.5 \text{ mm}$$

- Maatgevend :

$$- u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \text{MIN}(42.7, 67.5, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Stijfheid :

controle : $18.6 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

4.12.4 Controle kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|11377|}{300652} + \frac{|3922|}{9370} = 0.456$$

controle: $0.456 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|11377|}{1148.5} + \frac{|3922|}{41.595} = 104.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 104.2 / 235.0 = 0.443$$

controle: $0.443 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

4.12.5 Controle van de poeren (in gebruikstoestand):

a) Berekening van de verticale belasting per poer:

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = -6316 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289)	: Fegk' = 289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 16178)	: Gfund = 16178 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 10150 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Fhk' * (fhp + D + H)	
= 1127 * (0.300 + 0.400 + 0.600)	= 1465 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 10150 * 0.5 * 0.886	= 4498 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 5962 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -3033 Nm
---	---------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 5962 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -3033 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 10150 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 1127 N < 5542 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m²
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50 = 8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 = 2764 N

----- +
 Totaal Fsvd1 = 12088 N

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 12088 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 16178 N
- +
- Vert. belasting per : Fsvd = 28266 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{28266}{\pi/4 * 1000^2} = 0.036 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 600) = 0.015 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.036 - 0.015 = 0.021 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$
 waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.429$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.429} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.057 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.429 * 3.738 = 0.016 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.057 + 0.016 = 0.073$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.073 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*600 mm voldoen
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay down wind)

4.13 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

4.13.1 Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N	
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N	
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N	
			----- +
	Totaal =	12088 N	
- Windbelasting:			
= 12.80*4.50*((-0.40-0.50)/2-(-0.30))*(1.00 *533)	=	-4601 N	
			----- +
In gebruikstoestand: Fvk' = -N'	=	7487 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.02 * 140)=	143 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 143 * 12.80 * 4.50	=	8236 N	
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.02 * 70) * 4.50	=	1287 N	
- Eigen gewicht van het spant = (1.02 * 2764)	=	2823 N	
			----- +
	Totaal =	12345 N	
- Windbelasting:			
= 12.80*4.50*((-0.40-0.50)/2-(-0.30))*(1.28 *533)	=	-5866 N	
			----- +
In rekentoestand: Fvk = -N	=	6479 N	

4.13.2 Berekening van het maatgevende moment (My) in de kolommen:

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

$$\text{Kaphoogte} = 3.20/2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} - \text{Wvdek(links)} &= \text{wvfa} + \text{wvfc} + \text{wvfm} * \text{nMkap} + \text{wvfe} = -1.070 - 0.70 - 0.400 * 0 - 0.40 &= -2.170 \\ - \text{Wvdek(rechts)} &= \text{wvfb} + \text{wvfd} + \text{wvfn} * \text{nMkap} + \text{wvff} = -1.000 - 0.50 - 0.500 * 0 - 0.40 &= -1.900 \\ & &= -0.270 \end{aligned}$$

Horizontale (wind)krachten door asymmetrie: Wvhor

Windwrijving:

$$\begin{aligned} - \text{Aantal kappen met krachtcoëfficiënt:} \\ \text{nKapCpf} &= \max(0, \text{nKap} - \text{max.mid.kap}) = \max(0, 4*4 - 4) = 12 \\ \text{Cfr,1} &= \text{Cpf,h} * \tan(\alpha) = 0.03 * \tan(30.0) = 0.017 \\ - \text{Wvmid(wind)} &= \text{Cfr,1} * \text{nKapCpf} * \text{bkap} / \text{hkap} = 0.017 * 12 * 3200 / 924 &= +0.720 \\ & &= +0.450 \end{aligned}$$

Totale horizontale (wind)krachten: Wvdek

$$\begin{aligned} \text{Fhw,dek} &= 0.450 * 1.28 * 533 * 0.92 * 4.50 * 0.72 = 914 \text{ N} \\ \text{Fhw,dek'} &= 0.450 * 1.00 * 533 * 0.92 * 4.50 * 0.70 = 701 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fhw,gevel} &= (0.6 + 0.3) * 1.28 * 533 * 3.20 * 4.50 * 0.72 = 6336 \text{ N} \\ \text{Fhw,gevel'} &= (0.6 + 0.3) * 1.00 * 533 * 3.20 * 4.50 * 0.70 = 4854 \text{ N} \end{aligned}$$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

$$\begin{aligned} - \text{wind Fh} &= 914 + 0.5 * 6336 * 3.2 / (3.2 - 0.10 - 0.45/2) = 4440 \text{ N} \\ - \text{initiële scheefstand: Fh} &= 1/258 * |6479| * 4 = 100 \text{ N} \\ & &= 4541 \text{ N} \end{aligned}$$

Totale hor. kracht in spantrichting: Fh,tot = 4541 N

- In gebruikstoestand:

$$\begin{aligned} \text{Fh,tot'} &= 3402 + 1/258 * |7487| * 4 = 3518 \text{ N} \\ \text{Fhk'} &= 3518 / (4 + 1) = 704 \text{ N}, \text{ Fhk} = 908 / (4 + 1) = 908 \text{ N (rekentoestand)} \end{aligned}$$

Het totale maatgevende horizontale moment in de kolommen kan worden berekend door vermenigvuldiging met de effectieve kolomhoogte:

$$- \text{Mh,tot} = 4541 * 2.65 = 12033 \text{ Nm}$$

Het totale moment in spantrichting mag volgens de plasticiteits-theorie worden verdeeld over het aantal kolommen in spantrichting:

$$- \text{My} = 12033 / (4 + 1) = 2407 \text{ Nm}$$

4.13.3 Controle toegestane verplaatsingen in spanrichting:

a) 1e-orde horizontale verplaatsing in spanrichting in gebruikstoestand:

De optredende eerste orde horizontale verplaatsing in spanrichting kan benaderd worden met de onderstaande formule.

$$u_1 = \frac{F_{h,tot} \cdot (k_{eff})^3}{3 E I_y \cdot (X + 1)} = \frac{3518 \cdot (2650)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 179 \cdot E4 \cdot (4 + 1)} = 11.61 \text{ mm}$$

b) Bepaling van de totale horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Vergrotingsfactor in gebruikstoestand:
 - $n_x' = F_{Ex} / N' = 125697 / 7487 = 16.79$
 - $n_x' / (n_x' - 1) = 1.06$
- $u_{tot} = n_x' / (n_x' - 1) \cdot u_1 = 1.06 \cdot 11.61 = 12.35 \text{ mm}$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in spanrichting:

- In relatie tot de kolomhoogte:
 Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 11.1.2 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigingseis van L/150 met een bovengrens van 30 mm. Rekening houdend met de vervormingslijn van de zijgevelspankolom (scharnierend bij de fundatie en een minimale hoekverdraaiing ter plaatse van bovenkant kolom) wordt de volgende vergelijking voor de verplaatsing op goothoogte toegepast:
 - Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 \cdot h / 150 = 2 \cdot 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
 - Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
- Rekening houdend met de ruitafmetingen :
 - Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
 - Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
 - Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de kopgevelstroken : $B_s = 562.5 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de kopgevel:

$$U_{t1a} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_s} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{562.5} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 65.0 \text{ mm}$$

Extra vervormingscapaciteit t.g.v. horizontale buigstijfheid goten:
 $U_{t1b} = u_{tot} \cdot \text{MIN}(40, X \cdot n_{kap}) / 120 = 12.3 \cdot \text{MIN}(40, 4 \cdot 4) / 120 = 1.6 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing middenvelden:

$$U_{t2} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_r} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{1125.0} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 70.1 \text{ mm}$$

$U_{toel-b} = \text{MIN}(U_{t1a} + U_{t1b}, U_{t2}) = \text{MIN}(65.0 + 1.6, 70.1) = 66.7 \text{ mm}$
- Maatgevend :
 - $u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \text{MIN}(42.7, 66.7, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Stijfheid :
 controle : $12.3 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

4.13.4 Controle kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-6479|}{300652} + \frac{|2407|}{9370} = 0.278$$

controle: $0.278 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-6479|}{1148.5} + \frac{|2407|}{41.595} = 63.5 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 63.5 / 235.0 = 0.270$$

controle: $0.270 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.90 * (1.0 + (1.47 - 0.2) * (|-6479| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 0.98$$

$$Ky.3 = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-6479| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 0.95$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.98, 0.95) = 0.95$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.57$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{(1.00 * M_{y,Rk} / 1.0)} = \frac{|-6479|}{(0.326 * 300652 / 1.0)} + 0.95 * \frac{|2406.6|}{(1.00 * 9370.2 / 1.0)} = 0.066 + 0.243 = 0.309$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{(1.00 * M_{y,Rk} / 1.0)} = \frac{|-6479|}{(0.623 * 300652 / 1.0)} + 0.57 * \frac{|2406.6|}{(1.00 * 9370.2 / 1.0)} = 0.035 + 0.146 = 0.181$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.309, 0.181) = 0.309$$

controle: $0.309 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

4.13.5 Controle van de poeren (in gebruikstoestand):

a) Berekening van de verticale belasting per poer:

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	7487 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289)	: Fegk' =	289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 16178)	: Gfund =	16178 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	23953 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Fhk' * (fhp + D + H)	
= 704 * (0.300 + 0.400 + 0.600)	= 915 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 23953 * 0.5 * 0.886	= 10614 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 11529 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -9699 Nm
---	---------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 11529 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -9699 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 23953 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 704 N < 5542 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50 = 8064 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 = 2764 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 12088 N

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 12088 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 16178 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 28266 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{28266}{\pi/4 * 1000^2} = 0.036 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 600) = 0.015 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.036 - 0.015 = 0.021 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$
 waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.429$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.429} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.057 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15^{*}365}{1}\right) = 0.010 * 0.429 * 3.738 = 0.016 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.057 + 0.016 = 0.073$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.073 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*600 mm voldoen
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

4.14 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

4.14.1 Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
	----- +	
Totaal =		12088 N

- Windbelasting:
 = 12.80*4.50*((-0.36-0.36)/2-(+0.20))*(1.00 *533) = -17042 N

----- + (* 1.00)

In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = -4953 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
	----- +	
Totaal =		12088 N

- Windbelasting:
 = 12.80*4.50*((-0.36-0.36)/2-(+0.20))*(1.28 *533) = -21728 N

----- + (* 1.00)

In rekentoestand: Fvk = -N = -9640 N

- Windfactor voor windzuiging kasdek, wind op de kopgevel:

formule: $C_p(x) = -0.2 - 1.2e^{(-1.5x/h)} * C_s$ (ve= 4.500 m, v= 4.500 m, h= 3.500 m)

Cpe = 0.5*(Cp(ve*0.75) + Cp(ve+v*0.25)) * 0.9 = -0.36

Fvk' en Fvk gecorrigeerd met factor: $(v+ve)/(2*v) = (4.500 + 4.500)/(2*4.500) = 1.00$

4.14.2 Berekening van het maatgevende moment (My) in de kolommen:

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

$$\text{Kaphoogte} = 3.20/2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} - \text{Wvdek(links)} &= \text{wvfa} + \text{wvfc} + \text{wvfm} * \text{nMkap} + \text{wvfe} = -0.356 - 0.36 - 0.356 * 0 - 0.36 &= -1.067 \\ - \text{Wvdek(rechts)} &= \text{wvfb} + \text{wvfd} + \text{wvfn} * \text{nMkap} + \text{wvff} = -0.356 - 0.36 - 0.356 * 0 - 0.36 &= -1.067 \\ & & \text{-----} - \\ & \text{Horizontale (wind)krachten door asymmetrie: Wvhor} &= +0.000 \end{aligned}$$

Windwrijving:

$$\begin{aligned} - \text{Aantal kappen met krachtcoëfficiënt:} \\ \text{nKapCpf} &= \max(0, \text{nKap} - \text{max.mid.kap}) = \max(0, 4 * 4 - 4) = 12 \\ \text{Cfr,1} &= \text{Cpf,h} * \tan(\alpha) = 0.03 * \tan(30.0) = 0.017 \\ - \text{Wvmid(wind)} &= \text{Cfr,1} * \text{nKapCpf} * \text{bkap} / \text{hkap} = 0.017 * 12 * 3200 / 924 &= +0.000 \\ & & \text{-----} + \\ & \text{Totale horizontale (wind)krachten: Wvdek} &= +0.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fhw,dek} &= 0.000 * 1.28 * 533 * 0.92 * 4.50 * 0.72 = 0 \quad \text{N} \\ \text{Fhw,dek'} &= 0.000 * 1.00 * 533 * 0.92 * 4.50 * 0.70 = 0 \quad \text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fhw,gevel} &= (0.6 + 0.3) * 1.28 * 533 * 3.20 * 4.50 * 0.72 = 6336 \quad \text{N} \\ \text{Fhw,gevel'} &= (0.6 + 0.3) * 1.00 * 533 * 3.20 * 4.50 * 0.70 = 4854 \quad \text{N} \end{aligned}$$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

$$\begin{aligned} - \text{wind Fh} &= 0 + 0.5 * 6336 * 3.2 / (3.2 - 0.10 - 0.45/2) = 3526 \quad \text{N} \\ - \text{initiële scheefstand: Fh} &= 1/258 * |-9640| * 4 = 149 \quad \text{N} \\ & & \text{-----} + \\ & \text{Totale hor. kracht in spantrichting: Fh,tot} &= 3675 \quad \text{N} \\ - \text{In gebruikstoestand:} \\ \text{Fh,tot'} &= 2702 + 1/258 * |-4953| * 4 = 2778 \quad \text{N} \\ \text{Fhk'} &= 2778 / (4 + 1) = 556 \quad \text{N, Fhk} = 735 / (4 + 1) = 735 \quad \text{N (rekentoestand)} \end{aligned}$$

Het totale maatgevende horizontale moment in de kolommen kan worden berekend door vermenigvuldiging met de effectieve kolomhoogte:

$$- \text{Mh,tot} = 3675 * 2.65 = 9739 \quad \text{Nm}$$

Het totale moment in spantrichting mag volgens de plasticiteits-theorie worden verdeeld over het aantal kolommen in spantrichting:

$$- \text{My} = 9739 / (4 + 1) = 1948 \quad \text{Nm}$$

4.14.3 Controle toegestane verplaatsingen in spanrichting:

a) 1e-orde horizontale verplaatsing in spanrichting in gebruikstoestand:

De optredende eerste orde horizontale verplaatsing in spanrichting kan benaderd worden met de onderstaande formule.

$$- u_1 = \frac{F_{h,tot} \cdot (k_{eff})^3}{3 E I_y \cdot (X + 1)} = \frac{2778 \cdot (2650)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 179 \cdot E4 \cdot (4 + 1)} = 9.17 \text{ mm}$$

b) Bepaling van de totale horizontale verplaatsing in spanrichting:

Aangezien de kolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0; dus:

$$- u_{tot} = u_1 = 9.17 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in spanrichting:

- In relatie tot de kolomhoogte:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 11.1.2 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigingseis van L/150 met een bovengrens van 30 mm. Rekening houdend met de vervormingslijn van de zijgevelspantkolom (scharnierend bij de fundatie en een minimale hoekverdraaiing ter plaatse van bovenkant kolom) wordt de volgende vergelijking voor de verplaatsing op goothoogte toegepast:

$$- \text{Maximale verplaatsing } u_{toel-a} = 2 \cdot h / 150 = 2 \cdot 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$$

$$- \text{Absolute grenswaarde } u_{max} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

- Rekening houdend met de ruitafmetingen :

$$\begin{aligned} - \text{Vereiste min. speling bovenkant ruit} &: S_n = 7.5 \text{ mm} \\ - \text{Vereiste min. speling zijkant ruit} &: S_r = 2.0 \text{ mm} \\ - \text{Lengte van de hele dekruiten} &: L_r = 1789.8 \text{ mm} \\ - \text{Ruitbreedte in de middenvelden} &: B_r = 1125.0 \text{ mm} \\ - \text{Ruitbreedte in de kopgevelstroken} &: B_s = 562.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de kopgevel:

$$U_{t1a} = \frac{(S_r + S_n) \cdot \frac{L_r}{B_s} \cdot \frac{2 \cdot \text{vak}}{L_r}}{B_s} = (2.0 + 7.5 \cdot \frac{1789.8}{562.5}) \cdot \frac{4500}{1789.8} = 65.0 \text{ mm}$$

Extra vervormingscapaciteit t.g.v. horizontale buigstijfheid goten:

$$U_{t1b} = u_{tot} \cdot \text{MIN}(40, X \cdot n_{kap}) / 120 = 9.2 \cdot \text{MIN}(40, 4 \cdot 4) / 120 = 1.2 \text{ mm}$$

- toelaatbare verplaatsing middenvelden:

$$U_{t2} = \frac{(S_r + S_n) \cdot \frac{L_r}{B_r} \cdot \frac{2 \cdot \text{vak}}{L_r}}{B_r} = (2.0 + 7.5 \cdot \frac{1789.8}{1125.0}) \cdot \frac{2 \cdot 4500}{1789.8} = 70.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = \text{MIN}(U_{t1a} + U_{t1b}, U_{t2}) = \text{MIN}(65.0 + 1.2, 70.1) = 66.3 \text{ mm}$$

- Maatgevend :

$$- u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \text{MIN}(42.7, 66.3, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Stijfheid :

$$\text{controle} : 9.2 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}, \text{ dus: stijfheid voldoet.}$$

4.14.4 Controle kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|9640|}{300652} + \frac{|1948|}{9370} = 0.240$$

controle: $0.240 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|9640|}{1148.5} + \frac{|1948|}{41.595} = 55.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 55.2 / 235.0 = 0.235$$

controle: $0.235 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

4.14.5 Controle van de poeren (in gebruikstoestand):

a) Berekening van de verticale belasting per poer:

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = -4953 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289)	: Fegk' = 289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 16178)	: Gfund = 16178 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 11513 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Fhk' * (fhp + D + H)	
= 556 * (0.300 + 0.400 + 0.600)	= 722 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 11513 * 0.5 * 0.886	= 5101 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 5824 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -4379 Nm
---	---------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 5824 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -4379 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 11513 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 556 N < 5542 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m²
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50 = 8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 = 2764 N

----- +
 Totaal Fsvd1 = 12088 N

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 12088 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 16178 N
- +
- Vert. belasting per : Fsvd = 28266 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{28266}{\pi/4 * 1000^2} = 0.036 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 600) = 0.015 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.036 - 0.015 = 0.021 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$
 waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.429$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{2.3}{2.3}} * \int_0^{0.429} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.057 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.429 * 3.738 = 0.016 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.057 + 0.016 = 0.073$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.073 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*600 mm voldoen
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

4.15 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

4.15.1 Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)= 140 N/m²
 - Gewasbelasting (1.00 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50 = 13824 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50 = 1260 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764) = 2764 N
 - Gewicht kasdekreiniger = (1.00 * 2750 * (2*4-1)/4) = 4813 N
 - Transportlast = 1.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0 = 1250 N
 ----- +
 Totaal = 23911 N
 - Windbelasting: 0 N
 ----- +
 In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 23911 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.15 * 140)= 161 N/m²
 - Gewasbelasting (1.28 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.15 * 100) = 115 N/m²
 ----- +
 Totaal : 275 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 275 * 12.80 * 4.50 = 15863 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.15 * 70) * 4.50 = 1446 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.15 * 2764) = 3172 N
 - Gewicht kasdekreiniger = (1.28 * 2750 * (2*4-1)/4) = 6136 N
 - Transportlast = 1.28 * max(1250 , 1000) + 1.15 * 0 = 1594 N
 ----- +
 Totaal = 28211 N
 - Windbelasting: 0 N
 ----- +
 In rekentoestand: Fvk = -N = 28211 N

Geconcentreerde puntlast op de gootondersteuning:

Gewicht wielbasis 6000 1500
 Fkd = ----- * (2 - -----) = ----- * (2 - -----) = 2750 N
 4 2*vakmaat 4 2*4500

In rekentoestand: Fkdr = 3506 N

4.15.2 Berekening van het maatgevende moment (M_y) in de kolommen:

Alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand speelt een rol:
 - initiële scheefstand:

Bij belastingen van kasdekreiniger en transportlast geldt dat de scheefstandsterm daarvoor NIET van toepassing is.

- rekentoestand: $28211 - 6136 - 1.15 \cdot 1250 = 20640 \text{ N}$
 $F_{hk} = 1/258 \cdot |20640| \cdot 3 + 1/258 \cdot |28211| \cdot 1 = 349 \text{ N}$

- gebruikstoestand: $23911 - 4813 - 1250 = 17848 \text{ N}$
 $F_{hk} = 1/258 \cdot |17848| \cdot 3 + 1/258 \cdot |23911| \cdot 1 = 300 \text{ N}$

$F_{hk}' = 300 / (4 + 1) = 60 \text{ N}$, $F_{hk} = 70 / (4 + 1) = 70 \text{ N}$ (rekentoestand)

Het totale maatgevende horizontale moment in de kolommen kan worden berekend door vermenigvuldiging met de effectieve kolomhoogte:

- $M_{h,tot} = 349 \cdot 2.65 = 925 \text{ Nm}$

Het totale moment in spantrichting mag volgens de plasticiteits-theorie worden verdeeld over het aantal kolommen in spantrichting:

- $M_y = 925 / (4 + 1) = 185 \text{ Nm}$

4.15.3 Controle toegestane verplaatsingen in spanrichting:

a) 1e-orde horizontale verplaatsing in spanrichting in gebruikstoestand:

De optredende eerste orde horizontale verplaatsing in spanrichting kan benaderd worden met de onderstaande formule.

$$- u_1 = \frac{F_{h,tot} \cdot (k_{eff})^3}{3 E I_y \cdot (X + 1)} = \frac{300 \cdot (2650)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 179 E4 \cdot (4 + 1)} = 0.99 \text{ mm}$$

b) Bepaling van de totale horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Vergrotingsfactor in gebruikstoestand:
 - $n_x' = F_{Ex} / N' = 125697 / 23911 = 5.26$
 - $n_x' / (n_x' - 1) = 1.23$
- $u_{tot} = n_x' / (n_x' - 1) \cdot u_1 = 1.23 \cdot 0.99 = 1.22 \text{ mm}$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in spanrichting:

- In relatie tot de kolomhoogte:
 Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 11.1.2 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigingseis van L/150 met een bovengrens van 30 mm. Rekening houdend met de vervormingslijn van de zijgevelspankolom (scharnierend bij de fundatie en een minimale hoekverdraaiing ter plaatse van bovenkant kolom) wordt de volgende vergelijking voor de verplaatsing op goothoogte toegepast:
 - Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 \cdot h / 150 = 2 \cdot 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
 - Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
- Rekening houdend met de ruitafmetingen :
 - Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
 - Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
 - Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de kopgevelstroken : $B_s = 562.5 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de kopgevel:

$$U_{t1a} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_s} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{562.5} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 65.0 \text{ mm}$$

Extra vervormingscapaciteit t.g.v. horizontale buigstijfheid goten:
 $U_{t1b} = u_{tot} \cdot \text{MIN}(40, X \cdot n_{kap}) / 120 = 1.2 \cdot \text{MIN}(40, 4 \cdot 4) / 120 = 0.2 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing middenvelden:

$$U_{t2} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_r} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{1125.0} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 70.1 \text{ mm}$$

$U_{toel-b} = \text{MIN}(U_{t1a} + U_{t1b}, U_{t2}) = \text{MIN}(65.0 + 0.2, 70.1) = 65.2 \text{ mm}$
- Maatgevend :
 - $u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \text{MIN}(42.7, 65.2, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Stijfheid :
 controle : $1.2 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

4.15.4 Controle kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-28211|}{300652} + \frac{|185|}{9370} = 0.114$$

controle: $0.114 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-28211|}{1148.5} + \frac{|185|}{41.595} = 29.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 29.0 / 235.0 = 0.123$$

controle: $0.123 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,rel,y} * (|N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 1.47 * (|-28211| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.13 \\ Ky.3 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-28211| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.06 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.13, 1.06) = 1.06 \\ Kz.b &= 0.8 * Ky.b = 0.84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-28211| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 1.06 * |185| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.288 + 0.021 = 0.309 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chi_z * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-28211| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.84 * |185| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.151 + 0.017 = 0.167 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.309, 0.167) = 0.309$$

controle: $0.309 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

4.15.5 Controle van de poeren (in gebruikstoestand):

a) Berekening van de verticale belasting per poer:

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = 23911 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289)	: Fegk' = 289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 16178)	: Gfund = 16178 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 40377 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Fhk' * (fhp + D + H)	
= 60 * (0.300 + 0.400 + 0.600)	= 78 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 40377 * 0.5 * 0.886	= 17892 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 17970 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -17814 Nm
---	----------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 17970 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -17814 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 40377 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 60 N < 5542 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140) = 140 N/m²
 - Gewasbelasting (0.20 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50 = 13824 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 = 2764 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 17848 N
 - Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 17848 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 16178 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 34026 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{34026}{\pi/4 * 1000^2} = 0.043 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 600) = 0.015 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.043 - 0.015 = 0.028 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$

waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{0.5 * \text{dpoer} * \left(\frac{\text{Afname van de toename van de}}{\text{verticale effectieve spanning}} \right)^{1.5}} \right]$$

als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.447$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.447} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.071 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15^{*}365}{1}\right) = 0.010 * 0.447 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.071 + 0.017 = 0.088$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.088 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*600 mm voldoen
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

4.16 B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

4.16.1 Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (0.20 * 423) =	85 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	325 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 325 * 12.80 * 4.50	=	18703 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	22727 N	
- Windbelasting:		0 N
----- +		
In gebruikstoestand: Fvk' = -N' =	22727 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (0.20 * 423) =	85 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	325 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 325 * 12.80 * 4.50	=	18703 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	22727 N	
- Windbelasting:		0 N
----- +		
In rekentoestand: Fvk = -N =	22727 N	

4.16.2 Berekening van het maatgevende moment (My) in de kolommen:

Alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand speelt een rol:

- initiële scheefstand:
- in rekentoestand: $F_{h,tot} = 1/258 * |22727| * 4 = 352 \text{ N}$
- in gebruikstoestand: $F_{h,tot'} = 1/258 * |22727| * 4 = 352 \text{ N}$

4.16.2.1 Seismic loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

4.16.2.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the frame direction:
- $K1 = (3 * E * I_{g,y} / k_{eff}^3) * (n_{spanten} + 1) / n_{spanten}$
 $= (3 * 2.1 \text{ E}5 * 179 \text{ E}4 / 2650^3) * (4 + 1) / 4$
 $K1 = 75739 \text{ N/m}$
- Frame load excl. crop
 $F_{v1}' = 22727 \text{ N (2317 kg)}$
- Frame loads hanging crops and cultivation gutter only
 $F_{v2}' = 0 \text{ N (0 kg)}$
- Length of cable for crops (length of pendulum) $(ph - v_{spant} - h_{spant} - H_{tgt} + H_{fund})$
 $L = 3.200 - 0.100 - 0.450 - 1.000 + 0.300 = 1.950 \text{ m}$

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix $[S_n] = \begin{bmatrix} K1 + F_{v2}/L & -F_{v2}/L \\ -F_{v2}/L & F_{v2}/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 75739, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$
- Mass matrix $[M_s] = \begin{bmatrix} F_{v1}, & 0 \\ 0, & F_{v2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2317, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$
- Modal eigenvector $[Phi] = \text{Eigenvecs}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Solving 2x2 matrix: $[Phi] = \begin{bmatrix} Phi1= 0.9999, & Phi2= 0.0000 \\ Phi3=-0.0159, & Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$
- Modal Mass $[M_n] = [Phi]^T * [M_s] * [Phi]$
- Solving 2x2 matrix: $[M_n] = \begin{bmatrix} Mn1= 2316.4, & 0 \\ 0, & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$
- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1}$ $\text{Freq1} = 32.688 \text{ 1/s}^2$
- Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2}$ $\text{Freq2} = 0.513 \text{ 1/s}^2$
- No crops : $\text{Freq3} = K1 / F_{v1} = 75739 / 2317$ $\text{Freq3} = 32.688 \text{ 1/s}^2$
- Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1 / (F_{v1} + F_{v2}) = 75739 / (2317 + 0)$ $\text{Freq4} = 32.688 \text{ 1/s}^2$
- The period of motion:
- Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2 * \pi / (32.688)^{0.5}$ $Ts1 = 1.099 \text{ s}$
- Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2 * \pi / (0.513)^{0.5}$ $Ts2 = 8.774 \text{ s}$
- No crops : $Ts3 = 2 * \pi / (32.688)^{0.5}$ $Ts3 = 1.099 \text{ s}$
- Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2 * \pi / (32.688)^{0.5}$ $Ts4 = 1.099 \text{ s}$

4.16.2.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

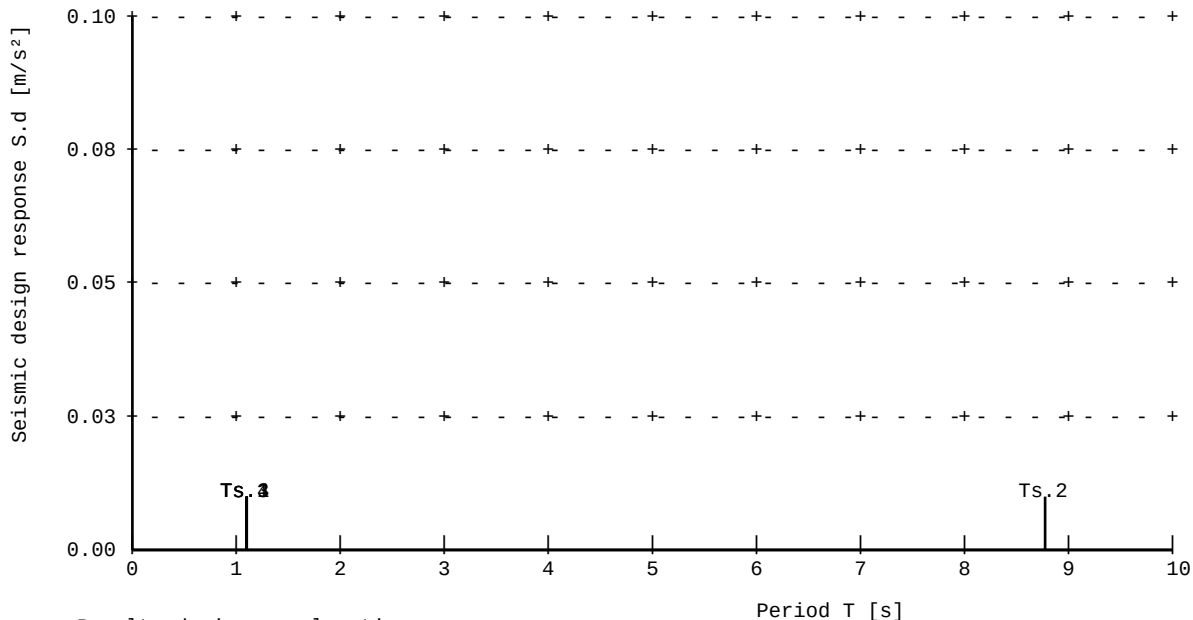
- Design Life building Class = 1
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 15 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.186
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.004
 TNRC50 = 242.960
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 72.888
- Importance factor for earthquake
 gamma = 0.800
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 0.669
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0000 * 9.81 * 0.800 * 0.669 = 0.0000 \text{ m/s}^2$

- Ground type = C Vast zand of stijve klei
- Soil factor
 Sg = 1.1500
- Limits of periods:
 T.B = 0.2000 s
 T.C = 0.6000 s
 T.D = 2.0000 s

- Behavior factor for horizontal seismic actions

According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 5\%$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:

Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)

- Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts,1, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
- Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts,2, q) * 1.5 = S.d(8.774, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
- No crops: $Ag_3 = S.d(Ts,3, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
- Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts,4, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.00000 \text{ m/s}^2$

4.16.2.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where k_e is the number of eigenmodi

- $k_{e1} = (Mm1*Phi1 + Mm2*Phi3)/(Mm1*Phi1^2 + Mm2*Phi3^2)$
 $= (2316.4 * 0.9999 + 0.0 * -0.016)/(2316.4 * 0.9999^2 + 0.0 * -0.016^2)$ $k_{e1} = 1.00013$
- $k_{e2} = (Mm1*Phi2 + Mm2*Phi4)/(Mm1*Phi2^2 + Mm2*Phi4^2)$
 $= (2316.4 * 0.0000 + 0.0 * 1.0000)/(2316.4 * 0.0000^2 + 0.0 * 1.0000^2)$ $k_{e2} = 1.01321$

- Horizontal seismic forces:

- Mode 1: $F1 = Ag1*k_{e1}*Mm1*Phi1 = 0.00000*1.0001*2316.4 * 0.9999$ $F1 = 0$ N
 $F3 = Ag1*k_{e1}*Mm2*Phi3 = 0.00000*1.0001*0.0 * -0.016$ $F3 = 0$ N
- Mode 2: $F2 = Ag2*k_{e2}*Mm1*Phi2 = 0.00000*1.0132*2316.4 * 0.0000$ $F2 = 0$ N
 $F4 = Ag2*k_{e2}*Mm2*Phi4 = 0.00000*1.0132*0.0 * 1.0000$ $F4 = 0$ N
- Vectorized 1,2: $F12 = (F1^2 + F2^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$ $F12 = 0$ N
 $F34 = (F3^2 + F4^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$ $F34 = 0$ N
- No pendulum: $F3 = Ag3 * Fv1 = 0.00000*22726.6$ $F3 = 0$ N
 $F4 = \max(F12, F3) = \max(0, 0)$ $F4 = 0$ N
 $F5 = Ag4 * (Fv1 + Fv2) = 0.00000*(22726.6 + 0.0)$ $F5 = 0$ N
- Upper value (F12 and F3) gives: $F_{hmax} = 0$ N

- Per frame $F_{ag}' = 0.000$ (SLS condition) $F_{ag}' = 0.000$ N
 - Per frame $F_{ag} = 0.000$ (ULS condition) $F_{ag} = 0.000$ N

$F_{hktot} = 352 + 0 * 4 = 352$ N
 $F_{hktot}' = 352 + 0 * 4 = 352$ N
 $Sd(9) = F4/Fvk = 0 / 22727 = 0.000$ x g m/s²

Het totale maatgevende horizontale moment in de kolommen kan worden berekend door vermenigvuldiging met de effectieve kolomhoogte:

- $M_{h,tot} = 352 * 2.65 = 933$ Nm

Het totale moment in spantrichting mag volgens de plasticiteits-theorie worden verdeeld over het aantal kolommen in spantrichting:

- $M_y = 933 / (4 + 1) = 187$ Nm

4.16.3 Controle toegestane verplaatsingen in spanrichting:

a) 1e-orde horizontale verplaatsing in spanrichting in gebruikstoestand:

De optredende eerste orde horizontale verplaatsing in spanrichting kan benaderd worden met de onderstaande formule.

$$- u_1 = \frac{F_{hktot}' \cdot (k_{heff})^3}{3 E I_y \cdot (X + 1)} = \frac{352 \cdot (2650)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 179 E^4 \cdot (4 + 1)} = 1.16 \text{ mm}$$

b) Bepaling van de totale horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Vergrotingsfactor in gebruikstoestand:
 - $n_x' = F_{Ex} / N' = 125697 / 22727 = 5.53$
 - $n_x' / (n_x' - 1) = 1.22$
- $u_{tot} = n_x' / (n_x' - 1) \cdot u_1 = 1.22 \cdot 1.16 = 1.42 \text{ mm}$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in spanrichting:

- In relatie tot de kolomhoogte:
 Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 11.1.2 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigingseis van L/150 met een bovengrens van 30 mm. Rekening houdend met de vervormingslijn van de zijgevelspantkolom (scharnierend bij de fundatie en een minimale hoekverdraaiing ter plaatse van bovenkant kolom) wordt de volgende vergelijking voor de verplaatsing op goothoogte toegepast:
 - Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 \cdot h / 150 = 2 \cdot 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
 - Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
- Rekening houdend met de ruitafmetingen :
 - Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
 - Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
 - Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de kopgevelstroken : $B_s = 562.5 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de kopgevel:

$$U_{t1a} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_s} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{562.5} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 65.0 \text{ mm}$$

Extra vervormingscapaciteit t.g.v. horizontale buigstijfheid goten:
 $U_{t1b} = u_{tot} \cdot \text{MIN}(40, X \cdot n_{kap}) / 120 = 1.4 \cdot \text{MIN}(40, 4 \cdot 4) / 120 = 0.2 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing middenvelden:

$$U_{t2} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_r} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{1125.0} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 70.1 \text{ mm}$$

$U_{toel-b} = \text{MIN}(U_{t1a} + U_{t1b}, U_{t2}) = \text{MIN}(65.0 + 0.2, 70.1) = 65.2 \text{ mm}$
- Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:

$$U_{toel.seismic} = 2 \cdot h / 50 = 2 \cdot 3200 / 50 = 128.0 \text{ mm}$$
- Maatgevend :
 - $u_{toel} = U_{toel.seismic} = 128.0 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Stijfheid :
 controle : $1.4 \text{ mm} < 128.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

4.16.4 Controle kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-22727|}{300652} + \frac{|187|}{9370} = 0.096$$

controle: $0.096 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-22727|}{1148.5} + \frac{|187|}{41.595} = 24.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 24.3 / 235.0 = 0.103$$

controle: $0.103 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,rel,y} * (|N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 1.47 * (|-22727| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.08 \\ Ky.3 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-22727| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.03 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.08, 1.03) = 1.03 \\ Kz.b &= 0.8 * Ky.b = 0.82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chi_y * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-22727| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 1.03 * |186.6| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.232 + 0.020 = 0.252 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chi_z * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-22727| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.82 * |186.6| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.121 + 0.016 = 0.138 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.252, 0.138) = 0.252$$

controle: $0.252 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

4.16.5 Controle van de poeren (in gebruikstoestand):

a) Berekening van de verticale belasting per poer:

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = 22727 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289)	: Fegk' = 289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 16178)	: Gfund = 16178 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 39193 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Fhk' * (fhp + D + H)	
= 70 * (0.300 + 0.400 + 0.600)	= 92 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 39193 * 0.5 * 0.886	= 17367 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 17458 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -17275 Nm
---	----------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 17458 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -17275 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 39193 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 70 N < 5542 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140) = 140 N/m²
 - Gewasbelasting (0.20 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50 = 13824 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 = 2764 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 17848 N
 - Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 17848 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 16178 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 34026 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{34026}{\pi/4 * 1000^2} = 0.043 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 600) = 0.015 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.043 - 0.015 = 0.028 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$

waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.447$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.447} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.071 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.447 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.071 + 0.017 = 0.088$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.088 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*600 mm voldoen bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

4.17 B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

4.17.1 Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (0.20 * 423) =	85 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	325 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 325 * 12.80 * 4.50	=	18702 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	22727 N	
- Windbelasting:	0 N	
----- +		
In gebruikstoestand: Fvk' = -N' =	22727 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (0.20 * 423) =	85 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	325 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 325 * 12.80 * 4.50	=	18702 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	22727 N	
- Windbelasting:	0 N	
----- +		
In rekentoestand: Fvk = -N =	22727 N	

4.17.2 Berekening van het maatgevende moment (My) in de kolommen:

Alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand speelt een rol:

- initiële scheefstand:
- in rekentoestand: $F_{h,tot} = 1/258 * |22727| * 4 = 352 \text{ N}$
- in gebruikstoestand: $F_{h,tot'} = 1/258 * |22727| * 4 = 352 \text{ N}$

4.17.2.1 Seismic loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

4.17.2.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the frame direction:
- $K1 = (3 * E * I_{g,y} / k_{eff}^3) * (n_{spanten} + 1) / n_{spanten}$
 $= (3 * 2.1 \text{ E}5 * 179 \text{ E}4 / 2650^3) * (4 + 1) / 4$
 $K1 = 75739 \text{ N/m}$
- Frame load excl. crop $F_{v1}' = 22727 \text{ N (2317 kg)}$
- Frame loads hanging crops and cultivation gutter only $F_{v2}' = 0 \text{ N (0 kg)}$
- Length of cable for crops (length of pendulum) $(ph - v_{spant} - h_{spant} - H_{tgt} + H_{fund})$
 $L = 3.200 - 0.100 - 0.450 - 1.000 + 0.300 = 1.950 \text{ m}$

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix $[S_n] = \begin{bmatrix} K1 + F_{v2}/L & -F_{v2}/L \\ -F_{v2}/L & F_{v2}/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 75739, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$
- Mass matrix $[M_s] = \begin{bmatrix} F_{v1} & 0 \\ 0, & F_{v2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2317, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$
- Modal eigenvector $[Phi] = \text{Eigenvecs}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Solving 2x2 matrix: $[Phi] = \begin{bmatrix} Phi1= 0.9999, & Phi2= 0.0000 \\ Phi3=-0.0159, & Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$
- Modal Mass $[M_n] = [Phi]^T * [M_s] * [Phi]$
- Solving 2x2 matrix: $[M_n] = \begin{bmatrix} Mn1= 2316.4, & 0 \\ 0, & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$
- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1}$ $\text{Freq1} = 32.688 \text{ 1/s}^2$
- Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2}$ $\text{Freq2} = 0.513 \text{ 1/s}^2$
- No crops : $\text{Freq3} = K1 / F_{v1} = 75739 / 2317$ $\text{Freq3} = 32.688 \text{ 1/s}^2$
- Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1 / (F_{v1} + F_{v2}) = 75739 / (2317 + 0)$ $\text{Freq4} = 32.688 \text{ 1/s}^2$
- The period of motion:
- Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2 * \pi / (32.688)^{0.5}$ $Ts1 = 1.099 \text{ s}$
- Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2 * \pi / (0.513)^{0.5}$ $Ts2 = 8.774 \text{ s}$
- No crops : $Ts3 = 2 * \pi / (32.688)^{0.5}$ $Ts3 = 1.099 \text{ s}$
- Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2 * \pi / (32.688)^{0.5}$ $Ts4 = 1.099 \text{ s}$

4.17.2.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

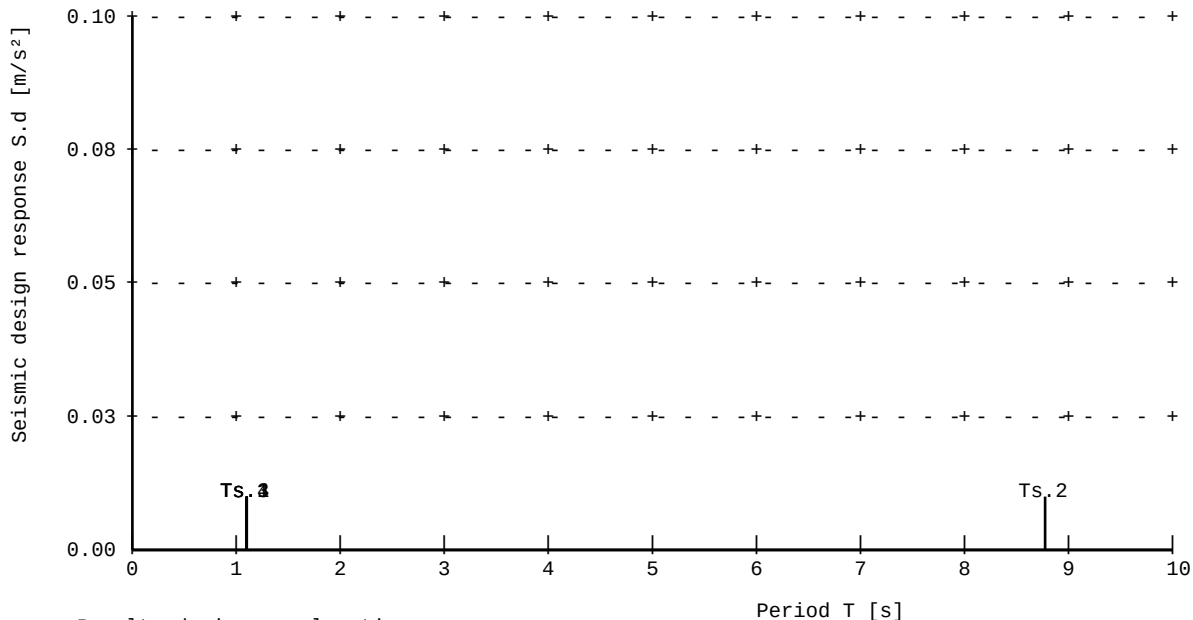
- Design Life building Class = 1
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 15 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.186
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.004
 TNRC50 = 242.960
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 72.888
- Importance factor for earthquake
 gamma = 0.800
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 0.669
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0000 * 9.81 * 0.800 * 0.669 = 0.0000 \text{ m/s}^2$

- Ground type = C Vast zand of stijve klei
 - Soil factor
 $S_g = 1.1500$
 - Limits of periods:
 $T.B = 0.2000 \text{ s}$
 $T.C = 0.6000 \text{ s}$
 $T.D = 2.0000 \text{ s}$

- Behavior factor for horizontal seismic actions

According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 5\%$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:

Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)

- Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts,1, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
- Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts,2, q) * 1.5 = S.d(8.774, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
- No crops: $Ag_3 = S.d(Ts,3, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
- Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts,4, q) * 1.5 = S.d(1.099, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.00000 \text{ m/s}^2$

4.17.2.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where k_e is the number of eigenmodi

- $k_{e1} = (Mm1*Phi1 + Mm2*Phi3)/(Mm1*Phi1^2 + Mm2*Phi3^2)$
 $= (2316.4 * 0.9999 + 0.0 * -0.016)/(2316.4 * 0.9999^2 + 0.0 * -0.016^2)$ $k_{e1} = 1.00013$
- $k_{e2} = (Mm1*Phi2 + Mm2*Phi4)/(Mm1*Phi2^2 + Mm2*Phi4^2)$
 $= (2316.4 * 0.0000 + 0.0 * 1.0000)/(2316.4 * 0.0000^2 + 0.0 * 1.0000^2)$ $k_{e2} = 1.01321$

- Horizontal seismic forces:

- Mode 1: $F1 = Ag1*k_{e1}*Mm1*Phi1 = 0.00000*1.0001*2316.4 * 0.9999$ $F1 = 0$ N
 $F3 = Ag1*k_{e1}*Mm2*Phi3 = 0.00000*1.0001*0.0 * -0.016$ $F3 = 0$ N
- Mode 2: $F2 = Ag2*k_{e2}*Mm1*Phi2 = 0.00000*1.0132*2316.4 * 0.0000$ $F2 = 0$ N
 $F4 = Ag2*k_{e2}*Mm2*Phi4 = 0.00000*1.0132*0.0 * 1.0000$ $F4 = 0$ N
- Vectorized 1,2: $F12 = (F1^2 + F2^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$ $F12 = 0$ N
 $F34 = (F3^2 + F4^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$ $F34 = 0$ N
- No pendulum: $F3 = Ag3 * Fv1 = 0.00000*22726.6$ $F3 = 0$ N
 $F4 = \max(F12, F3) = \max(0, 0)$ $F4 = 0$ N
 $F5 = Ag4 * (Fv1 + Fv2) = 0.00000*(22726.6 + 0.0)$ $F5 = 0$ N
- Upper value (F12 and F3) gives: $F_{hmax} = 0$ N

- Per frame $F_{ag}' = 0.000$ (SLS condition) $F_{ag}' = 0.000$ N
 - Per frame $F_{ag} = 0.000$ (ULS condition) $F_{ag} = 0.000$ N

$F_{hktot} = 352 + 0 * 4 = 352$ N
 $F_{hktot}' = 352 + 0 * 4 = 352$ N
 $Sd(10) = F4/Fvk = 0 / 22727 = 0.000$ x g m/s²

Het totale maatgevende horizontale moment in de kolommen kan worden berekend door vermenigvuldiging met de effectieve kolomhoogte:

- $M_{h,tot} = 352 * 2.65 = 933$ Nm

Het totale moment in spantrichting mag volgens de plasticiteits-theorie worden verdeeld over het aantal kolommen in spantrichting:

- $M_y = 933 / (4 + 1) = 187$ Nm

4.17.3 Controle toegestane verplaatsingen in spanrichting:

a) 1e-orde horizontale verplaatsing in spanrichting in gebruikstoestand:

De optredende eerste orde horizontale verplaatsing in spanrichting kan benaderd worden met de onderstaande formule.

$$u_1 = \frac{F_{hktot}' \cdot (k_{heff})^3}{3 E I_y \cdot (X + 1)} = \frac{352 \cdot (2650)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 179 E^4 \cdot (4 + 1)} = 1.16 \text{ mm}$$

b) Bepaling van de totale horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Vergrotingsfactor in gebruikstoestand:
 - $n_x' = F_{Ex} / N' = 125697 / 22727 = 5.53$
 - $n_x' / (n_x' - 1) = 1.22$
- $u_{tot} = n_x' / (n_x' - 1) \cdot u_1 = 1.22 \cdot 1.16 = 1.42 \text{ mm}$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in spanrichting:

- In relatie tot de kolomhoogte:
 Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 11.1.2 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigingseis van L/150 met een bovengrens van 30 mm. Rekening houdend met de vervormingslijn van de zijgevelspantkolom (scharnierend bij de fundatie en een minimale hoekverdraaiing ter plaatse van bovenkant kolom) wordt de volgende vergelijking voor de verplaatsing op goothoogte toegepast:
 - Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 \cdot h / 150 = 2 \cdot 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
 - Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
- Rekening houdend met de ruitafmetingen :
 - Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
 - Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
 - Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de kopgevelstroken : $B_s = 562.5 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de kopgevel:

$$U_{t1a} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_s} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = (2.0 + 7.5 \cdot \frac{1789.8}{562.5}) \cdot \frac{4500}{1789.8} = 65.0 \text{ mm}$$

Extra vervormingscapaciteit t.g.v. horizontale buigstijfheid goten:
 $U_{t1b} = u_{tot} \cdot \text{MIN}(40, X \cdot n_{kap}) / 120 = 1.4 \cdot \text{MIN}(40, 4 \cdot 4) / 120 = 0.2 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing middenvelden:

$$U_{t2} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_r} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = (2.0 + 7.5 \cdot \frac{1789.8}{1125.0}) \cdot \frac{2 \cdot 4500}{1789.8} = 70.1 \text{ mm}$$
- $U_{toel-b} = \text{MIN}(U_{t1a} + U_{t1b}, U_{t2}) = \text{MIN}(65.0 + 0.2, 70.1) = 65.2 \text{ mm}$
- Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:

$$U_{toel-seismic} = 2 \cdot h / 50 = 2 \cdot 3200 / 50 = 128.0 \text{ mm}$$
- Maatgevend :
 - $u_{toel} = U_{toel-seismic} = 128.0 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Stijfheid :
 controle : $1.4 \text{ mm} < 128.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

4.17.4 Controle kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-22727|}{300652} + \frac{|187|}{9370} = 0.096$$

controle: $0.096 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-22727|}{1148.5} + \frac{|187|}{41.595} = 24.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 24.3 / 235.0 = 0.103$$

controle: $0.103 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel,y} * (|N_{Ed}| / (Chi_y * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 1.47 * (|-22727| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.08 \\ Ky.3 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chi_y * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-22727| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.03 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.08, 1.03) = 1.03 \\ Kz.b &= 0.8 * Ky.b = 0.82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chi_y * NR_k / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-22727| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 1.03 * |186.6| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.232 + 0.020 = 0.252 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chi_z * NR_k / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-22727| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.82 * |186.6| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.121 + 0.016 = 0.138 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.252, 0.138) = 0.252$$

controle: $0.252 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

4.17.5 Controle van de poeren (in gebruikstoestand):

a) Berekening van de verticale belasting per poer:

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = 22727 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289)	: Fegk' = 289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 16178)	: Gfund = 16178 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 39193 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Fhk' * (fhp + D + H)	
= 70 * (0.300 + 0.400 + 0.600)	= 92 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 39193 * 0.5 * 0.886	= 17367 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 17458 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -17275 Nm
---	----------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 17458 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -17275 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 39193 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 70 N < 5542 N, dus: voldoet.

$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{0.5 * \text{dpoer} \left(\frac{1}{z} \right)^{1.5}} \right]$	Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z
--	--

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.447$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.447} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.071 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15^{*}365}{1}\right) = 0.010 * 0.447 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.071 + 0.017 = 0.088$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.088 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*600 mm voldoen
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

4.18 B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.18.1 Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	240 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50	=	13824 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
	Totaal =	17848 N
- Windbelasting:		0 N
----- +		
In gebruikstoestand: Fvk' = -N' =		17848 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	240 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50	=	13824 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
	Totaal =	17848 N
- Windbelasting:		0 N
----- +		
In rekentoestand: Fvk = -N =		17848 N

4.18.2 Berekening van het maatgevende moment (My) in de kolommen:

Alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand speelt een rol:

- initiële scheefstand:
- in rekentoestand: $F_{h,tot} = 1/258 * |17848| * 4 = 277 \text{ N}$
- in gebruikstoestand: $F_{h,tot}' = 1/258 * |17848| * 4 = 277 \text{ N}$

4.18.2.1 Seismic loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

4.18.2.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the frame direction:
- $K1 = (3 * E * I_{g,y} / k_{eff}^3) * (n_{spanten} + 1) / n_{spanten}$
 $= (3 * 2.1 \text{ E}5 * 179 \text{ E}4 / 2650^3) * (4 + 1) / 4$
 $K1 = 75739 \text{ N/m}$
- Frame load excl. crop
 $F_{v1}' = 17848 \text{ N (1819 kg)}$
- Frame loads hanging crops and cultivation gutter only
 $F_{v2}' = 0 \text{ N (0 kg)}$
- Length of cable for crops (length of pendulum) $(ph - v_{spant} - h_{spant} - H_{tgt} + H_{fund})$
 $L = 3.200 - 0.100 - 0.450 - 1.000 + 0.300 = 1.950 \text{ m}$

Definition of 2x2 matrices

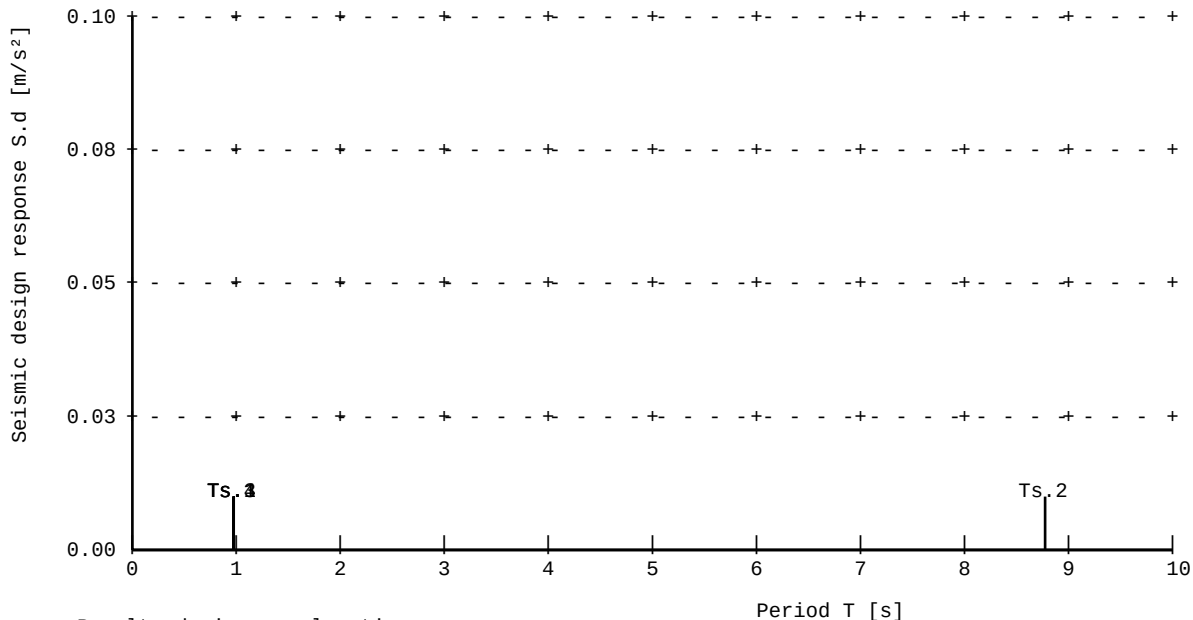
- Stiffness Matrix $[S_n] = \begin{bmatrix} K1 + F_{v2}/L & -F_{v2}/L \\ -F_{v2}/L & F_{v2}/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 75739, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$
- Mass matrix $[M_s] = \begin{bmatrix} F_{v1} & 0 \\ 0, & F_{v2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1819, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$
- Modal eigenvector $[Phi] = \text{Eigenvecs}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Solving 2x2 matrix: $[Phi] = \begin{bmatrix} Phi1= 0.9999, & Phi2= 0.0000 \\ Phi3=-0.0125, & Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$
- Modal Mass $[M_n] = [Phi]^T * [M_s] * [Phi]$
- Solving 2x2 matrix: $[M_n] = \begin{bmatrix} Mn1= 1818.7, & 0 \\ 0, & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$
- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1}$ $\text{Freq1} = 41.638 \text{ 1/s}^2$
- Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2}$ $\text{Freq2} = 0.513 \text{ 1/s}^2$
- No crops : $\text{Freq3} = K1 / F_{v1} = 75739 / 1819$ $\text{Freq3} = 41.638 \text{ 1/s}^2$
- Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1 / (F_{v1} + F_{v2}) = 75739 / (1819 + 0)$ $\text{Freq4} = 41.638 \text{ 1/s}^2$
- The period of motion:
- Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2 * \pi / (41.638)^{0.5}$ $Ts1 = 0.974 \text{ s}$
- Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2 * \pi / (0.513)^{0.5}$ $Ts2 = 8.774 \text{ s}$
- No crops : $Ts3 = 2 * \pi / (41.638)^{0.5}$ $Ts3 = 0.974 \text{ s}$
- Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2 * \pi / (41.638)^{0.5}$ $Ts4 = 0.974 \text{ s}$

4.18.2.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

- Design Life building Class = 1
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 15 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.186
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.004
 TNRC50 = 242.960
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 72.888
- Importance factor for earthquake
 gamma = 0.800
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 0.669
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0000 * 9.81 * 0.800 * 0.669 = 0.0000 \text{ m/s}^2$
- Ground type = C Vast zand of stijve klei
 - Soil factor
 $S_g = 1.1500$
 - Limits of periods:
 $T.B = 0.2000 \text{ s}$
 $T.C = 0.6000 \text{ s}$
 $T.D = 2.0000 \text{ s}$
- Behavior factor for horizontal seismic actions
 According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 5\%$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:
 Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)
 - Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts,1, q) * 1.5 = S.d(0.974, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts,2, q) * 1.5 = S.d(8.774, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - No crops: $Ag_3 = S.d(Ts,3, q) * 1.5 = S.d(0.974, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts,4, q) * 1.5 = S.d(0.974, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.00000 \text{ m/s}^2$

4.18.2.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where ke is the number of eigenmodi

- $ke1 = (Mm1*Phi1 + Mm2*Phi3)/(Mm1*Phi1^2 + Mm2*Phi3^2)$
 $= (1818.7 * 0.9999 + 0.0 * -0.012)/(1818.7 * 0.9999^2 + 0.0 * -0.012^2)$ ke1 = 1.00008
- $ke2 = (Mm1*Phi2 + Mm2*Phi3)/(Mm1*Phi2^2 + Mm2*Phi4^2)$
 $= (1818.7 * 0.0000 + 0.0 * 1.0000)/(1818.7 * 0.0000^2 + 0.0 * 1.0000^2)$ ke2 = 1.01321
- Horizontal seismic forces:
- Mode 1:

$F1 = Ag1*ke1*Mm1*Phi1 = 0.00000*1.0001*1818.7 * 0.9999$	$F1 = 0$	N
$F3' = Ag1*ke1*Mm2*Phi3 = 0.00000*1.0001*0.0 * -0.012$	$F3' = 0$	N
- Mode 2:

$F2 = Ag2*ke2*Mm1*Phi2 = 0.00000*1.0132*1818.7 * 0.0000$	$F2 = 0$	N
$F4' = Ag2*ke2*Mm2*Phi4 = 0.00000*1.0132*0.0 * 1.0000$	$F4' = 0$	N
- Vectorized 1,2:

$F12 = (F1^2 + F2^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$	$F12 = 0$	N
$F34 = (F3'^2 + F4'^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$	$F34 = 0$	N
- No pendulum:

$F3 = Ag3 * Fv1 = 0.00000*17848.2$	$F3 = 0$	N
$F4 = \max(F12, F3) = \max(0, 0)$	$F4 = 0$	N
$F5 = Ag4 * (Fv1 + Fv2) = 0.00000*(17848.2 + 0.0)$	$F5 = 0$	N
- Upper value (F12 and F3) gives: Fhmax = 0 N
- Per frame $Fag' = 0.000 * 0.00$ (SLS condition) $Fag' = 0.000$ N
- Per frame $Fag = 0.000 * 0.80$ (ULS condition) $Fag = 0.000$ N

$Fhktot = 277 + 0 * 4 = 277$ N
 $Fhktot' = 277 + 0 * 4 = 277$ N
 $Sd(11) = F4/Fvk = 0 / 17848 = 0.000$ x g m/s²

Het totale maatgevende horizontale moment in de kolommen kan worden berekend door vermenigvuldiging met de effectieve kolomhoogte:

- $Mh, tot = 277 * 2.65 = 733$ Nm

Het totale moment in spantrichting mag volgens de plasticiteits-theorie worden verdeeld over het aantal kolommen in spantrichting:

- $My = 733 / (4 + 1) = 147$ Nm

4.18.3 Controle toegestane verplaatsingen in spanrichting:

a) 1e-orde horizontale verplaatsing in spanrichting in gebruikstoestand:

De optredende eerste orde horizontale verplaatsing in spanrichting kan benaderd worden met de onderstaande formule.

$$u_1 = \frac{F_{hktot}' \cdot (k_{heff})^3}{3 E I_y \cdot (X + 1)} = \frac{277 \cdot (2650)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 179 E^4 \cdot (4 + 1)} = 0.91 \text{ mm}$$

b) Bepaling van de totale horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Vergrotingsfactor in gebruikstoestand:
 - $n_x' = F_{Ex} / N' = 125697 / 17848 = 7.04$
 - $n_x' / (n_x' - 1) = 1.17$
- $u_{tot} = n_x' / (n_x' - 1) \cdot u_1 = 1.17 \cdot 0.91 = 1.06 \text{ mm}$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in spanrichting:

- In relatie tot de kolomhoogte:
 Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 11.1.2 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigingseis van L/150 met een bovengrens van 30 mm. Rekening houdend met de vervormingslijn van de zijgevelspantkolom (scharnierend bij de fundatie en een minimale hoekverdraaiing ter plaatse van bovenkant kolom) wordt de volgende vergelijking voor de verplaatsing op goothoogte toegepast:
 - Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 \cdot h / 150 = 2 \cdot 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
 - Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 \cdot 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
- Rekening houdend met de ruitafmetingen :
 - Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
 - Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
 - Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$
 - Ruitbreedte in de kopgevelstroken : $B_s = 562.5 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de kopgevel:

$$U_{t1a} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_s} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{562.5} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 65.0 \text{ mm}$$

Extra vervormingscapaciteit t.g.v. horizontale buigstijfheid goten:
 $U_{t1b} = u_{tot} \cdot \text{MIN}(40, X \cdot n_{kap}) / 120 = 1.1 \cdot \text{MIN}(40, 4 \cdot 4) / 120 = 0.1 \text{ mm}$
- toelaatbare verplaatsing middenvelden:

$$U_{t2} = \left(\frac{S_r + S_n}{B_r} \cdot \frac{L_r}{L_r} \right) \cdot \frac{L_r}{L_r} = \left(\frac{2.0 + 7.5}{1125.0} \cdot \frac{1789.8}{1789.8} \right) \cdot \frac{1789.8}{1789.8} = 70.1 \text{ mm}$$

$U_{toel-b} = \text{MIN}(U_{t1a} + U_{t1b}, U_{t2}) = \text{MIN}(65.0 + 0.1, 70.1) = 65.2 \text{ mm}$
- Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:

$$U_{toel-seismic} = 2 \cdot h / 50 = 2 \cdot 3200 / 50 = 128.0 \text{ mm}$$
- Maatgevend :
 - $u_{toel} = U_{toel-seismic} = 128.0 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in spanrichting:

- Stijfheid :
 controle : $1.1 \text{ mm} < 128.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

4.18.4 Controle kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-17848|}{300652} + \frac{|147|}{9370} = 0.075$$

controle: $0.075 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-17848|}{1148.5} + \frac{|147|}{41.595} = 19.1 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 19.1 / 235.0 = 0.081$$

controle: $0.081 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel,y} * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 1.47 * (|-17848| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.04 \\ Ky.3 &= C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-17848| / (0.326 * 300652 / 1.0))) = 1.00 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.04, 1.00) = 1.00 \\ Kz.b &= 0.8 * Ky.b = 0.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-17848| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 1.00 * |146.5| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.182 + 0.016 = 0.198 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-17848| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.80 * |146.5| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.095 + 0.012 = 0.108 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.198, 0.108) = 0.198$$

controle: $0.198 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie kolommen volgens EC3 in spantrichting:

- Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.18.5 Controle van de poeren (in gebruikstoestand):

a) Berekening van de verticale belasting per poer:

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = 17848 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289)	: Fegk' = 289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 16178)	: Gfund = 16178 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 34314 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Fhk' * (fhp + D + H)	
= 55 * (0.300 + 0.400 + 0.600)	= 72 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 34314 * 0.5 * 0.886	= 15205 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 15277 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -15133 Nm
---	----------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 15277 Nm < 32264 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -15133 Nm < 6707 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 34314 N | < 65832 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 55 N < 5542 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140) = 140 N/m²
 - Gewasbelasting (0.20 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50 = 13824 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 = 2764 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 17848 N
 - Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 17848 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 16178 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 34026 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{34026}{\pi/4 * 1000^2} = 0.043 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 600) = 0.015 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.043 - 0.015 = 0.028 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$

waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{0.5 * \text{dpoer} * \left(\frac{1}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.447$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.447} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.071 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15^{*365}}{1}\right) = 0.010 * 0.447 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.071 + 0.017 = 0.088$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.088 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

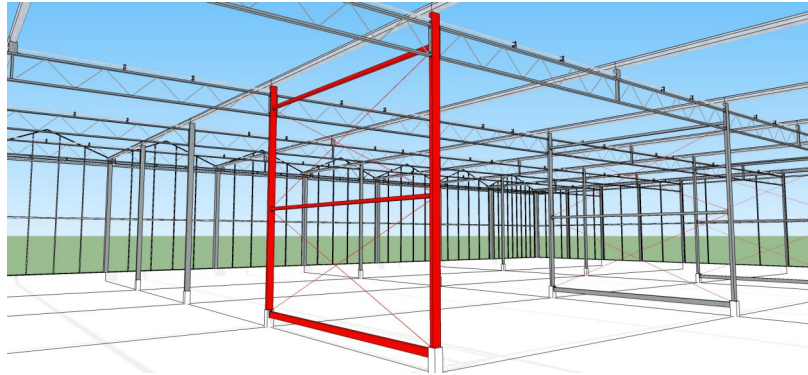
Conclusie:

- Poeren BPRD1000*600 mm voldoen
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd



De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



5 K R U I S S C H O O R V A K K E N en P O E R E N

Kasgegevens:

- Kastype	: Venlo-warenhuis
- Overspanning (l)	: 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Aantal gekoppelde spanten	: 4 (y-richting)
- Vakmaat (v)	: 4.50 m
- Kolomhoogte (h)	: 3.20 m
- Kaslengte (L)	: 45.0 m
- Aantal schoorvakken(nstab):	2
- Funderingstype	: niet-onderheide fundering (op staal)
- Grondsoort	: Klei NPR3860

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de kruisschoorvakken en de fundatie van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24): De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
 - Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
 - Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)
- De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:
- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
 - NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
 - * NEN 9997-1: Algemene regels
- (voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)
 Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de schoorvakken en/of stabiliteitsportalen wordt verwezen naar TNO rapport: BI-89-002* "Berekening van kruisschoorvakken en stabiliteitsportalen voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen", Delft/1989.

Voor een toelichting op de berekening van de poeren wordt verwezen naar TNO rapport: 93-CON-R0304 "Rekenregels voor de dimensionering en de controle van de poeren van de kolommen, schoorvakken en portaalspanten voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1993

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

5.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

- Bovenstuk kolom:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.35 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.35 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.56 < 1.00, dus: voldoet.
- Onderstuk kolom:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.37 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.37 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.56 < 1.00, dus: voldoet.
- Koppelbalk boven:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.1) : 0.55 < 1.00, dus: voldoet.
- Tussenliggende koppelbalk:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.17 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.1) : 0.82 < 1.00, dus: voldoet.
- Schoren:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.78 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (elke BC) : alleen op trek belast dus: voldoet
 - Stabiliteit (elke BC) : alleen op trek belast dus: voldoet
- Koppelbalk onder:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.22 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.1) : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
 - Verplaatsing (B.C.1) : 2.3 mm < 5.0 mm, dus: voldoet.
- Stijfheid kruisschoorvak:
 - Verplaatsing (B.C.1) : 12.2 mm < 42.7 mm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie:
 - Momenten (B.C.2) n : 25922 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal (B.C.2) : | 60739 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal (B.C.1) : 3197 N < 8044 N, dus: voldoet.
 - Zetting (B.C.1) : 0.084 m < 0.100 m, dus: voldoet.

5.1.1 Eindconclusie(s):

- De 2 kruisschoorvakken voldoen qua sterkte/stijfheid/stabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Kolommen RHBK100*100*3.0 mm (S235 (EN10219)) : voldoen
 - Bovenl. koppelbalken RHBK50*50*2.0, S235 (EN10219) : voldoen
 - Tussenl.koppelbalken RHBK50*50*2.0, S235 (EN10219) : voldoen
 - Schoren RD10.0 mm (S235 (EN10219)) : voldoen
 - Onderl. koppelbalken RHBK80*80*6.0, S235 (EN10219) : voldoen
 - Stijfheid kruisschoorvak : voldoet
- De fundatie voldoet qua kantelstabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Poeren BPRD930*800 : voldoen
 - Controle van de fundatiepalen is niet uitgevoerd.

- Toetsing van de gootlengte voor thermische vervormingen:

Goot	Lmax (m)	
-----	-----	
staal verzinkt	177.8 > 45.0	m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.
staal wit	237.0 > 45.0	m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.
aluminium	132.0 > 45.0	m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.
aluminium geïsoleerd	155.7 > 45.0	m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.

5.1.2 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
 - B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic
- De kruisschoorvakken zijn alleen in gootrichting gecontroleerd.
De controle van de kolommen en de poeren in spantrichting kan met het onderdeel CASTA/Kolommen worden uitgevoerd.
- Voor een nadere controle van de schoorverbindingen met de onderliggende koppelbalk en met de kruisschoorvak-kolommen wordt verwezen naar EN 1993-1-1 (Staalconstructies) en EN 1993-1-8 (Verbindingen).
- Voor de controle van de prefab-betonpalen wordt verwezen naar de (toetsingsrapporten van de) leverancier.
- Bij controle van de draagkracht en de zetting van de grond volgens NEN 6740 en NEN 6744 is uitgegaan van een volledig gedraineerde toestand, volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744. In geval van een ongedraineerde toestand, of een niet-volledig gedraineerde toestand, dient een grondmechanisch of geotechnisch adviseur ingeschakeld te worden.

5.2 INVOEREGEVEENS

5.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte gevel : 3.20 m
- Kaslengte (L) : 45.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 4

5.2.2 Overige gegevens van de kas:

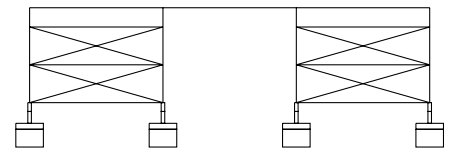
- Dekhelling (alfa) : 30.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 300 mm
- Funderingstype : niet-onderheide fundering (op staal)
- Spanthoogte (hspant) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1125 mm
- Glaslengte dek : 1790 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 800 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 750 mm

5.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK100*100*3.0
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Lengte kolom : 3200 mm

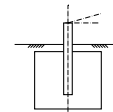
5.2.4 Gegevens van de kruisschoorvakken:

- Dubbel : Ja
- Aantal (nstab) : 2
- Kolommen : RHBK100*100*3.0 mm
- Lengte kolommen : 3200 mm
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Bovenl. koppelbalk : RHBK50*50*2.0 mm (S235 (EN10219))
- Schoren : RD10.0 mm (S235 (EN10219))
- Tussenbalk : RHBK50*50*2.0 mm (S235 (EN10219))
- - positie : 1275 mm (symmetrisch)
- Onderl. Koppelbalk : RHBK80*80*6.0 mm (S235 (EN10219))
- Schoorverlaging (vs) : 650 mm
- Onderbalkverlaging (vok) : 0 mm



5.3 Gegevens van de fundering van de kruisschoorvakken:

- Palen (14 liter beton) : RH120*120*1000
- Poeren (539 liter beton): BPRD930*800 mm (Betonprop rond)
- - Poerdiepte (Dpoer) : 400 mm
- Funderingshoogte (fhp) : 300 mm
- Grondsoort : Klei NPR3860



5.3.1 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 140 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Spant (Fspant 1e rij) : 2764 N
- Spant (Fspant 2e rij) : 2764 N

5.3.2 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

5.3.3 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basic wind velocity : V50 = 27.0 m/s reference V15 = 24.9 m/s
- Basic snowload : SK = 700.0 N/m²
- Berekende afsmeltfactor : Ct = 1.000
- Type kasdekhulling : Single-layer: 4 mm Soda lime glass
- Temperatuur onder kasdek: Niet verwarmd
- Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
- Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : Rf = 15 year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : AgR = 0.000 x g m/sec²
 (Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: gs = 1.30
- Windstuwdruk (qwind) : 533 N/m² dekoppervlak
 (N.B.: Nokhoogte: H = 0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * tan 30° = 4.424 m)
 Gebouwhoogte: 4.424 m. Eff.hoogte: ze = 4.424 m
- Sneeuwbelasting (qsneeuw) : 423.5 N/m² grondoppervlak
- Installaties : 100 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
- Installaties totaal : 100 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (qgewas) : 0 = Max(0 , 0) N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak

- Transportlast incidenteel : 1250	N
permanent : 0	N
- Puntlast onderbalk (Fpunt): 1000	N

5.4 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

5.4.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

5.4.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K1 * \ln(1 / ref)}{1 - K1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$

- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- Reductiefactor $c_{scd} = \max(0.72, (0.82 * 0.85)) = 0.72$ (rekentoestand)
- Reductiefactor $c_{scd}' = 0.82 * 0.85 = 0.70$ (gebruikstoestand)

Voor de reductiefactoren wordt de onderstaande tabel aangehouden
 (tussenliggende waarden via lineaire interpolatie):

+-----+(volgens EN13031-1)

X	Cs 2)	Ccor
[m]	loodrecht	parallel
5	0.92	1.00
10	0.89	0.85
20	0.87	0.85
30	0.85	0.85
50	0.82	0.85
75	0.80	0.85
100	0.78	0.85
150	0.75	0.85
> 200	0.73	0.85

1): de maximale reductie van de
 windstuwdruk is 0.72 (=0.85x0.85)

2): de ondergrens voor $cs=0.85$ (rekentoestand)

Cs;loodrecht = 0.82 (kasbreedte 51.2 m)
 Ccor;parallel = 0.85 (kaslengte 45.0 m)

+-----+

5.4.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
EN 13031-1: $R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5 \text{ N/m}^2$

5.4.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = $U_1 / [1/U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $20.2634 / [(T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] = 70219 \text{ N/m}^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax} / 3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0 * Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

5.4.4 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- Combinaties voor dekroeden:
 - BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor de goot:
 - BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
 - BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

5.4.5 Tabel 7: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen ge- wicht dek a= 140 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 100 N/m ² + 0 N/m ² = 100 N/m ²	Wind- belasting a= 533 N/m ² b= 383 N/m ² c= 533 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 423 N/m ² b= 423 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 6000 N b= 1250 N	Aardbeving AgR = 0.000 [Sd]
1	1.02(1.00)	1.02(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.02(1.00)	1.02(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	b 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	1.02(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.15(1.00)	1.15(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)
7	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
8	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 0.20(0.20)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]
9	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.80(0.00)[0.000]

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exceptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd (zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 4424	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 3500	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 3500	mm	
- Roof angle	: alpha = 30.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 51200	mm	Ratio h/W = 0.0684
- Greenhouse length	: L = 45000	mm	Ratio h/L = 0.0778
- Bay width gutter to gutter	: S = 3200	mm	Ratio h/S = 1.0938

5.4.6 Tabel 7: Windvormfactoren bij wind evenwijdig (||) aan de nok:

BC	Vormfactor Wind, dek	Factor Windwrijving	Winddruk kopgevel	Windzuiging kopgevel	Druk in de kas*)
1	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.20
2	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
3	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
4	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
5	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.20
6	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
7	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
8	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
9	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00

*) Overdruk=positief / Onderdruk=negatief

5.5 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

5.5.1 B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.35	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.35	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.36	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.37	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.37	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.35	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.55	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.15	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.17	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.82	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.78	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.21	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.22	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 2.3 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 12.2 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
----------------	-----------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 16198 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -10116 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 31927 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 3197 N	<	8044 N,	dus: voldoet.

- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 18951 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -12868 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 38606 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 3197 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.084 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.2 B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.24	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.26	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.56	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.25	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.26	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.56	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.07	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.07	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.18	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.08	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.08	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.25	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.20	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit :	op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing :	0.7 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing :	3.9 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
------------------	--------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM :	25031 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-23248 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	58578 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	937 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM :	25922 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-24139 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	60739 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	937 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting :	0.084 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.3 B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.27	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.26	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.25	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.29	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.28	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.18	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.50	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.14	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.15	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.74	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.71	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.19	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.20	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.10	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 2.1 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 10.7 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
----------------	-----------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 10009 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -4543 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 17656 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 2873 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 12495 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -7028 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 23688 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 2873 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.070 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.27	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.26	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.25	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.29	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.28	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.18	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.50	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.14	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.15	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.74	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.71	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.19	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.20	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.10	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 2.1 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 10.7 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
----------------	-----------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 10009 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -4543 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 17656 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 2873 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 12495 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -7028 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 23688 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 2873 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.070 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.33	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.32	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.32	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.34	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.34	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.29	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.53	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.15	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.16	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.79	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.75	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.21	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.22	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 2.2 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 11.6 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
----------------	-----------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 13756 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -7916 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 26294 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 3069 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 16403 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -10563 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 32718 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 3069 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.070 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.6 B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.14	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.31	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.14	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.31	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.11	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.07	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.07	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.14	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 0.3 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 1.7 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
----------------	----------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 17193 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -16414 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 40775 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 409 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 17649 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -16870 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 41882 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 409 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.084 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.7 B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.26	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.26	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.11	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.14	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit :	op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.01	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing :	0.4 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing :	2.0 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
------------------	--------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):				
- Momenten NBM :	16756 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-15797 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	39496 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	504 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):				
- Momenten NBM :	17290 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-16331 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	40793 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	504 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting :	0.084 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.8 B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.26	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.11	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.26	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.11	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.14	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.12	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit :	op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.01	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing :	0.4 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing :	2.0 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
------------------	--------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):				
- Momenten NBM :	16756 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-15797 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	39496 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	504 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):				
- Momenten NBM :	17290 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-16331 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	40793 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	504 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting :	0.084 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

5.5.9 B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.20	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse :	3			
- Sterkte :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.20	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.05	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.05	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.

Tussenliggende koppelbalk:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.06	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.12	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit :	op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse :	1			
- Sterkte :	0.02	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning :	0.02	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit :	0.01	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing :	0.3 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing :	1.6 mm	<	42.7 mm,	dus: voldoet.
------------------	--------	---	----------	---------------

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM :	14687 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-13934 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	34726 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	396 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM :	15132 Nm	<	30443 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM :	-14379 Nm	<	9316 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal :	35806 N	<	61324 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal :	396 N	<	8044 N,	dus: voldoet.
- Zetting :	0.084 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

N.B. NBM = Kantelstabiliteit bij neerwaarts bezwijkmodel
 OBM = Kantelstabiliteit bij opwaarts bezwijkmodel
 (zie TNO-rapport 93-CON-R0304)

5.6 OVERZICHT BELASTINGEN OP DE FUNDERING:

Overzicht maatgevende belastingen op de fundatiepaal per belastingscombinatie.
 (uitkomsten in rekentoestand, eventueel tussen haakjes in gebruikstoestand)

5.6.1 B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	14006	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	22450	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	2318	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	639	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	4224	N	(3197 N)

5.6.2 B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	48235	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	50422	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	600	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	166	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	1094	N	(937 N)

5.6.3 B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	-3011	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	4661	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	2106	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	581	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	3838	N	(2873 N)

5.6.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	-3011	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	4661	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	2106	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	581	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	3838	N	(2873 N)

5.6.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	8254	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	16437	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	2246	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	619	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	4094	N	(3069 N)

5.6.6 B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	27739	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	28682	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	259	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	71	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	471	N	(409 N)

5.6.7 B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	22223	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	23231	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	277	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	76	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	504	N	(504 N)

5.6.8 B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	22223	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	23230	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	277	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	76	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	504	N	(504 N)

5.6.9 B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	17453	N	
--	----	---	-------	---	--

- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	18244	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	289	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	217	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	60	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	396	N	(396 N)

5.6.10 Summary of loads at foundation:

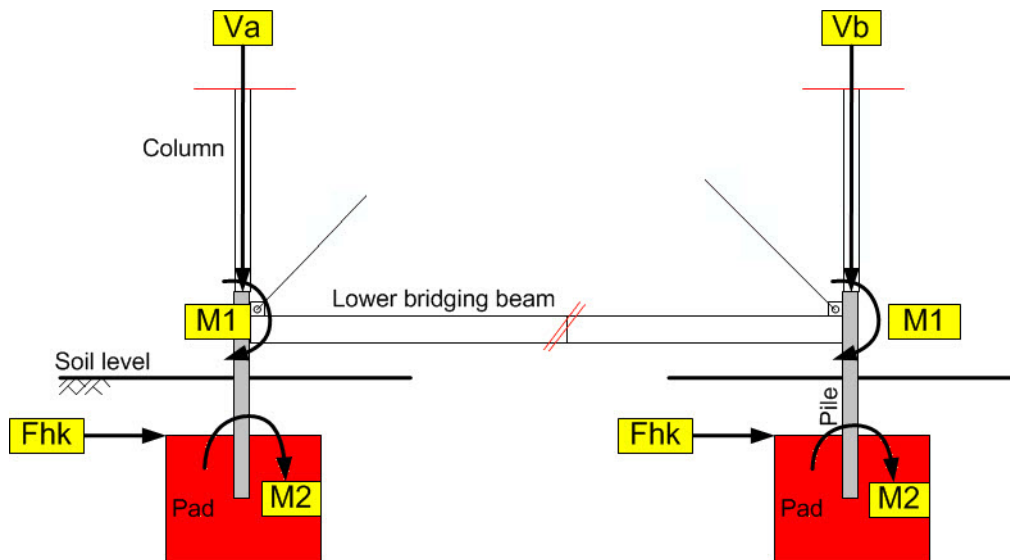


Table: Foundation forces in gutter direction

Table	Load V	Load V	Moment	Moment	Load H
Combination	Va ULS	Vb ULS	M1 ULS	M2 ULS	Fhk ULS
	+Feg[N]	+Feg[N]	[Nm]	[Nm]	[N]
	-anchor-				
BC1	14301	22744	2318	639	4224
BC2	48529	50716	600	166	1094
BC3	-2459	4949	2106	581	3838
BC4	-2459	4949	2106	581	3838
BC5	8549	16731	2246	619	4094
BC6	28070	29013	259	71	471
BC7	22511	23519	277	76	504
BC8	22511	23519	277	76	504
BC9	17741	18532	217	60	396

5.7 PROFIEL-EIGENSCHAPPEN

In dit deel worden alle profiel-eigenschappen weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en de belastingcombinaties.

5.7.1 Eigenschappen van de kolommen (RHBK100*100*3.0 mm S235 (EN1021) (index "k")):

- Oppervlakte : Ak = 1148.5 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.k = 1789800.5 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.k = 35796.0 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.k = 39.5 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.k = 1789800.5 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.k = 35796.0 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.k = 39.5 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.k = 50.0 mm
- Versch.neutr.lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lk = 3.200 m
- Gewicht : Gk = 28.852 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.k = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Ek = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.k = 35796 (Wply.k = 41595) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.k = 35796 (Wplz.k = 41595) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.k = 2708185 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.k = 300652 N
 - NRk.k = 300652 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.k = 9370 Nm
 - elastisch My.Rk.k = 9370 Nm
 - Mz.c.Rd.k = 9370 Nm
 - Mz.Rk.k = 9370 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfa_y = 0.49 alfa_z = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoek*tk/Lk)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 261.8 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lk = 392.3 mm
 - Omgez. hoeken : nhoek = 4
 - Op druk belast : fy-dk = fy-eq = 261.8 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tk = fy-eq = 261.8 N/mm²
- Bij de berekening van de kniklengte(n) van de kolommen wordt direkt rekening gehouden met de belastingconfiguratie (zie 6.3).

5.7.2 Eigenschappen van de koppelbalk boven (RHBK50*50*2.0 mm S235 (EN1021) (index "bk")):

- Oppervlakte : Abk = 380.6 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.bk = 145650.6 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.bk = 5826.0 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.bk = 19.6 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.bk = 145650.6 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.bk = 5826.0 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.bk = 19.6 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.bk = 25.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lbk = 4.500 m
- Gewicht : Gbk = 13.444 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.bk = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Ebk = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gbk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.bk = 5826 (Wply.bk = 6830) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.bk = 5826 (Wplz.bk = 6830) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.bk = 216046 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht Nc.Rd.bk = 102986 N
 - NRk.bk = 102986 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.bk = 1577 Nm
 - elastisch My.Rk.bk = 1577 Nm
 - Mz.c.Rd.bk = 1577 Nm
 - Mz.Rk.bk = 1577 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfa_y = 0.49 alfa_z = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekbk*tbk/Lbk)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 270.6 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lbk = 196.6 mm
 - Omgez. hoeken : nhoek = 4
 - Op druk belast : fy-dbk = fy-eq = 270.6 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tbk = fy-eq = 270.6 N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - Stel: Kniklengte lkbk = lky = lkz = v = 4500 mm (conservatieve benadering)
 - Dan is de kleinste traagheidsstraal maatgevend:
 - i-minbk = min (iy.bk, iz.b) = 19.6 mm
 - Slankheid : lambda_dbk = 4500 / 19.6 = 230
 - Chibk.y = min(0.137 , 1.0) = 0.137 , Chibk.z = min(0.137 , 1.0) = 0.137

5.7.3 Eigenschappen van de schoren (RD10.0) (index "s"):

- Oppervlakte	As	=	79	mm ²			
- Ontwikkelde lengte	Ls	=	31	mm			
- Weerstandsmom.pl.y-as	Wpy.s	=	98	mm ³			
- Weerstandsmom.pl.z-as	Wpz.s	=	98	mm ³			
- Rekenwaarde van de sterkte:							
- Normaalkracht	Nc.Rd.s	=	18457	N			
	NRk.s	=	18457	N			
- Moment	My.c.Rd.s	=	23	Nm	Mz.c.Rd.s	=	23 Nm
	My.Rk.s	=	23	Nm	Mz.Rk.s	=	23 Nm

5.7.4 Afgeleide waarden van het dubbel schoorvak:

- Onder: Lengte kolom	Lo	=	1275	mm			
	Lengte schoor	Lso	=	$(v^2 + (Lo+vok)^2)^{1/2}$	=	$(4500^2 + (1275 + 0)^2)^{1/2}$	= 4677 mm
	Hoek schoor	aso	=	$\arccos(v/Lso)$	=	15.8	°
- Boven: Lengte kolom	Lb	=	h-vs-Lo	=	3200-650-1275	=	1275 mm
	Lengte schoor	Lsb	=	$(v^2 + Lb^2)^{1/2}$	=	$(4500^2 + 1275^2)^{1/2}$	= 4677 mm
	Hoek schoor	asb	=	$\arccos(v/Lsb)$	=	15.8	°

5.7.5 Eigenschappen van de tussenbalk (RHBK50*50*2.0 mm S235 (EN1021) (index "tb")):

- Oppervlakte	: Atb	=	380.6	mm ²			
- Traagheidsmoment y-as	Iy.tb	=	145650.6	mm ⁴			
- Weerstandsmoment y-as	Wy.tb	=	5826.0	mm ³			
- Traagheidsstraal y-as	iy.tb	=	19.6	mm			
- Traagheidsmoment z-as	Iz.tb	=	145650.6	mm ⁴			
- Weerstandsmoment z-as	Wz.tb	=	5826.0	mm ³			
- Traagheidsstraal z-as	iz.tb	=	19.6	mm			
- Neutrale lijn z-as	: ez.tb	=	25.0	mm			
- Versch.neutr lijn y	: eNy	=	0.0	mm			
	z : eNz	=	0.0	mm			
- Lengte	: Ltb	=	4.500	m			
- Gewicht	: Gtb	=	13.444	kg			
- Rekenwaarde vloeigrens	fy.tb	=	235.0	N/mm ²			
- Elasticiteitsmodulus	Etb	=	210000	N/mm ²			
- Afschuivingsmodulus	Gtb	=	80769	N/mm ²			
- Weerstandsmom.pl.y-as	Wpy.tb	=	5826	(Wply.tb = 6830)			mm ³
- Weerstandsmom.pl.z-as	Wpz.tb	=	5826	(Wplz.tb = 6830)			mm ³
- Torsietraagheidsmoment	It.tb	=	216046	mm ⁴			
- Rekenwaarde van de sterkte:							
- Normaalkracht	Nc.Rd.tb	=	102986	N			
	NRk.tb	=	102986	N			
- Moment plastisch	My.c.Rd.tb	=	1577	Nm	Mz.c.Rd.tb	=	1577 Nm
	elastisch My.Rk.tb	=	1577	Nm	Mz.Rk.tb	=	1577 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2	alfay	=	0.49				
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:							
- Materiaalkwaliteit	: S235 (EN10219)	(fy = 235.0 N/mm ² , ft = 360.0 N/mm ²)					
	fy-eq	=	$fy + (7 * \text{nhoek} * \text{ttb} / \text{Ltb}) * (ft - fy) < (fy + ft) / 2$	=	270.6	N/mm ²	
- Ontwikkelde lengte	: Ltb	=	196.6	mm			
- Omgez. hoeken	: rhoek	=	4				
- Op druk belast	: fy-dtb	=	fy-eq	=	270.6	N/mm ²	
- Op trek belast	: fy-ttb	=	fy-eq	=	270.6	N/mm ²	
- Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:							
- Stel: Kniklengte	lktb	=	lky = lkz = v	=	4500	mm (conservatieve benadering)	
- Verticale as (= sterke as):							
- Slankheid	: lambda-ytb	=	4500 / 19.6	=	230		
- omega-ytb	=	7.28	(art. 7.4 van RKP 1990 met alfa = 0.49)				
- Eulerse knikkracht:							
	$\pi^2 * E * Iy.tb$	=	$\pi^2 * 2.1E5 * 15E4$				
- FEytb	=	$\frac{\pi^2 * E * Iy.tb}{v^2}$	=	$\frac{\pi^2 * 2.1E5 * 15E4}{4500^2}$	=	14908	N
- Horizontale as (= zwakke as):							
- Slankheid	: lambda-ztb	=	4500 / 19.6	=	230		
- Chitb.y	=	$\min(0.137, 1.0)$	=	0.137	, Chitb.z	=	$\min(0.137, 1.0) = 0.137$

5.7.6 Eigenschappen van de koppelbalk onder (RHBK80*80*6.0 mm S235 (EN1021) (index "ok")):

- Oppervlakte : Aok = 1683.3 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.ok = 1503747.7 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.ok = 37593.7 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.ok = 29.9 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.ok = 1503747.7 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.ok = 37593.7 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.ok = 29.9 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.ok = 40.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lok = 4.500 m
- Gewicht : Gok = 59.462 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.ok = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Eok = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gok = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.ok = 37594 (Wply.ok = 45931) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.ok = 37594 (Wplz.ok = 45931) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.ok = 2403748 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht Nc.Rd.ok = 500779 N
 - NRk.ok = 500779 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.ok = 11184 Nm Mz.c.Rd.ok = 11184 Nm
 - elastisch My.Rk.ok = 11184 Nm Mz.Rk.ok = 11184 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfa_y = 0.49 alfa_z = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekok*tok/Lok)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 297.5 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lok = 299.4 mm
 - Omgez. hoeken : nhoek = 4
 - Op druk belast : fy-dok = fy-eq = 297.5 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tok = fy-eq = 297.5 N/mm²
- Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:
 - Stel: Kniklengte l_{kok} = l_{ky} = l_{kz} = v = 4500 mm (conservatieve benadering)
 - Verticale as (= sterke as):
 - Slankheid : lambda-yok = 4500 / 29.9 = 151
 - omega-yok = 3.53 (art. 7.4 van RKP 1990 met alfa = 0.49)
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eyok} = \frac{\pi^2 * E * I_{yok}}{v^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 150E4}{4500^2} = 153911 \text{ N}$$
 - Horizontale as (= zwakke as):
 - Slankheid : lambda-zok = 4500 / 29.9 = 151
 - Chiob.y = min(0.283 , 1.0) = 0.283 , Chiob.z = min(0.283 , 1.0) = 0.283

5.7.7 Controle gootlengte.

Uitgangspunten volgens de norm.

Profiel	Uitzettings coëfficiënt alfa	Temperatuur verschil dT	Gootlengte met verh. therm. uitzetting Lklem
Goot staal verzinkt	12.0+10-6 1/°K	40 °K	0.00 m
Goot staal wit	12.0+10-6 1/°K	30 °K	0.00 m
Goot aluminium	24.0+10-6 1/°K	30 °K	13.50 m
Goot aluminium geïsoleerd	24.0+10-6 1/°K	25 °K	13.50 m

Controle maximale kaslengte:

In EN13031-1 is geen absolute grens gesteld aan de maximale gootlengte.

In de praktijk zal de maximale gootlengte afhankelijk zijn van de eigenschappen van de kasomhulling. Uitgangspunt hierbij is dat het omhullingsmateriaal onder alle omstandigheden voldoende speling in de opleggingen heeft en behoudt.

Met de module Glas van CASTA/Kassenbouw kan bijvoorbeeld de glasverdeling in de gevels hierop gecontroleerd worden.

Daarnaast kan ook de wijze waarop het hemelwater wordt afgevoerd (afschot) een belangrijke rol spelen bij het bepalen van de toelaatbare gootlengte.

Bij deze controleberekening wordt naar de effecten van de thermische vervormingen op de scheefstand van de kopgevelkolom gekeken.

Maximale thermische scheefstand utoel = $2 \cdot \frac{H}{150} = 2 \cdot \frac{3200}{150} = 42.7$ mm.
 van de kopgevelkolom:

Deze vervormingseis is bepaald op basis van de eisen van EN13031-1, vervormingen gevelsteunende onderdelen (artikel 11.2.2).
 De doorbuigingseis is vermenigvuldigd met een factor 2 in verband met vervormingslijn van de kopgevelkolom bij thermische uitzetting/krimp van de goot.

Maximale kaslengte per type goot wordt met de volgende formule bepaald:

$$L_{\max} = \frac{2 \cdot \text{utoel}}{\alpha \cdot dT} + L_{\text{klem}}$$

(met een maximum van 350 m. Dit maximum is vastgesteld in overleg met de Adviesraad van Hortivation)

Toetsing gootlengte voor thermische vervormingen:

Goot	Lmax (m)	
staal verzinkt	177.8 > 45.0	m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.
staal wit	237.0 > 45.0	m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.
aluminium	132.0 > 45.0	m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.
aluminium geïsoleerd	155.7 > 45.0	m, scheefstand gevelkolom < 42.7 mm.

5.7.8 Profieleigenschappen van de fundatie

In dit deel worden alle profieleigenschappen van de fundatie weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en belastingcombinaties. Hierbij gaat het hoofdzakelijk om de kantelstabiliteit bij neerwaartse belasting (5.7.2), en de kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (5.7.3). De berekeningen zijn opgezet in gebruikstoestand, met dien verstande, dat de grondspanningen niet groter mogen worden dan de toelaatbare grondspanning.

5.7.8.1 Algemene eigenschappen:

a) Eigenschappen van de grond (zie ook TNO-rapport BI-87-02):

- Grondsoort : Klei NPR3860
- Volumiek gewicht grond : $\gamma_g = 15.0$ in kN/m³
- Inwendige wrijvingshoek : $\phi_i = 20.0$ in graden
- Cohesie : $c_0 = 4000$ in N/m²
- Toelaatbare spanning : $\sigma_{gr} = 0.070$ in N/mm²
- Prim. samendrukkingsindex : $C_{ceff} = 0.750$
- Sec. samendrukkingsindex : $C_{infe} = 0.010$
- Volumiek gewicht verzadigd : $\gamma_{sat} = 15$ in kN/m³
- Poriëngetal (NEN 6744) : $e_{porie} = 2.3$
- Bedding : $k = 20$ in MN/m³ ($k=20000$ kN/m³)
- Neutrale gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{n-1} = 1 - \sin(20.0^\circ) = 0.66$
- Passieve gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{p-1} = [\tan(45^\circ + 0.5 \cdot 20.0^\circ)]^2 = 2.04$
- Actieve gronddrukcoëfficiënt : $\lambda_{a-1} = [\tan(45^\circ - 0.5 \cdot 20.0^\circ)]^2 = 0.49$

b) Eigenschappen van de poeren:

- Eigen gewicht van de paal ($\gamma_g = 24000$ N/m³):
 $G_{paal} = 0.120 \cdot 0.120 \cdot 1.000 \cdot 24000 = 346$ N
 (inclusief het gedeelte van de paal in de poer)
- Eigen gewicht van de poer ($\gamma_g = 24000$ N/m³):
 $G_{poer} = \pi/4 \cdot 0.930^2 \cdot 0.800 \cdot 24000$
 $\quad - 0.120 \cdot 0.120 \cdot (1.000 - 0.300 - 0.400) \cdot 24000 = 12939$ N
 (exclusief het gedeelte van de paal in de poer)
- Eigen gewicht van de grond boven op de poer:
 $G_{grond} = [(\pi/4 \cdot 0.930^2 - 0.120 \cdot 0.120) \cdot 0.400] \cdot 15000 = 3989$ N
 ----- +
- Totaal: $G_{fund} = G_{paal} + G_{poer} + G_{grond} = 17274$ N

Uit extrapolatie van enkele experimenten (zie TNO-rapport B-79-268) kan bij benadering de veerstijfheid van de poer worden afgeleid:

- Veerstijfheid van de poer:
 $k_{poer} \text{ (kNm/rad)} = 1000 \cdot d_{poer}(m) - 200 =$
 $\quad = 930 - 200 = 730 \text{ kNm/rad} = 730 \text{ E6 Nmm/rad}$
- Reductie-factor van de poer:
 $\quad k_{poer} \cdot v^{-1} = 730E6 \cdot 4500^{-1}$
 $- r_{poer} = (1.0 + \frac{0.120 \cdot 0.120}{6 \cdot E \cdot I_{xok}}) = (1.0 + \frac{730E6 \cdot 4500^{-1}}{6 \cdot 2.1E5 \cdot 150E4}) = 0.366$

Daar het rekenen met een ronde poer tamelijk gecompliceerd is, wordt gerekend met een poer met een vierkant grondvlak. Hierbij wordt er voor gezorgd dat het oppervlak van de vierkante poer gelijk is aan die van de ronde poer (dus ook de inhoud van de poer is hetzelfde):

- $B = (\pi/4 \cdot d_{poer}^2)^{1/2} = (\pi/4 \cdot 930^2)^{1/2} = 824.2 \text{ mm}$

Voor de eenvoud in de formules wordt overgegaan op verkorte symbolen:

- Hoogte van de poer $H = h_{poer} = 800 \text{ mm}$
- Diepte van de poer $D = D_{poer} = 400 \text{ mm}$

5.7.8.2 Kantelstabiliteit neerwaarts bezwijkmodel (NBM) (in gebruikstoestand):

Dit bezwijkmodel treedt uitsluitend op bij neerwaartse belasting op de poer. De poeren worden verondersteld te willen kantelen om het linkerbenedenpunt A, uitgaande van een horizontale kracht ter plaatse van de kolomverankering F_{hk}' , werkend van links naar rechts. Dit kantelen wordt versterkt door de verticale neerwaartse belasting F_{vp}' . Ten gevolge van dit kantelen ontstaat bij het rechterkopvlak opstuwing van grond, dus overwegend passieve gronddruk en bij het linkerkopvlak een overwegend actieve gronddruk.

De kanteling van de poeren wordt tegengegaan door de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (M_{wz} ; F_{vz} ; F_{hz}), het verschil in gronddruk tegen het linker- (F_{ha} ; M_{ha}), respectievelijk het rechterkopvlak (F_{hp} ; M_{hp}) van de poer, de wrijving van de grond tegen het linker- (F_{va}) en rechterkopvlak (F_{vp}) en de gronddruk tegen de onderkant van de poer (F_{vo} ; M_{vo}).

$$M_{p_neerw} = M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + F_{vp} \cdot B + M_{vo} \quad (\text{linksom} = +)$$

$$F_{v_neerw} = F_{vz} + F_{va} + F_{vp} + F_{vo} \quad (\text{opwaarts} = +)$$

$$F_{h_neerw} = F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \quad (\text{van rechts naar links} = +)$$

- a) Het berekenen van de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (M_{wz} , F_{vz} en F_{hz}) gaat als volgt.

Op een vlakje 0 op een afstand R van het draaipunt A werkt de neutrale gronddruk S_n . Bij draaiing van het vlakje om punt A ontstaat er een wrijvingskracht F_w , die loodrecht op de straal R is gericht en de draaiing tegenwerkt. Bij de berekening van de wrijvingskracht F_w wordt rekening gehouden met de afstand van vlakje 0 tot draaipunt A (R/R_{max}). Met behulp van de cosinus en de sinus kan de verticale en de horizontale component bepaald worden. Vermenigvuldiging van F_w met de straal R geeft het tegenwerkend koppel M_w . Door nu het gehele oppervlak van beide zijwanden op deze manier af te tasten kunnen M_{wz} , F_{vz} en F_{hz} bepaald worden.

- Moment t.g.v. wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale hefboomsarm ten opzichte van het draaipunt A:

$$- R_{max} = (B^2 + H^2)^{1/2} = (824.2^2 + 800^2)^{1/2} = 1149 \text{ mm}$$

Maximale schuifspanning ter hoogte van het draaipunt A:

$$\begin{aligned} - T_{nA} &= s_g \cdot (D + H) \cdot \lambda_{n-n} \cdot \tan(\phi_i) + C_0 \\ &= 15 \text{ E-6} \cdot (400 + 800) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{ E-3} = 8.31 \text{ E-3 N/mm}^2 \end{aligned}$$

De totale momentcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de beide zijwanden van de poer kan door integratie bepaald worden. Uitschrijven resulteert in de volgende formule:

$$\begin{aligned}
 - M_{wz} &= \frac{2 \cdot H \cdot B}{R_{\max}} \cdot \left[T_n A \cdot \left(\frac{B^2}{3} + \frac{H^2}{3} \right) - s_g \cdot H \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) \cdot \left(\frac{B^2}{6} + \frac{H^2}{4} \right) \right] \\
 &= \frac{2 \cdot 800 \cdot 824.2}{1149} \cdot \left[8.31 \text{E-}3 \cdot \left(\frac{824.2^2}{3} + \frac{800^2}{3} \right) - 15 \text{E-}6 \cdot 800 \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) \cdot \left(\frac{824.2^2}{6} + \frac{800^2}{4} \right) \right] = 3295 \text{E}3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- De verticale kracht ten gevolge van de wrijving tegen de zijvlakken van de poer kan op een soortgelijke manier bepaald worden.

Maximale schuifspanning op halve hoogte van de poer (centrum C):

$$\begin{aligned}
 - T_{nC} &= s_g \cdot (D + H/2) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 15 \text{E-}6 \cdot (400 + 800/2) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{E-}3 = 6.87 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned}
 - F_{vz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_{nC} \cdot 0.5 \cdot B / R_{\max} \\
 &= 2 \cdot 800 \cdot 824.2 \cdot 6.87 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 824.2 / 1149 = 3252 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Horizontale kracht ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale schuifspanning op 1/3-hoogte vanaf de bovenkant van de poer:

$$\begin{aligned}
 - T_{nD} &= s_g \cdot (D + H/3) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 15 \text{E-}6 \cdot (400 + 800/3) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{E-}3 = 6.39 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned}
 - F_{hz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_{nD} \cdot 0.5 \cdot H / R_{\max} \\
 &= 2 \cdot 800 \cdot 824.2 \cdot 6.39 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 800 / 1149 = 2937 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- b) Het bepalen van de horizontale normaal- en de verticale schuifkrachten op het linker- en rechterkopvlak (F_{ha}, F_{va}, F_{hp} en F_{vp}) gaat als volgt.

Als de poer in de richting van de horizontale kracht op het punt staat te gaan draaien, dan wordt de grond aan de rechterzijde opgestuikt en aan de andere zijde losgelaten. Aan de zijde waar de grond wordt opgestuikt ontwikkelt de passieve gronddruk zich het best aan de bovenzijde van de poer, die het meest zijdelings verplaatst. Het niveau van de poer ter hoogte van het draaipunt verplaatst zijdelings niet, derhalve ontwikkelt zich aldaar de neutrale gronddruk. Tussen de passieve gronddruk aan de bovenzijde van de poer en de neutrale gronddruk aan de onderzijde van de poer wordt rechtlijnig geïnterpoleerd.

In formules:

- Rechts = passieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van passieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{hp} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/4) + \lambda_{p-p} * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 15 \text{ E-6} * 824.2 * 800^2 * [0.66 * (400 /2 + 800 /4) \\
 &\quad + 2.04 * (400 + 800 /4)] = 3922 \text{ E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{vp} &= B * H * [T_{nc} + sg * (\lambda_{p-p} - \lambda_{n-n}) * \tan(\phi_i) * (D/2 + H/6)] \\
 &= 824.2 * 800 * [6.87 \text{ E-3} + 15 \text{ E-6} * (2.04 - 0.66) * \tan(20^\circ) \\
 &\quad * (400 /2 + 800 /6)] = 6190 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{hp} &= sg * B * H * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/3) + \lambda_{p-p} * (D/2 + H/6)] \\
 &= 15 \text{ E-6} * 824.2 * 800 * [0.66 * (400 /2 + 800 /3) \\
 &\quad + 2.04 * (400 /2 + 800 /6)] = 9761 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Aan de tegenovergelegen linkerzijde ontwikkelt zich iets dergelijks, nl. aan de bovenzijde komt de poer het meest vrij van de grond (actieve gronddruk), terwijl ook hier de poer ter hoogte van het draaipunt niet zijdelings verplaatst (neutrale gronddruk).

In formules:

- Links = actieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van actieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{ha} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/4) + \lambda_{a-a} * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 15 \text{ E-6} * 824.2 * 800^2 * [0.66 * (400 /2 + 800 /4) \\
 &\quad + 0.49 * (400 + 800 /4)] = 1470 \text{ E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{va} &= B * H * [T_{nc} + sg * (\lambda_{a-a} - \lambda_{n-n}) * \tan(\phi_i) * (D/2 + H/6)] \\
 &= 824.2 * 800 * [6.87 \text{ E-3} + 15 \text{ E-6} * (0.49 - 0.66) * \tan(20^\circ) \\
 &\quad * (400 /2 + 800 /6)] = 4331 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{ha} &= s_g * B * H * [\lambda_n * (D/2 + H/3) + \lambda_a * (D/2 + H/6)] \\
 &= 15E-6 * 824.2 * 800 * [0.66 * (400 /2 + 800 /3) \\
 &\quad + 0.49 * (400 /2 + 800 /6)] = 4653 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c) Het berekenen van de maximale toelaatbare gronddruk tegen de onderkant van de poer (F_{vo} ; M_{vo}) gaat als volgt.

Er wordt vanuit gegaan, dat de poer ten gevolge van de overheersende neerwaartse kracht zoveel "zakt", dat overal tegen de onderkant van de poer de maximale grondspanning optreedt.

- Verticale kracht ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

$$- F_{vo} = s_{gr} * B^2 = 0.070 * 824.2^2 = 47550 \text{ N}$$

- Moment (rechtsom) ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

$$- M_{vo} = 1/2 * s_{gr} * B^3 = 1/2 * 0.070 * (824.2)^3 = 19595E3 \text{ Nmm}$$

d) Met behulp van de afgeleide grootheden kan de kantelstabiliteit van de poeren bij een resulterende neerwaartse belasting worden afgeleid:

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned}
 - M_{p_neerw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + F_{vp} * B + M_{vo} \\
 &= 3295 + 3922 - 1470 + 6190 * 0.8242 + 19595 = 30443 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie (opwaarts = +):

$$\begin{aligned}
 - F_{v_neerw} &= F_{vz} + F_{va} + F_{vp} + F_{vo} \\
 &= 3252 + 4331 + 6190 + 47550 = 61324 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned}
 - F_{h_neerw} &= F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \\
 &= 2937 + 9761 - 4653 = 8044 \text{ N}
 \end{aligned}$$

In principe is een veel grotere horizontale oplegreactie mogelijk, namelijk $F_{h_max} = s_{gr} * B * H$. In dat geval treden echter ontoelaatbare horizontale verplaatsingen ($> 5,0 \text{ mm}$) op.

5.7.8.3 Kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (in gebruikstoestand):

Op analoge wijze kan de kantelstabiliteit van de poeren worden berekend bij opwaarts bezwijken. Dit treedt altijd op bij een resulterende opwaartse belasting maar kan ook optreden bij een geringe neerwaartse belasting. De poeren worden alleen nu verondersteld te willen kantelen om het rechterbenedenpunt B. Ten gevolge van de opwaartse belasting vervalt de gronddruk tegen de onderkant van de poer.

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned} - M_{p_opw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + F_{va} \cdot B \\ &= 3295 + 3922 - 1470 + 4331 \cdot 0.8242 = 9316 \quad \text{Nm} \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie (opwaarts = +):

$$\begin{aligned} - F_{v_opw} &= F_{vz} + F_{va} + F_{vp} \\ &= 3252 + 4331 + 6190 = 13773 \quad \text{N} \end{aligned}$$

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned} - F_{h_opw} &= F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \\ &= 2937 + 9761 - 4653 = 8044 \quad \text{N} \end{aligned}$$

5.7.9 Maximale neerwaartse draagkracht volgens NEN 6744:

Bij de berekening van de maximale neerwaartse draagkracht volgens NEN 6744 wordt uitgegaan van een gedraineerde toestand volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744.

a) Draagkrachtfactoren:

De draagkrachtfactoren volgens art. 5.2.3.3 van NEN 6744 zijn uitsluitend afhankelijk van de hoek van inwendige wrijving van de grond:

- Draagkrachtfactor voor de invloed van de gronddekking/diepte:

$$N_q = \exp[\pi \cdot \tan(\phi_i)] \cdot \tan(\pi/4 + \phi_i/2)^2 = 6.4$$

- Draagkrachtfactor voor de invloed van de cohesie:

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan(\phi_i)} = 14.8$$

- Draagkrachtfactor voor de invloed van het effectieve volumieke gewicht van de grond onder het funderingsoppervlak:

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\phi_i) = 3.9$$

b) Vormfactoren:

De vormfactoren volgens artikel 5.2.3.3 van NEN 6744 zijn afhankelijk van de voornoemde draagkrachtfactoren en van de vorm van het funderingsoppervlak. Voor een cirkelvormig of vierkant element geldt: $B_{eff} = L_{eff} = 1$

- Gronddekking/diepte: $s_q = 1 + 1.0 \cdot \sin(\phi_i) = 1.34$

- Invloed cohesie: $s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = 1.4$

- Eff. vol. gewicht: $s_{\gamma} = 1 - 0.3 \cdot 1.0 = 0.7$

c) Rekenwaarde van de (maximale) neerwaartse draagkracht (art. 5.2.3.3):

Voor de berekening in de gedraineerde toestand van de rekenwaarde van de maximale funderingsdruk loodrecht op het funderingsoppervlak gelden de volgende formules (art. 5.2.3.3 van NEN 6744):

- Cohesie: $S_{maxcd} = C_o * N_c * s_c = 0.083 \text{ N/mm}^2$
- Gronddekking: $S_{maxqd} = s_g * (D_{poer} + h_{poer}) * N_q * s_q = 0.155 \text{ N/mm}^2$
- Vol. gewicht: $S_{maxgd} = 0.5 * s_g * d_{poer} * N_{gamma} * s_{gamma} = 0.019 \text{ N/mm}^2$

Voor de totale maximale funderingsdruk geldt aldus:

$$S_{maxgrd} = S_{maxcd} + S_{maxqd} + S_{maxgd} = 0.257 \text{ N/mm}^2$$

Uitgaande van een volledig effectief funderingsoppervlak (dat wil o.a. zeggen: een centriscche neerwaartse belasting) geldt de volgende rekenwaarde van de draagkracht in gedraineerde toestand:

$$F_{maxgrd} = 0.25 * \pi * d_{poer}^2 * S_{maxgrd} = 174693 \text{ N}$$

Er wordt een extra veiligheidsfactor 1.5 in rekening gebracht onder andere voor niet-volledige effectiviteit van de poer (excentriciteiten) en een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond:

$$F_{maxgr} = \frac{F_{maxgrd}}{\gamma_{mag}} = \frac{174693}{1.5} = 116462 \text{ N}$$

d) Bepaling van de maatgevende neerwaartse draagkracht (zie ook 2.2):

$$F_{v_neerw} = \min(F_{maxgr}, F_{v_neerw}) = \min(116462, 61324) = 61324 \text{ N}$$

%PLL = 1

5.8 B.C.1: a1) Dead load + Services + Wind + Crop

5.8.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Eigen gewicht dek } (1.00 * 140) = 140 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Gewasbelasting } (1.00 * 0) = 0 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Installaties } (1.00 * 100) = 100 \text{ N/m}^2 \\
 & \text{-----} + \\
 & \text{Totaal : } 240 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Neerwaartse belasting per kolom} = 240 * 12.80 * 4.50 = 13824 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht van de goot} = 4 * (1.00 * 70) * 4.50 = 1260 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht van het spant} = (1.00 * 2764) = 2764 \text{ N} \\
 & - \text{Transportlast} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 1.00 * 0 = 0 \text{ N} \\
 & \text{-----} + \\
 & \text{Totaal} = 17848 \text{ N} \\
 & - \text{Windbelasting} = 12.80 * 4.50 * (-0.20 - (-0.20)) * (1.00 * 533) = 0 \text{ N} \\
 & \text{In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = } 17848 \text{ N}
 \end{aligned}$$

In rekentoestand:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Eigen gewicht dek } (1.02 * 140) = 143 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Gewasbelasting } (1.28 * 0) = 0 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Installaties } (1.02 * 100) = 102 \text{ N/m}^2 \\
 & \text{-----} + \\
 & \text{Totaal : } 245 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Neerwaartse belasting per kolom} = 245 * 12.80 * 4.50 = 14118 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht van de goot} = 4 * (1.02 * 70) * 4.50 = 1287 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht van het spant} = (1.02 * 2764) = 2823 \text{ N} \\
 & - \text{Transportlast} = 0.00 * \max(1250, 1000) + 1.02 * 0 = 0 \text{ N} \\
 & \text{-----} + \\
 & \text{Totaal} = 18228 \text{ N} \\
 & - \text{Windbelasting} = 12.80 * 4.50 * (-0.20 - (-0.20)) * (1.28 * 533) = 0 \text{ N} \\
 & \text{In rekentoestand: Fvk = -N = } 18228 \text{ N}
 \end{aligned}$$

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

$$\begin{aligned}
 & - \text{De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:} \\
 & \quad - V_{\text{tot}} = 45.0 / 4.50 * (18228 - 0) + 0 = 182279 \text{ N} \\
 & - \text{Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld} \\
 & \quad \text{worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn} \\
 & \quad \text{beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:} \\
 & \quad - V_z = 182279 / (2 * 2) = 45570 \text{ N}
 \end{aligned}$$

5.8.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

De horizontale belasting in gootrichting is opgebouwd uit twee componenten, namelijk wind en scheefstand. Voor iedere kolommenrij geldt:

a) Wind op de kopgevels:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Kaphoogte (hkap)} = 3.20 / 2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m} \\
 & - \text{Kapoppervlak (Akap)} = 4 * 3.20 / 2 * 0.92 = 5.9 \text{ m}^2 \\
 & - \text{Geveloppervlak (Agevel)} = 12.80 * 3.20 = 41.0 \text{ m}^2 \\
 & - F_{h,\text{kop}} = (0.7 + 0.3) * (1.28 * 533) * (5.9 + 41.0/2) * 0.72 = 12902 \text{ N}
 \end{aligned}$$

b) Windwrijving op het kasdek:

$$\begin{aligned}
 & - F_{h,\text{dek}} = c_f * l_{\text{spant}} * Q_{\text{wind}} * \max(0, (L_{\text{kas}} - 2 * (p_h + f_h))) * c_{\text{sdc}} \\
 & \quad = 0.01 * 12.80 * (1.28 * 533) * 38.00 * 0.72 = 2378 \text{ N} \\
 & - F_{h,\text{wind}} = F_{h,\text{kop}} + F_{h,\text{dek}} = 12902 + 2378 = 15280 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c) Extra horizontale krachten t.g.v. initiële scheefstand:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Kolommen: } \psi_i = 1/258 \text{ (zie EN 1993-1-1)} \\
 & - \text{Spanten: } \psi_s = 1/200 \text{ (zie EN 1993-1-1)} \\
 & - F_{h,\text{scheefstand}} = (1/258 + 1/200) * |182279| = 1617 \text{ N}
 \end{aligned}$$

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

$$\begin{aligned}
 & - F_{h,\text{tot}} = 15280 + 1617 = 16897 \text{ N} \\
 & \text{Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:} \\
 & - F_{hk} = 16897 / (2 * 2) = 4224 \text{ N} \\
 & \text{In gebruikstoestand: (fCd = CsCd' / CsCd = 0.70 / 0.72 = 0.97)} \\
 & - F_{h,\text{wind}}' = F_{h,\text{kop}}' + F_{h,\text{dek}}' = 10119 + 1865 = 11984 \text{ N} \\
 & - F_{h,\text{tot}}' = 11984 * 0.97 + 1584 = 12788 \text{ N} \\
 & - F_{hk}' = 12788 / (2 * 2) = 3197 \text{ N}
 \end{aligned}$$

5.8.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{4224 * 1500 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 15.05 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 300 + 400 + 800 - 0 = 1500 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 15.05 \text{ E-3} * 0.366 = 5.50 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 730 \text{ E6} * 5.50 \text{ E-3} = 4019 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 4019 \text{ E3} * 3197 / 4224 = 3041 \text{ E3 Nmm}$$

5.8.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 18228 + \frac{650}{3200 + 300 - 300} * (45570 - 18228) = 23782 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 18228 + 4224 * \frac{3200 + 300 - 300 + 0}{4500} = 21232 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 28.599$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 28.599 * 21232 = 607216 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{L_{knik,o}} = \frac{3 * 2.1E5 * 179E4}{1275} = 884 \text{ E6 Nmm/rad}$$

$$(\text{dubbel schoorvak: } L_{knik,o} = \text{Max}(L_o, L_b) = \text{Max}(1275, 1275) = 1275 \text{ mm})$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(L_{knik,o})^2 * Nko} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2 * 607216} = 3.76$$

$$- n/n-1 = 1.36$$

$$- \text{cr-E} = 884 \text{ E6} / 1.36 = 649 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{649E6 * 650}{2.1E5 * 179E4} = 1.122$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 650 * (4 + \frac{10}{1.122})^{0.5} = 2335 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(2335)^2} = 680141 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{680141}{23782} = 28.5993$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Izk}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{28.60 * 18228} \right)^{0.5} = 2668 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 2668 / (3200 + 300 - 300) = 0.83)$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zkb} = lkzkb / izk = 2668 / 39.5 = 68$
 - $Chikb.z = \min(0.718, 1.0) = 0.718$

- In spantrichting:

- De kniklengte in spantrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.05 * (3200 + 300 - 300 - 100 - 450) = 5432 \text{ mm}$$

$$(N.B.: kheff = \text{effectieve kolomhoogte} = 3.2 - 0.10 - 0.45 = 2.65 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda\text{-yk} = lkyk / iyk = 5432 / 39.5 = 138$
 - $Chik.y = \min(0.326, 1.0) = 0.326$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = 1275 \text{ mm}$

$$\text{- Eulerse knikkracht: } FEzko = \frac{\pi^2 * E * Izk}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zko} = lkzko / izk = 1275 / 39.5 = 32$
 - $Chiko.z = \min(0.927, 1.0) = 0.927$

- In spantrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

5.8.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -18228 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 4224 \cdot 650 = 2746 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-18228|}{300652} + \frac{|2746|}{9370} = 0.354$$

controle: $0.354 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-18228|}{1148.5} + \frac{|2746|}{41.595} = 81.9 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 81.9 / 235.0 = 0.348$$

controle: $0.348 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,dare,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + (0.71 - 0.2) \cdot (|-18228| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.94 \\ K_{z,3} &= C_{m2} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-18228| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.96 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.94, 0.96) = 0.94 \\ K_{y,b} &= 0.6 \cdot K_{z,b} = 0.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-18228| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0) + 0.94 \cdot |2745.8| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.085 + 0.275 = 0.360 \\ UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-18228| / (0.326 \cdot 300652 / 1.0) + 0.56 \cdot |2745.8| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.186 + 0.165 = 0.351 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.360, 0.351) = 0.360$$

controle: $0.360 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

5.8.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(18228 + 2 \cdot 4224 \cdot (3200 + 300 - 300 + 0) / 4500) = -24236 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 \cdot 1.04 \cdot 2746 \text{ E3}, 2746 \text{ E3}) = 2746 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-24236|}{300652} + \frac{|2746|}{9370} = 0.374$$

controle: $0.374 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-24236|}{1148.5} + \frac{|2746|}{41.595} = 87.1 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 87.1 / 235.0 = 0.371$$

controle: $0.371 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.60$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 2745.77$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 1372.89$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.60 \cdot (1.0 + (0.34 - 0.2) \cdot (|-24236| / (0.927 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.61 \\ K_{z,3} &= C_{m2} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.60 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-24236| / (0.927 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.64 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.61, 0.64) = 0.61 \\ K_{y,b} &= 0.6 \cdot K_{z,b} = 0.36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-24236| / (0.927 \cdot 300652 / 1.0) + 0.61 \cdot |2745.8| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.087 + 0.178 = 0.265 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-24236| / (0.326 \cdot 300652 / 1.0) + 0.36 \cdot |2745.8| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.247 + 0.107 = 0.354 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.265, 0.354) = 0.354$$

controle: $0.354 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.1 : a1) Dead load + Services + Wind + Crop

5.8.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$\begin{aligned}
 - N_{bk} &= -F_{hk} * \left(1 + \frac{v_s}{L_o} + \frac{v_s}{2*(L_b + L_o)} \right) = \\
 &= - 4224 * \left(1 + \frac{650}{1275} + \frac{650}{2*(1275+1275)} \right) = -6916 \text{ N} \\
 - M_{z,Ed} &= f_{eg} * \frac{1}{8} * q * l^2 = 1.02 * \frac{1}{8} * 29.874 \text{ E-3} * 4.500^2 = 77.229 \text{ E3}
 \end{aligned}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-6916|}{102986} + \frac{|77|}{1577} = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-6916|}{380.6} + \frac{|77|}{6.830} = 29.5 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 29.5 / 235.0 = 0.125$$

controle: 0.125 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 77.23, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,d,rel,y} * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.6 * 2.45 * (|-6916| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.63 \\
 Ky.3 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.6 * (|-6916| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.23 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.63, 1.23) = 1.23 \\
 Kz.b &= 0.8 * Ky.b = 0.98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-6916| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 1.23 * |77.2| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.489 + 0.060 = 0.549 \\
 UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-6916| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.98 * |77.2| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.489 + 0.048 = 0.537
 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.549, 0.537) = 0.549$$

controle: 0.549 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen
 bij B.C.1 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

5.8.8 Controle van de op druk belaste tussenliggende koppelbalken

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste tussenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{tk} = 2 \cdot N_{bk} - D_{bk} + D_{ok} = 2 \cdot 6916 - 2692 + -538 = 10602 \text{ N}$$

$$- M_{z.Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.0 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E3} \cdot 4.500^2 = 77.229 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} = \frac{|-10602|}{102986} + \frac{|77|}{1577} = 0.152$$

controle: $0.152 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} = \frac{|-10602|}{380.6} + \frac{|77|}{6.830} = 39.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 39.2 / 235.0 = 0.167$$

controle: $0.167 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 77.23, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y.2} = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{b,rel.y} \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 2.45 \cdot (|-10602| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 2.00$$

$$K_{y.3} = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-10602| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.38$$

$$K_{y.b} = \min(K_{y.2}, K_{y.3}) = \min(2.00, 1.38) = 1.38$$

$$K_{z.b} = 0.8 \cdot K_{y.b} = 1.10$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0} + K_{y.b} \cdot \frac{|M_{y.Ed}|}{1.00 \cdot M_{y.Rk} / 1.0}$$

$$= \frac{|-10602|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 1.38 \cdot \frac{|77.2|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0}$$

$$= 0.749 + 0.067 = 0.817$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0} + K_{z.b} \cdot \frac{|M_{y.Ed}|}{1.00 \cdot M_{y.Rk} / 1.0}$$

$$= \frac{|-10602|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 1.10 \cdot \frac{|77.2|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0}$$

$$= 0.749 + 0.054 = 0.803$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.817, 0.803) = 0.817$$

controle: $0.817 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Tussenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.1 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

5.8.9 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

- $T_{sb} = 2 * N_{kb} / \cos(\alpha_{sb}) = 2 * 6916 / \cos(15.8) = 14377 \text{ N}$
- $T_{so} = (N_{kb2} - D_{bk} + D_{ok}) / \cos(\alpha_{so}) = (10602 - 2692 + -538) / \cos(15.8) = 7662 \text{ N}$
- $N_s = \text{MAX}(T_{sb}, T_{so}) = \text{MAX}(14377, 7662) = 14377 \text{ N}$

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{14377}{18457} = 0.779$$

controle: $0.779 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:
Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD10.0 mm) voldoen qua sterkte
bij B.C.1 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

5.8.10 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 - v_s / 2 * (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -4224 * (1 - 650 / 2 * 1275) = -3686 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 4224 * 1500 - 4019 \text{ E3} = 2318 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-3686|}{500779} + \frac{|2318|}{11184} = 0.215$$

controle: 0.215 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-3686|}{1683.3} + \frac{|2318|}{45.931} = 52.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 52.7 / 235.0 = 0.224$$

controle: 0.224 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 2317.83, M2 = -2317.83, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.60 - 0.2) * (|-3686| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.41 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-3686| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.41 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.41, 0.41) = 0.41 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3686| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.41 * |2317.8| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.026 + 0.085 = 0.111 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3686| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.24 * |2317.8| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.026 + 0.051 = 0.077 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.111, 0.077) = 0.111$$

controle: 0.111 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.366 * \frac{4224 * (900)^2 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 2.97 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 300 + 400 + 200 - 0 = 900 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

$$- \text{Vergrotingsfactor: } - nyok' = 41.76 * 4224 / 3197 = 55.17$$

$$- nyok'/nyok'-1 = 1.02$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.02 * 2.97 * \frac{12788}{16897} * \frac{300 + 400 + 200}{900} = 2.29 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: 2.3 mm < 5.0 mm, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK80*80*6.0 mm) voldoen
 bij B.C.1 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

5.8.11 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de onderste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-so} &= \frac{T_{so} \cdot l_{so}}{E \cdot A_{so}} = \frac{7662 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 2.17 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko1} &= \frac{N_{ko} \cdot L_o}{E \cdot A_k} = \frac{24236 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.13 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de tussenbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk2} &= \frac{N_{k2} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{10602 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.60 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Umid} &= \frac{L_{so}}{v} \cdot \text{delta-so} + \frac{L_o}{v} \cdot \text{delta-ko1} + \text{delta-bk2} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 2.17 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.13 + 0.60 = 2.89 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-sb} &= \frac{T_{sb} \cdot l_{sb}}{E \cdot A_{sb}} = \frac{14377 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 4.08 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{- kracht Nokb} = N_{ok} - T_{so} \cdot \sin(\alpha_{fasb}) = 2E+4 - 7662 \cdot \sin(15.8) = 22147 \text{ N}$$

- Verkorting van het bovenstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko2} &= \frac{N_{kb} \cdot L_b}{E \cdot A_k} = \frac{22147 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.12 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenliggende koppelbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk1} &= \frac{N_{k1} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{6916 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.39 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Ubov} &= \frac{L_{sb}}{v} \cdot \text{delta-sb} + \frac{L_b}{v} \cdot \text{delta-ko2} + \text{delta-bk1} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 4.08 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.12 + 0.39 = 4.66 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- Lk = h + fh - fhp - vs + vok = 3200 + 300 - 300 - 650 + 0 = 2550 \text{ mm}$$

$$- U1gtdub = U_{mid} + \left(1 + \frac{vs}{Lb}\right) * U_{bov}$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{Fhk * vs^2}{E * I_{okz}} * \left(3 * Lb + L_o + 4 * vs - \frac{L_o^2}{Lb + L_o}\right)$$

$$= 2.89 + \left(1 + \frac{650}{2550}\right) * 4.66$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{4224 * 650^2}{2.1E5 * 179.0E4} * \left(3 * 1275 + 1275 + 4 * 650 - \frac{1275^2}{1275 + 1275}\right)$$

$$U1gtdub = 12.72 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb' - 1} * U1gtdub * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \text{ met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 2.29 \text{ mm}$ (zie 58.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

$$\begin{aligned} - \text{Vergrotingsfactor: } & - nzkb = 28.60 \text{ (zie 58.4)} \\ & - nzkb' = 28.60 * 4224 / 3197 = 37.79 \\ & - nzkb'/nzkb'-1 = 1.03 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.03 * \frac{3197}{4224} * 12.72 + 2.29 = 12.18 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 * h / 150 = 2 * 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (S_r + S_n * \frac{L_r}{B_s}) * \frac{n_{kap} * \frac{L_r}{\cos(a)}}{L_r}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{1789.8}{1125.0}) * \frac{4 * \frac{3200}{\cos(30.0)}}{1789.8} = 115.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 115.1 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

- $u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \text{MIN}(42.7, 115.1, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $12.2 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK100*100*3.0 mm) voldoen qua stijfheid bij B.C.1 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

5.8.12 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 17848 - \frac{2 * 3197 * (3200+300-300+ 0)}{4500} + 2 * \frac{3041E3}{4500} = 14653 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 14653 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289) : Fegk' = 289 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 17274) : Gfund = 17274 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund Fvp = 31927 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 3041 Nm
 - Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 13157 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 16198 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = -10116 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 16198 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -10116 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 31927 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 3197 N < 8044 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

5.8.13 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 17848 + \frac{2 * 3197 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{3041E3}{4500} = 21043 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Vb' = 21043 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289) : Fegk' = 289 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 17274) : Gfund = 17274 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund Fvp = 38606 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 3041 Nm
 - Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 15909 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 18951 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = -12868 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 18951 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -12868 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 38606 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 3197 N < 8044 N, dus: voldoet.

$dSvd(z) = dSvd0 * \left[1 - \frac{1}{0.5 * dpoeer} \left(\frac{z}{1.5} \right) \right]$	Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z
--	--

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.420$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.420} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.068 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.420 * 3.738 = 0.016 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.068 + 0.016 = 0.084$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.084 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

5.9 B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.9.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140) = 140 N/m²
 - Sneeuwbelasting (1.00 * 423) = 423 N/m²
 - Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 663 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 663 * 12.80 * 4.50 = 38216 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50 = 1260 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764) = 2764 N
 - Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0 = 0 N
 ----- +
 Totaal = 42240 N
 - Windbelasting: 0 N

In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 42240 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.02 * 140) = 143 N/m²
 - Sneeuwbelasting (1.28 * 423) = 540 N/m²
 - Gewasbel.(winter)(1.28 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.02 * 100) = 102 N/m²
 ----- +
 Totaal : 785 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 785 * 12.80 * 4.50 = 45218 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.02 * 70) * 4.50 = 1287 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.02 * 2764) = 2823 N
 - Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.02 * 0 = 0 N
 ----- +
 Totaal = 49328 N
 - Windbelasting: 0 N

In rekentoestand: Fvk = -N = 49328 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 45.0 / 4.50 * (49328 - 0) + 0 = 493281 N
 - Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 493281 / (2 * 2) = 123320 N

5.9.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom t.g.v.

initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)
 - Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
 - Fh,scheefstand = (1/258 + 1/200) * |493281| = 4377 N

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- Fh,tot = Fh,scheefstand = 4377 N
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - Fhk = 4377 / (2 * 2) = 1094 N
 In gebruikstoestand: (fCd_{dim} = CsCd'/CsCd = 0.70 / 0.72 = 0.97)
 - Fhk' = 3748 / (2 * 2) = 937 N

5.9.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{1094 * 1500 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 3.90 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 300 + 400 + 800 - 0 = 1500 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 3.90 \text{ E-3} * 0.366 = 1.43 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 730 \text{ E6} * 1.43 \text{ E-3} = 1041 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 1041 \text{ E3} * 937 / 1094 = 891 \text{ E3 Nmm}$$

5.9.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 49328 + \frac{650}{3200 + 300 - 300} * (123320 - 49328) = 64358 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 49328 + 1094 * \frac{3200 + 300 - 300 + 0}{4500} = 50106 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 10.843$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 10.843 * 50106 = 543311 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{L_{knik,o}} = \frac{3 * 2.1E5 * 179E4}{1275} = 884 \text{ E6 Nmm/rad}$$

$$(\text{dubbel schoorvak: } L_{knik,o} = \text{Max}(L_o, L_b) = \text{Max}(1275, 1275) = 1275 \text{ mm})$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(L_{knik,o})^2 * Nko} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2 * 543311} = 4.20$$

$$- n/n-1 = 1.31$$

$$- \text{cr-E} = 884 \text{ E6} / 1.31 = 674 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{674E6 * 650}{2.1E5 * 179E4} = 1.165$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 650 * (4 + \frac{10}{1.165})^{0.5} = 2306 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(2306)^2} = 697843 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{697843}{64358} = 10.8432$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Izk}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{10.84 * 49328} \right)^{0.5} = 2634 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 2634 / (3200 + 300 - 300) = 0.82)$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zkb} = lkzkb / izk = 2634 / 39.5 = 67$
 - $Chikb.z = \min(0.718, 1.0) = 0.718$

- In spantrichting:

- De kniklengte in spantrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.05 * (3200 + 300 - 300 - 100 - 450) = 5432 \text{ mm}$$

$$(N.B.: kheff = \text{effectieve kolomhoogte} = 3.2 - 0.10 - 0.45 = 2.65 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda\text{-yk} = lkyk / iyk = 5432 / 39.5 = 138$
 - $Chik.y = \min(0.326, 1.0) = 0.326$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = 1275 \text{ mm}$

$$\text{- Eulerse knikkracht: } FEzko = \frac{\pi^2 * E * Izk}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zko} = lkzko / izk = 1275 / 39.5 = 32$
 - $Chiko.z = \min(0.927, 1.0) = 0.927$

- In spantrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

5.9.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -49328 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 1094 \cdot 650 = 711 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-49328|}{300652} + \frac{|711|}{9370} = 0.240$$

controle: $0.240 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-49328|}{1148.5} + \frac{|711|}{41.595} = 60.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 60.0 / 235.0 = 0.256$$

controle: $0.256 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cm₂ hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cm₂ = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= Cm_2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{b,rel,z} \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 0.71 \cdot (|-49328| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.99 \\ K_{z,3} &= Cm_2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-49328| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 1.02 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.99, 1.02) = 0.99 \\ K_{y,b} &= 0.8 \cdot K_{z,b} = 0.79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-49328| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0) + 0.99 \cdot |711.2| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.228 + 0.075 = 0.303 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-49328| / (0.326 \cdot 300652 / 1.0) + 0.79 \cdot |711.2| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.503 + 0.060 = 0.563 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.303, 0.563) = 0.563$$

controle: $0.563 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

5.9.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(49328 + 2 * 1094 * (3200 + 300 - 300 + 0) / 4500) = -50884 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 * 1.10 * 711 \text{ E3}, 711 \text{ E3}) = 711 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-50884|}{300652} + \frac{|711|}{9370} = 0.245$$

controle: $0.245 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-50884|}{1148.5} + \frac{|711|}{41.595} = 61.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 61.4 / 235.0 = 0.261$$

controle: $0.261 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.60 (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 711.24$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 355.62$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel,z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * 0.34 * (|-50884| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.62 \\ Kz.3 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * (|-50884| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.67 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.62, 0.67) = 0.62 \\ Ky.b &= 0.8 * Kz.b = 0.50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-50884| / (0.927 * 300652 / 1.0) + 0.62 * |711.2| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.183 + 0.047 = 0.230 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-50884| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 0.50 * |711.2| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.519 + 0.038 = 0.557 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.230, 0.557) = 0.557$$

controle: $0.557 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.9.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$\begin{aligned}
 - N_{bk} &= -F_{hk} * \left(1 + \frac{v_s}{L_o} + \frac{v_s}{2*(L_b + L_o)}\right) = \\
 &= -1094 * \left(1 + \frac{650}{1275} + \frac{650}{2*(1275+1275)}\right) = -1792 \text{ N} \\
 - M_{z,Ed} &= f_{eg} * \frac{1}{8} * q * l^2 = 1.02 * \frac{1}{8} * 29.874 \text{ E-3} * 4.500^2 = 77.229 \text{ E3}
 \end{aligned}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-1792|}{102986} + \frac{|77|}{1577} = 0.066$$

controle: 0.066 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-1792|}{380.6} + \frac{|77|}{6.830} = 16.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 16.0 / 235.0 = 0.068$$

controle: 0.068 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 77.23, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + (2.45 - 0.2) * (|-1792| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.22 \\
 Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.8 * (|-1792| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.05 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.22, 1.05) = 1.05 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.63
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-1792| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 1.05 * |77.2| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.127 + 0.051 = 0.178
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-1792| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.63 * |77.2| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.127 + 0.031 = 0.157
 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.178, 0.157) = 0.178$$

controle: 0.178 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen
 bij B.C.2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.9.8 Controle van de op druk belaste tussenliggende koppelbalken

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste tussenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{tk} = 2 \cdot N_{bk} - D_{bk} + D_{ok} = 2 \cdot 1792 - 697 + -139 = 2746 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.0 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E3} \cdot 4.500^2 = 77.229 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-2746|}{102986} + \frac{|77|}{1577} = 0.076$$

controle: $0.076 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-2746|}{380.6} + \frac{|77|}{6.830} = 18.5 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 18.5 / 235.0 = 0.079$$

controle: $0.079 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 77.23, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + (2.45 - 0.2) \cdot (|-2746| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.36$$

$$Ky.3 = C_{my} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-2746| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.10$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.36, 1.10) = 1.10$$

$$Kz.b = 0.6 \cdot Ky.b = 0.66$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{Chiy \cdot NR_k / 1.0} + Ky.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot My.Rk / 1.0} = \frac{|-2746|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 1.10 \cdot \frac{|77.2|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.194 + 0.054 = 0.248$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{Chiz \cdot NR_k / 1.0} + Kz.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot My.Rk / 1.0} = \frac{|-2746|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 0.66 \cdot \frac{|77.2|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.194 + 0.032 = 0.226$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.248, 0.226) = 0.248$$

controle: $0.248 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Tussenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.9.9 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

- $T_{sb} = 2 * N_{kb} / \cos(\alpha_{sb}) = 2 * 1792 / \cos(15.8) = 3724 \text{ N}$
- $T_{so} = (N_{kb2} - D_{bk} + D_{ok}) / \cos(\alpha_{so}) = (2746 - 697 + -139) / \cos(15.8) = 1985 \text{ N}$
- $N_s = \text{MAX}(T_{sb}, T_{so}) = \text{MAX}(3724, 1985) = 3724 \text{ N}$

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{3724}{18457} = 0.202$$

controle: $0.202 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:
Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD10.0 mm) voldoen qua sterkte
bij B.C.2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

5.9.10 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 - v_s / 2 * (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -1094 * (1 - 650 / 2 * 1275) = -955 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 1094 * 1500 - 1041 \text{ E3} = 600 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-955|}{500779} + \frac{|600|}{11184} = 0.056$$

controle: 0.056 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-955|}{1683.3} + \frac{|600|}{45.931} = 13.6 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 13.6 / 235.0 = 0.058$$

controle: 0.058 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 600.39, M2 = -600.39, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.60 - 0.2) * (|-955| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-955| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-955| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.40 * |600.4| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.007 + 0.022 = 0.028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-955| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.24 * |600.4| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.007 + 0.013 = 0.020 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.028, 0.020) = 0.028$$

controle: 0.028 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.366 * \frac{1094 * (900)^2 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 0.77 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 300 + 400 + 200 - 0 = 900 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

- Vergrotingsfactor: - $nyok' = 161.2 * 1094 / 937 = 188.25$
 - $nyok'/nyok'-1 = 1.01$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.01 * 0.77 * \frac{3748}{4377} * \frac{300 + 400 + 200}{900} = 0.66 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: $0.7 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK80*80*6.0 mm) voldoen
 bij B.C.2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.9.11 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de onderste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-so} &= \frac{T_{so} \cdot l_{so}}{E \cdot A_{so}} = \frac{1985 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 0.56 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko1} &= \frac{N_{ko} \cdot L_o}{E \cdot A_k} = \frac{50884 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.27 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de tussenbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk2} &= \frac{N_{k2} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{2746 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.15 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Umid} &= \frac{L_{so}}{v} \cdot \text{delta-so} + \frac{L_o}{v} \cdot \text{delta-ko1} + \text{delta-bk2} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 0.56 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.27 + 0.15 = 0.82 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-sb} &= \frac{T_{sb} \cdot l_{sb}}{E \cdot A_{sb}} = \frac{3724 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 1.06 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{- kracht Nokb} = N_{ok} - T_{so} \cdot \sin(\alpha_{fasb}) = 5E+4 - 1985 \cdot \sin(15.8) = 50343 \text{ N}$$

- Verkorting van het bovenstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko2} &= \frac{N_{kb} \cdot L_b}{E \cdot A_k} = \frac{50343 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.27 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenliggende koppelbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk1} &= \frac{N_{k1} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{1792 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.10 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Ubov} &= \frac{L_{sb}}{v} \cdot \text{delta-sb} + \frac{L_b}{v} \cdot \text{delta-ko2} + \text{delta-bk1} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 1.06 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.27 + 0.10 = 1.27 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- Lk = h + fh - fhp - vs + vok = 3200 + 300 - 300 - 650 + 0 = 2550 \text{ mm}$$

$$- U1gtdub = U_{mid} + \left(1 + \frac{vs}{Lb}\right) * U_{bov}$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{Fhk * vs^2}{E * I_{okz}} * \left(3 * Lb + L_o + 4 * vs - \frac{L_o^2}{Lb + L_o}\right)$$

$$= 0.82 + \left(1 + \frac{650}{2550}\right) * 1.27$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{1094 * 650^2}{2.1E5 * 179.0E4} * \left(3 * 1275 + 1275 + 4 * 650 - \frac{1275^2}{1275 + 1275}\right)$$

$$U1gtdub = 3.46 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * U1gtdub * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \text{ met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 0.66 \text{ mm}$ (zie 59.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

$$\begin{aligned} - \text{Vergrotingsfactor: } & - nzkb = 10.84 \text{ (zie 59.4)} \\ & - nzkb' = 10.84 * 1094 / 937 = 12.66 \\ & - nzkb'/nzkb'-1 = 1.09 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.09 * \frac{937}{1094} * 3.46 + 0.66 = 3.88 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 * h / 150 = 2 * 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (S_r + S_n * \frac{L_r}{B_s}) * \frac{n_{kap} * \frac{L_r}{\cos(a)}}{L_r}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{1789.8}{1125.0}) * \frac{4 * \frac{3200}{\cos(30.0)}}{1789.8} = 115.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 115.1 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

- $u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \text{MIN}(42.7, 115.1, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $3.9 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK100*100*3.0 mm) voldoen qua stijfheid bij B.C.2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.9.12 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 42240 - \frac{2 * 937 * (3200+300-300+ 0)}{4500} + 2 * \frac{891 E3}{4500} = 41304 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 41304 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289) : Fegk' = 289 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 17274) : Gfund = 17274 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund Fvp = 58578 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 891 Nm
 - Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 24140 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 25031 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = -23248 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 25031 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -23248 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 58578 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 937 N < 8044 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.9.13 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 42240 + \frac{2 * 937 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{891 \text{ E3}}{4500} = 43177 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 43177 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 289$) : $Fegk' = 289 \text{ N}$
 - Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 17274$) : $Gfund = 17274 \text{ N}$
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund = 60739 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer' = 891 \text{ Nm}$
 - Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 25030 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 25922 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -24139 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $25922 \text{ Nm} < 30443 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-24139 \text{ Nm} < 9316 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|60739 \text{ N}| < 61324 \text{ N}$, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $937 \text{ N} < 8044 \text{ N}$, dus: voldoet.

$dSvd(z) = dSvd0 * \left[1 - \frac{1}{0.5 * dpoeer} \left(\frac{z}{1.5} \right) \right]$	Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z
--	--

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.420$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.420} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.068 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.420 * 3.738 = 0.016 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.068 + 0.016 = 0.084$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.084 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.10 B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.10.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
	----- +	
Totaal =		12088 N
- Windbelasting = 12.80*4.50*(-0.20-(+0.20))*(1.00 *533)	=	-8834 N
In gebruikstoestand: Fvk' = -N'		3254 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
	----- +	
Totaal =		12088 N
- Windbelasting = 12.80*4.50*(-0.20-(+0.20))*(1.28 *533)	=	-11263 N
In rekentoestand: Fvk = -N		825 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 45.0 / 4.50 * 825 = 8249 N
 - Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 8249 / (2 * 2) = 2062 N

5.10.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

De horizontale belasting in gootrichting is opgebouwd uit twee componenten, namelijk wind en scheefstand. Voor iedere kolommenrij geldt:

a) Wind op de kopgevels:

- Kaphoogte (hkap) = 3.20 / 2 * tan 30 = 0.92 m
 - Kapoppervlak (Akap) = 4 * 3.20 / 2 * 0.92 = 5.9 m²
 - Geveloppervlak (Agevel) = 12.80 * 3.20 = 41.0 m²
 - Fh,kop = (0.7 + 0.3) * (1.28 * 533) * (5.9 + 41.0/2) * 0.72 = 12902 N

b) Windwrijving op het kasdek:

- Fh,dek = cf * lspant * Qwind * max(0, (Lkas - 2*(ph+fh))) * cscd
 = 0.01 * 12.80 * (1.28 * 533) * 38.00 * 0.72 = 2378 N
 - Fh,wind = Fh,kop + Fh,dek = 12902 + 2378 = 15280 N

c) Extra horizontale krachten t.g.v. initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)
 - Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
 - Fh,scheefstand = (1/258 + 1/200) * |8249 | = 73 N

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- Fh,tot = 15280 + 73 = 15353 N
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - Fhk = 15353 / (2 * 2) = 3838 N
 In gebruikstoestand: (fCdim = CsCd'/CsCd = 0.70 / 0.72 = 0.97)
 - Fh,wind' = Fh,kop' + Fh,dek' = 10119 + 1865 = 11984 N
 - Fh,tot' = 11984 * 0.97 + 289 = 11493 N
 - Fhk' = 11493 / (2 * 2) = 2873 N

5.10.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{3838 * 1500 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 13.67 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 300 + 400 + 800 - 0 = 1500 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 13.67 \text{ E-3} * 0.366 = 5.00 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 730 \text{ E6} * 5.00 \text{ E-3} = 3651 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 3651 \text{ E3} * 2873 / 3838 = 2733 \text{ E3 Nmm}$$

5.10.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 825 + \frac{650}{3200 + 300 - 300} * (2062 - 825) = 1076 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 825 + 3838 * \frac{3200 + 300 - 300 + 0}{4500} = 3554 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 392.17$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 392.17 * 3554 = 1393902 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{L_{knik,o}} = \frac{3 * 2.1E5 * 179E4}{1275} = 884 \text{ E6 Nmm/rad}$$

$$(\text{dubbel schoorvak: } L_{knik,o} = \text{Max}(L_o, L_b) = \text{Max}(1275, 1275) = 1275 \text{ mm})$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(L_{knik,o})^2 * N_{ko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2 * 1393902} = 1.64$$

$$- n/n-1 = 2.57$$

$$- \text{cr-E} = 884 \text{ E6} / 2.57 = 344 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{344E6 * 650}{2.1E5 * 179E4} = 0.595$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 650 * (4 + \frac{10}{0.595})^{0.5} = 2965 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(2965)^2} = 422086 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{422086}{1076} = 392.169$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Izk}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{392.2 * 825} \right)^{0.5} = 3386 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 3386 / (3200 + 300 - 300) = 1.06)$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zkb} = lkzkb / izk = 3386 / 39.5 = 86$
 - $Chikb.z = \min(0.718, 1.0) = 0.718$

- In spantrichting:

- De kniklengte in spantrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.05 * (3200 + 300 - 300 - 100 - 450) = 5432 \text{ mm}$$

$$(N.B.: kheff = \text{effectieve kolomhoogte} = 3.2 - 0.10 - 0.45 = 2.65 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda\text{-yk} = lkyk / iyk = 5432 / 39.5 = 138$
 - $Chik.y = \min(0.326, 1.0) = 0.326$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = 1275 \text{ mm}$

$$\text{- Eulerse knikkracht: } FEzko = \frac{\pi^2 * E * Izk}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zko} = lkzko / izk = 1275 / 39.5 = 32$
 - $Chiko.z = \min(0.927, 1.0) = 0.927$

- In spantrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

5.10.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -825 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 3838 \cdot 650 = 2495 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-825|}{300652} + \frac{|2495|}{9370} = 0.269$$

controle: $0.269 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-825|}{1148.5} + \frac{|2495|}{41.595} = 60.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 60.7 / 235.0 = 0.258$$

controle: $0.258 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + (0.71 - 0.2) \cdot (|-825| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.90 \\ K_{z,3} &= C_{m2} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-825| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.90 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.90, 0.90) = 0.90 \\ K_{y,b} &= 0.6 \cdot K_{z,b} = 0.54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-825| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0) + 0.90 \cdot |2494.8| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.005 + 0.240 = 0.245 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-825| / (0.326 \cdot 300652 / 1.0) + 0.54 \cdot |2494.8| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.008 + 0.144 = 0.153 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.245, 0.153) = 0.245$$

controle: $0.245 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

5.10.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $NED = -(825 + 2 * 3838 * (3200 + 300 - 300 + 0) / 4500) = -6284 \text{ N}$
- Moment : $Mzko = \max(0.85 * 1.00 * 2495 \text{ E3}, 2495 \text{ E3}) = 2495 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|NED|}{N_{c.Rd}} + \frac{|Mz.Ed|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{|-6284|}{300652} + \frac{|2495|}{9370} = 0.287$$

controle: $0.287 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|NED|}{A} + \frac{|Mz.Ed|}{W_{pl.z}} = \frac{|-6284|}{1148.5} + \frac{|2495|}{41.595} = 65.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 65.4 / 235.0 = 0.279$$

controle: $0.279 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmz2 = 0.60$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 2494.84$, $M2 = 0.00$, $M_s = 1247.42$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz * (1.0 + (\lambda_{barel.z} - 0.2) * (|NED| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + (0.34 - 0.2) * (|-6284| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.60 \\ Kz.3 &= Cmz * (1.0 + 0.8 * (|NED| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.8 * (|-6284| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.61 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.60, 0.61) = 0.60 \\ Ky.b &= 0.6 * Kz.b = 0.36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |NED| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-6284| / (0.927 * 300652 / 1.0) + 0.60 * |2494.8| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.023 + 0.160 = 0.183 \\ UC_{stab.2} &= |NED| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-6284| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 0.36 * |2494.8| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.064 + 0.096 = 0.160 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.183, 0.160) = 0.183$$

controle: $0.183 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.10.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$\begin{aligned}
 - N_{bk} &= -F_{hk} * \left(1 + \frac{v_s}{L_o} + \frac{v_s}{2*(L_b + L_o)}\right) = \\
 &= -3838 * \left(1 + \frac{650}{1275} + \frac{650}{2*(1275+1275)}\right) = -6284 \text{ N} \\
 - M_{z,Ed} &= f_{eg} * \frac{1}{8} * q * l^2 = 1.00 * \frac{1}{8} * 29.874 \text{ E-3} * 4.500^2 = 75.620 \text{ E3}
 \end{aligned}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-6284|}{102986} + \frac{|76|}{1577} = 0.109$$

controle: 0.109 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-6284|}{380.6} + \frac{|76|}{6.830} = 27.6 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 27.6 / 235.0 = 0.117$$

controle: 0.117 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 75.62, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,d,rel,y} * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.6 * 2.45 * (|-6284| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.57 \\
 Ky.3 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.6 * (|-6284| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.20 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.57, 1.20) = 1.20 \\
 Kz.b &= 0.8 * Ky.b = 0.96
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-6284| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 1.20 * |75.6| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.444 + 0.058 = 0.502 \\
 UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-6284| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.96 * |75.6| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.444 + 0.046 = 0.490
 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.502, 0.490) = 0.502$$

controle: 0.502 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.10.8 Controle van de op druk belaste tussenliggende koppelbalken

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste tussenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{tk} = 2 \cdot N_{bk} - D_{bk} + D_{ok} = 2 \cdot 6284 - 2446 + -489 = 9633 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.0 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E3} \cdot 4.500^2 = 75.620 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-9633|}{102986} + \frac{|76|}{1577} = 0.142$$

controle: $0.142 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-9633|}{380.6} + \frac{|76|}{6.830} = 36.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 36.4 / 235.0 = 0.155$$

controle: $0.155 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 75.62, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y,2} = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{b,rel,y} \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 2.45 \cdot (|-9633| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.90$$

$$K_{y,3} = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-9633| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.34$$

$$K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(1.90, 1.34) = 1.34$$

$$K_{z,b} = 0.8 \cdot K_{y,b} = 1.07$$

$$UC_{stab,1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0} + K_{y,b} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-9633|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 1.34 \cdot \frac{|75.6|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.681 + 0.064 = 0.745$$

$$UC_{stab,2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0} + K_{z,b} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-9633|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 1.07 \cdot \frac{|75.6|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.681 + 0.051 = 0.732$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.745, 0.732) = 0.745$$

controle: $0.745 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Tussenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.10.9 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

- $T_{sb} = 2 * N_{kb} / \cos(\alpha_{sb}) = 2 * 6284 / \cos(15.8) = 13063 \text{ N}$
- $T_{so} = (N_{kb2} - D_{bk} + D_{ok}) / \cos(\alpha_{so}) = (9633 - 2446 + -489) / \cos(15.8) = 6962 \text{ N}$
- $N_s = \text{MAX}(T_{sb}, T_{so}) = \text{MAX}(13063, 6962) = 13063 \text{ N}$

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{13063}{18457} = 0.708$$

controle: $0.708 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:
Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD10.0 mm) voldoen qua sterkte
bij B.C.3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

5.10.10 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 - v_s / 2 * (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -3838 * (1 - 650 / 2 * 1275) = -3349 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 3838 * 1500 - 3651 \text{ E3} = 2106 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-3349|}{500779} + \frac{|2106|}{11184} = 0.195$$

controle: 0.195 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-3349|}{1683.3} + \frac{|2106|}{45.931} = 47.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \text{Sigma} / f_y = 47.8 / 235.0 = 0.204$$

controle: 0.204 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 2106.01, M2 = -2106.01, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.60 - 0.2) * (|-3349| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.41 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-3349| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.41 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.41, 0.41) = 0.41 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3349| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.41 * |2106.0| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.024 + 0.077 = 0.100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3349| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.24 * |2106.0| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.024 + 0.046 = 0.070 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.100, 0.070) = 0.100$$

controle: 0.100 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.366 * \frac{3838 * (900)^2 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 2.70 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 300 + 400 + 200 - 0 = 900 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

- Vergrotingsfactor: - $nyok' = 45.96 * 3838 / 2873 = 61.39$
 - $nyok'/nyok'-1 = 1.02$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.02 * 2.70 * \frac{11493}{15353} * \frac{300 + 400 + 200}{900} = 2.06 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: $2.1 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK80*80*6.0 mm) voldoen
 bij B.C.3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.10.11 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de onderste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-so} &= \frac{T_{so} \cdot l_{so}}{E \cdot A_{so}} = \frac{6962 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 1.97 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko1} &= \frac{N_{ko} \cdot L_o}{E \cdot A_k} = \frac{6284 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.03 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de tussenbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk2} &= \frac{N_{k2} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{9633 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.54 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Umid} &= \frac{L_{so}}{v} \cdot \text{delta-so} + \frac{L_o}{v} \cdot \text{delta-ko1} + \text{delta-bk2} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 1.97 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.03 + 0.54 = 2.60 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-sb} &= \frac{T_{sb} \cdot l_{sb}}{E \cdot A_{sb}} = \frac{13063 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 3.70 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{- kracht Nokb} = N_{ok} - T_{so} \cdot \sin(\alpha_{fasb}) = 6284 - 6962 \cdot \sin(15.8) = 4386 \text{ N}$$

- Verkorting van het bovenstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko2} &= \frac{N_{kb} \cdot L_b}{E \cdot A_k} = \frac{4386 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.02 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenliggende koppelbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk1} &= \frac{N_{k1} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{6284 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.35 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Ubov} &= \frac{L_{sb}}{v} \cdot \text{delta-sb} + \frac{L_b}{v} \cdot \text{delta-ko2} + \text{delta-bk1} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 3.70 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.02 + 0.35 = 4.21 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- Lk = h + fh - fhp - vs + vok = 3200 + 300 - 300 - 650 + 0 = 2550 \text{ mm}$$

$$- U1gtdub = U_{mid} + \left(1 + \frac{vs}{Lb}\right) * U_{bov}$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{Fhk * vs^2}{E * I_{okz}} * \left(3 * Lb + L_o + 4 * vs - \frac{L_o^2}{Lb + L_o}\right)$$

$$= 2.60 + \left(1 + \frac{650}{2550}\right) * 4.21$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{3838 * 650^2}{2.1E5 * 179.0E4} * \left(3 * 1275 + 1275 + 4 * 650 - \frac{1275^2}{1275 + 1275}\right)$$

$$U1gtdub = 11.50 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * U1gtdub * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \text{ met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 2.06 \text{ mm}$ (zie 5*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

$$\begin{aligned} - \text{Vergrotingsfactor: } & - nzkb = 392.2 \text{ (zie 5*.4)} \\ & - nzkb' = 392.2 * 3838 / 2873 = 523.9 \\ & - nzkb'/nzkb'-1 = 1.00 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.00 * 11.50 * \frac{2873}{3838} + 2.06 = 10.68 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 * h / 150 = 2 * 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (S_r + S_n * \frac{L_r}{B_s}) * \frac{n_{kap} * \frac{L_r}{\cos(a)}}{L_r}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{1789.8}{1125.0}) * \frac{4 * \frac{3200}{\cos(30.0)}}{1789.8} = 115.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 115.1 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

- $u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \text{MIN}(42.7, 115.1, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $10.7 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK100*100*3.0 mm) voldoen qua stijfheid
 bij B.C.3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.10.12 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 3254 - \frac{2 * 2873 * (3200+300-300+ 0)}{4500} + 2 * \frac{2733E3}{4500} = 383 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 383 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289) : Fegk' = 289 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 17274) : Gfund = 17274 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund = 17656 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 2733 Nm
 - Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 7276 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp = 10009 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp = -4543 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 10009 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -4543 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 17656 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 2873 N < 8044 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen
 bij B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.10.13 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 3254 + \frac{2 * 2873 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{2733E3}{4500} = 6126 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Vb' = 6126 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289) : Fegk' = 289 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 17274) : Gfund = 17274 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund Fvp = 23688 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 2733 Nm
 - Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 9762 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 12495 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = -7028 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 12495 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -7028 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 23688 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 2873 N < 8044 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

$$\begin{aligned}
 & \text{- Eigen gewicht dek} = 140 \text{ N/m}^2 \\
 & \text{- Neerwaartse belasting per kolom} = 140 * 12.80 * 4.50 = 8064 \text{ N} \\
 & \text{- Eigen gewicht van de goot} = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N} \\
 & \text{- Eigen gewicht van het spant} = 1.00 * 2764 = 2764 \text{ N} \\
 & \text{-----} + \\
 & \text{Totaal Fsvd1} = 12088 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\text{- Fhk'mom} = (1/258 + 1/200) * 45.0 / 4.50 * 12088 / (2 * 2) = 268 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Vb'} &= \text{Fsvd1} + \frac{2 * \text{Fhk'mom} * (h + fh - fhp + vok)}{v} - 2 * \frac{\text{Tpoer}' * \text{Fhk'mom}}{v * \text{Fhk}'} \\
 &= 12088 + \frac{2 * 268 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{2733 \text{E}3 * 268}{4500 * 2873} = 12356 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)} : \text{Vb'} = 12356 \text{ N} \\
 & \text{- Eigen gewicht paal, poer en grond} : \text{Gfund} = 17274 \text{ N} \\
 & \text{-----} + \\
 & \text{- Vert. belasting per : Fsvd} = 29630 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{29630}{\pi/4 * 930^2} = 0.044 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 800) = 0.018 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.044 - 0.018 = 0.026 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$

waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{0.5 * \text{dpoer} * z^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.405 \text{ m}$

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.405} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.055 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.405 * 3.738 = 0.015 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.055 + 0.015 = 0.070 \text{ m}$

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100 \text{ m}$

Controle zetting: $0.070 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.3: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay up wind)

5.11 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.11.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
	----- +	
Totaal =		12088 N
- Windbelasting = 12.80*4.50*(-0.20-(+0.20))*(1.00 *533)	=	-8834 N
In gebruikstoestand: Fvk' = -N'		3254 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
	----- +	
Totaal =		12088 N
- Windbelasting = 12.80*4.50*(-0.20-(+0.20))*(1.28 *533)	=	-11263 N
In rekentoestand: Fvk = -N		825 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 $V_{tot} = 45.0 / 4.50 * 825 = 8249 \text{ N}$
 - Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 $V_z = 8249 / (2 * 2) = 2062 \text{ N}$

5.11.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

De horizontale belasting in gootrichting is opgebouwd uit twee componenten, namelijk wind en scheefstand. Voor iedere kolommenrij geldt:

a) Wind op de kopgevels:

- Kaphoogte (hkap) = $3.20 / 2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m}$
 - Kapoppervlak (Akap) = $4 * 3.20 / 2 * 0.92 = 5.9 \text{ m}^2$
 - Geveloppervlak (Agevel) = $12.80 * 3.20 = 41.0 \text{ m}^2$
 - $F_{h,kop} = (0.7 + 0.3) * (1.28 * 533) * (5.9 + 41.0/2) * 0.72 = 12902 \text{ N}$

b) Windwrijving op het kasdek:

- $F_{h,dek} = c_f * l_{spant} * Q_{wind} * \max(0, (L_{kas} - 2 * (ph + fh))) * c_{scd}$
 $= 0.01 * 12.80 * (1.28 * 533) * 38.00 * 0.72 = 2378 \text{ N}$
 - $F_{h,wind} = F_{h,kop} + F_{h,dek} = 12902 + 2378 = 15280 \text{ N}$

c) Extra horizontale krachten t.g.v. initiële scheefstand:

- Kolommen: $\psi_i = 1/258$ (zie EN 1993-1-1)
 - Spanten : $\psi_s = 1/200$ (zie EN 1993-1-1)
 - $F_{h,scheefstand} = (1/258 + 1/200) * |8249| = 73 \text{ N}$

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- $F_{h,tot} = 15280 + 73 = 15353 \text{ N}$
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - $F_{hk} = 15353 / (2 * 2) = 3838 \text{ N}$
 In gebruikstoestand: $f_{cdim} = C_s C_d' / C_s C_d = 0.70 / 0.72 = 0.97$
 - $F_{h,wind}' = F_{h,kop}' + F_{h,dek}' = 10119 + 1865 = 11984 \text{ N}$
 - $F_{h,tot}' = 11984 * 0.97 + 289 = 11493 \text{ N}$
 - $F_{hk}' = 11493 / (2 * 2) = 2873 \text{ N}$

5.11.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{3838 * 1500 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 13.67 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 300 + 400 + 800 - 0 = 1500 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 13.67 \text{ E-3} * 0.366 = 5.00 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 730 \text{ E6} * 5.00 \text{ E-3} = 3651 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 3651 \text{ E3} * 2873 / 3838 = 2733 \text{ E3 Nmm}$$

5.11.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 825 + \frac{650}{3200 + 300 - 300} * (2062 - 825) = 1076 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 825 + 3838 * \frac{3200 + 300 - 300 + 0}{4500} = 3554 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 392.17$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 392.17 * 3554 = 1393902 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{L_{knik,o}} = \frac{3 * 2.1E5 * 179E4}{1275} = 884 \text{ E6 Nmm/rad}$$

$$(\text{dubbel schoorvak: } L_{knik,o} = \text{Max}(L_o, L_b) = \text{Max}(1275, 1275) = 1275 \text{ mm})$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(L_{knik,o})^2 * N_{ko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2 * 1393902} = 1.64$$

$$- n/n-1 = 2.57$$

$$- \text{cr-E} = 884 \text{ E6} / 2.57 = 344 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{344E6 * 650}{2.1E5 * 179E4} = 0.595$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 650 * (4 + \frac{10}{0.595})^{0.5} = 2965 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(2965)^2} = 422086 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{422086}{1076} = 392.169$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{n_{zkb} * F_{vk}} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{392.2 * 825} \right)^{0.5} = 3386 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + f_h - f_{hp}) = 3386 / (3200 + 300 - 300) = 1.06)$$

- Slankheid: $\lambda_{zkb} = lkzkb / i_{zk} = 3386 / 39.5 = 86$
 - $Ch_{kb,z} = \min(0.718, 1.0) = 0.718$

- In spanrichting:

- De kniklengte in spanrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$l_{kyk} = 2.05 * (3200 + 300 - 300 - 100 - 450) = 5432 \text{ mm}$$

$$(N.B.: k_{heff} = \text{effectieve kolomhoogte} = 3.2 - 0.10 - 0.45 = 2.65 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda_{yk} = l_{yk} / i_{yk} = 5432 / 39.5 = 138$
 - $Ch_{k,y} = \min(0.326, 1.0) = 0.326$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = 1275 \text{ mm}$

$$- \text{Eulerse knikkracht: } FE_{zko} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda_{zko} = lkzko / i_{zk} = 1275 / 39.5 = 32$
 - $Ch_{ko,z} = \min(0.927, 1.0) = 0.927$

- In spanrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

5.11.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -825 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 3838 \cdot 650 = 2495 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-825|}{300652} + \frac{|2495|}{9370} = 0.269$$

controle: $0.269 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-825|}{1148.5} + \frac{|2495|}{41.595} = 60.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 60.7 / 235.0 = 0.258$$

controle: $0.258 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + (0.71 - 0.2) \cdot (|-825| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.90 \\ K_{z,3} &= C_{m2} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-825| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.90 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.90, 0.90) = 0.90 \\ K_{y,b} &= 0.6 \cdot K_{z,b} = 0.54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-825| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0) + 0.90 \cdot |2494.8| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.005 + 0.240 = 0.245 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-825| / (0.326 \cdot 300652 / 1.0) + 0.54 \cdot |2494.8| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.008 + 0.144 = 0.153 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.245, 0.153) = 0.245$$

controle: $0.245 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

5.11.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(825 + 2 * 3838 * (3200 + 300 - 300 + 0) / 4500) = -6284 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 * 1.00 * 2495 \text{ E3}, 2495 \text{ E3}) = 2495 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-6284|}{300652} + \frac{|2495|}{9370} = 0.287$$

controle: $0.287 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-6284|}{1148.5} + \frac{|2495|}{41.595} = 65.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 65.4 / 235.0 = 0.279$$

controle: $0.279 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.60 (het profiel is geschoord).
 M1 = 2494.84, M2 = 0.00, Ms = 1247.42, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz * (1.0 + (\lambda_{b,rel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + (0.34 - 0.2) * (|-6284| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.60 \\ Kz.3 &= Cmz * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.8 * (|-6284| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.61 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.60, 0.61) = 0.60 \\ Ky.b &= 0.6 * Kz.b = 0.36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{z,Ed}| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-6284| / (0.927 * 300652 / 1.0) + 0.60 * |2494.8| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.023 + 0.160 = 0.183 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{z,Ed}| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-6284| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 0.36 * |2494.8| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.064 + 0.096 = 0.160 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.183, 0.160) = 0.183$$

controle: $0.183 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.11.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$\begin{aligned}
 - N_{bk} &= -F_{hk} * \left(1 + \frac{v_s}{L_o} + \frac{v_s}{2*(L_b + L_o)}\right) = \\
 &= -3838 * \left(1 + \frac{650}{1275} + \frac{650}{2*(1275+1275)}\right) = -6284 \text{ N} \\
 - M_{z,Ed} &= f_{eg} * \frac{1}{8} * q * l^2 = 1.00 * \frac{1}{8} * 29.874 \text{ E-3} * 4.500^2 = 75.620 \text{ E3}
 \end{aligned}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-6284|}{102986} + \frac{|76|}{1577} = 0.109$$

controle: 0.109 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-6284|}{380.6} + \frac{|76|}{6.830} = 27.6 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 27.6 / 235.0 = 0.117$$

controle: 0.117 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 75.62, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel,y} * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.6 * 2.45 * (|-6284| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.57 \\
 Ky.3 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.6 * (|-6284| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.20 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.57, 1.20) = 1.20 \\
 Kz.b &= 0.8 * Ky.b = 0.96
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-6284| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 1.20 * |75.6| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.444 + 0.058 = 0.502 \\
 UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-6284| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.96 * |75.6| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.444 + 0.046 = 0.490
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.502, 0.490) = 0.502$$

controle: 0.502 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.11.8 Controle van de op druk belaste tussenliggende koppelbalken

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste tussenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{tk} = 2 \cdot N_{bk} - D_{bk} + D_{ok} = 2 \cdot 6284 - 2446 + -489 = 9633 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.0 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E3} \cdot 4.500^2 = 75.620 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-9633|}{102986} + \frac{|76|}{1577} = 0.142$$

controle: $0.142 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-9633|}{380.6} + \frac{|76|}{6.830} = 36.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 36.4 / 235.0 = 0.155$$

controle: $0.155 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 75.62, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y,2} = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{b,rel,y} \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 2.45 \cdot (|-9633| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.90$$

$$K_{y,3} = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-9633| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.34$$

$$K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(1.90, 1.34) = 1.34$$

$$K_{z,b} = 0.8 \cdot K_{y,b} = 1.07$$

$$UC_{stab,1} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0)$$

$$= |-9633| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0) + 1.34 \cdot |75.6| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)$$

$$= 0.681 + 0.064 = 0.745$$

$$UC_{stab,2} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0)$$

$$= |-9633| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0) + 1.07 \cdot |75.6| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)$$

$$= 0.681 + 0.051 = 0.732$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.745, 0.732) = 0.745$$

controle: $0.745 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Tussenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.11.9 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

- $T_{sb} = 2 * N_{kb} / \cos(\alpha_{sb}) = 2 * 6284 / \cos(15.8) = 13063 \text{ N}$
- $T_{so} = (N_{kb2} - D_{bk} + D_{ok}) / \cos(\alpha_{so}) = (9633 - 2446 + -489) / \cos(15.8) = 6962 \text{ N}$
- $N_s = \text{MAX}(T_{sb}, T_{so}) = \text{MAX}(13063, 6962) = 13063 \text{ N}$

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{13063}{18457} = 0.708$$

controle: $0.708 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:
Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD10.0 mm) voldoen qua sterkte
bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay down wind)

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

5.11.10 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 - v_s / 2 * (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -3838 * (1 - 650 / 2 * 1275) = -3349 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 3838 * 1500 - 3651 \text{ E3} = 2106 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-3349|}{500779} + \frac{|2106|}{11184} = 0.195$$

controle: 0.195 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-3349|}{1683.3} + \frac{|2106|}{45.931} = 47.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 47.8 / 235.0 = 0.204$$

controle: 0.204 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 2106.01, M2 = -2106.01, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.60 - 0.2) * (|-3349| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.41 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-3349| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.41 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.41, 0.41) = 0.41 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3349| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.41 * |2106.0| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.024 + 0.077 = 0.100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3349| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.24 * |2106.0| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.024 + 0.046 = 0.070 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.100, 0.070) = 0.100$$

controle: 0.100 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.366 * \frac{3838 * (900)^2 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 2.70 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 300 + 400 + 200 - 0 = 900 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

- Vergrotingsfactor: - $nyok' = 45.96 * 3838 / 2873 = 61.39$
 - $nyok'/nyok'-1 = 1.02$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.02 * 2.70 * \frac{11493}{15353} * \frac{300 + 400 + 200}{900} = 2.06 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: $2.1 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK80*80*6.0 mm) voldoen
 bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.11.11 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de onderste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-so} &= \frac{T_{so} \cdot l_{so}}{E \cdot A_{so}} = \frac{6962 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 1.97 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko1} &= \frac{N_{ko} \cdot L_o}{E \cdot A_k} = \frac{6284 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.03 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de tussenbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk2} &= \frac{N_{k2} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{9633 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.54 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Umid} &= \frac{L_{so}}{v} \cdot \text{delta-so} + \frac{L_o}{v} \cdot \text{delta-ko1} + \text{delta-bk2} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 1.97 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.03 + 0.54 = 2.60 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-sb} &= \frac{T_{sb} \cdot l_{sb}}{E \cdot A_{sb}} = \frac{13063 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 3.70 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{- kracht Nokb} = N_{ok} - T_{so} \cdot \sin(\alpha_{fasb}) = 6284 - 6962 \cdot \sin(15.8) = 4386 \text{ N}$$

- Verkorting van het bovenstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko2} &= \frac{N_{kb} \cdot L_b}{E \cdot A_k} = \frac{4386 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.02 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenliggende koppelbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk1} &= \frac{N_{k1} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{6284 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.35 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Ubov} &= \frac{L_{sb}}{v} \cdot \text{delta-sb} + \frac{L_b}{v} \cdot \text{delta-ko2} + \text{delta-bk1} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 3.70 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.02 + 0.35 = 4.21 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- Lk = h + fh - fhp - vs + vok = 3200 + 300 - 300 - 650 + 0 = 2550 \text{ mm}$$

$$- U1gtdub = Umid + \left(1 + \frac{vs}{Lb}\right) * Ubov$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{Fhk * vs^2}{E * Iokz} * \left(3 * Lb + Lo + 4 * vs - \frac{Lo^2}{Lb + Lo}\right)$$

$$= 2.60 + \left(1 + \frac{650}{2550}\right) * 4.21$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{3838 * 650^2}{2.1E5 * 179.0E4} * \left(3 * 1275 + 1275 + 4 * 650 - \frac{1275^2}{1275 + 1275}\right)$$

$$U1gtdub = 11.50 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * U1gtdub * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \text{ met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 2.06 \text{ mm}$ (zie 5*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

$$- \text{Vergrotingsfactor: } - nzkb = 392.2 \text{ (zie 5*.4)}$$

$$- nzkb' = 392.2 * 3838 / 2873 = 523.9$$

$$- nzkb'/nzkb'-1 = 1.00$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.00 * 11.50 * \frac{2873}{3838} + 2.06 = 10.68 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 * h / 150 = 2 * 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (S_r + S_n * \frac{L_r}{B_s}) * \frac{n_{kap} * \frac{L_r}{\cos(a)}}{L_r}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{1789.8}{1125.0}) * \frac{4 * \frac{3200}{\cos(30.0)}}{1789.8} = 115.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 115.1 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

- $u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}$; $\text{MIN}(42.7, 115.1, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $10.7 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK100*100*3.0 mm) voldoen qua stijfheid
 bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.11.12 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 3254 - \frac{2 * 2873 * (3200+300-300+ 0)}{4500} + 2 * \frac{2733E3}{4500} = 383 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 383 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289) : Fegk' = 289 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 17274) : Gfund = 17274 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund Fvp = 17656 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 2733 Nm
 - Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 7276 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 10009 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = -4543 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 10009 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -4543 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 17656 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 2873 N < 8044 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.11.13 Controle van de op "druk" belaste poer:

- a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 3254 + \frac{2 * 2873 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{2733E3}{4500} = 6126 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 6126 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 289$) : $Fegk' = 289 \text{ N}$
 - Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 17274$) : $Gfund = 17274 \text{ N}$
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund = 23688 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

- b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer' = 2733 \text{ Nm}$
 - Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 9762 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 12495 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -7028 \text{ Nm}$

- c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $12495 \text{ Nm} < 30443 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-7028 \text{ Nm} < 9316 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|23688 \text{ N}| < 61324 \text{ N}$, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $2873 \text{ N} < 8044 \text{ N}$, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m²
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50 = 8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 = 2764 N

$$\text{Totaal Fsvd1} = 12088 \text{ N}$$

$$\text{Fhk'mom} = (1/258 + 1/200) * 45.0 / 4.50 * 12088 / (2 * 2) = 268 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Vb'} &= \text{Fsvd1} + \frac{2 * \text{Fhk'mom} * (h + fh - fhp + vok)}{v} - 2 * \frac{\text{Tpoer'} * \text{Fhk'mom}}{v * \text{Fhk'}} \\ &= 12088 + \frac{2 * 268 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{2733 \text{E}3 * 268}{4500 * 2873} = 12356 \text{ N} \end{aligned}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Vb' = 12356 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 17274 N
- Vert. belasting per : Fsvd = 29630 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{29630}{\pi/4 * 930^2} = 0.044 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 800) = 0.018 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.044 - 0.018 = 0.026 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$

waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{0.5 * \text{dpoer} + z} \right]^{1.5}$$

Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.405 \text{ m}$

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.405} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.055 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.405 * 3.738 = 0.015 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.055 + 0.015 = 0.070 \text{ m}$

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100 \text{ m}$

Controle zetting: $0.070 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay down wind)

5.12 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.12.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 12.80 * 4.50	=	8064 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
	----- +	
Totaal =		12088 N
- Windbelasting = 12.80*4.50*(-0.20-(-0.20))*(1.00 *533)	=	0 N
In gebruikstoestand: Fvk' = -N'		12088 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.02 * 140)=	143 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 143 * 12.80 * 4.50	=	8236 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.02 * 70) * 4.50	=	1287 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.02 * 2764)	=	2823 N
	----- +	
Totaal =		12345 N
- Windbelasting = 12.80*4.50*(-0.20-(-0.20))*(1.28 *533)	=	0 N
In rekentoestand: Fvk = -N		12345 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 $V_{tot} = 45.0 / 4.50 * 12345 = 123453 \text{ N}$
 - Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 $V_z = 123453 / (2 * 2) = 30863 \text{ N}$

5.12.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

De horizontale belasting in gootrichting is opgebouwd uit twee componenten, namelijk wind en scheefstand. Voor iedere kolommenrij geldt:

a) Wind op de kopgevels:

- Kaphoogte (hkap) = $3.20 / 2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m}$
 - Kapoppervlak (Akap) = $4 * 3.20 / 2 * 0.92 = 5.9 \text{ m}^2$
 - Geveloppervlak (Agevel) = $12.80 * 3.20 = 41.0 \text{ m}^2$
 - $F_{h,kop} = (0.7 + 0.3) * (1.28 * 533) * (5.9 + 41.0/2) * 0.72 = 12902 \text{ N}$

b) Windwrijving op het kasdek:

- $F_{h,dek} = c_f * l_{spant} * Q_{wind} * \max(0, (L_{kas} - 2 * (ph + fh))) * c_{scd}$
 $= 0.01 * 12.80 * (1.28 * 533) * 38.00 * 0.72 = 2378 \text{ N}$
 - $F_{h,wind} = F_{h,kop} + F_{h,dek} = 12902 + 2378 = 15280 \text{ N}$

c) Extra horizontale krachten t.g.v. initiële scheefstand:

- Kolommen: $\psi_i = 1/258$ (zie EN 1993-1-1)
 - Spanten: $\psi_s = 1/200$ (zie EN 1993-1-1)
 - $F_{h,scheefstand} = (1/258 + 1/200) * |123453| = 1095 \text{ N}$

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- $F_{h,tot} = 15280 + 1095 = 16375 \text{ N}$
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - $F_{hk} = 16375 / (2 * 2) = 4094 \text{ N}$
 In gebruikstoestand: $f_{cdim} = C_{sCd}' / C_{sCd} = 0.70 / 0.72 = 0.97$
 - $F_{h,wind}' = F_{h,kop}' + F_{h,dek}' = 10119 + 1865 = 11984 \text{ N}$
 - $F_{h,tot}' = 11984 * 0.97 + 1073 = 12277 \text{ N}$
 - $F_{hk}' = 12277 / (2 * 2) = 3069 \text{ N}$

5.12.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{4094 * 1500 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 14.58 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 300 + 400 + 800 - 0 = 1500 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 14.58 \text{ E-3} * 0.366 = 5.33 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 730 \text{ E6} * 5.33 \text{ E-3} = 3894 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 3894 \text{ E3} * 3069 / 4094 = 2920 \text{ E3 Nmm}$$

5.12.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 12345 + \frac{650}{3200 + 300 - 300} * (30863 - 12345) = 16107 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 12345 + 4094 * \frac{3200 + 300 - 300 + 0}{4500} = 15256 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 41.716$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 41.716 * 15256 = 636434 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{L_{knik,o}} = \frac{3 * 2.1E5 * 179E4}{1275} = 884 \text{ E6 Nmm/rad}$$

$$(\text{dubbel schoorvak: } L_{knik,o} = \text{Max}(L_o, L_b) = \text{Max}(1275, 1275) = 1275 \text{ mm})$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(L_{knik,o})^2 * N_{ko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2 * 636434} = 3.59$$

$$- n/n-1 = 1.39$$

$$- \text{cr-E} = 884 \text{ E6} / 1.39 = 638 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{638E6 * 650}{2.1E5 * 179E4} = 1.103$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 650 * (4 + \frac{10}{1.103})^{0.5} = 2350 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(2350)^2} = 671907 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{671907}{16107} = 41.7157$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{n_{zkb} * F_{vk}} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{41.72 * 12345} \right)^{0.5} = 2684 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + f_h - f_{hp}) = 2684 / (3200 + 300 - 300) = 0.84)$$

- Slankheid: $\lambda_{zkb} = lkzkb / i_{zk} = 2684 / 39.5 = 68$
 - $Ch_{kb,z} = \min(0.718, 1.0) = 0.718$

- In spanrichting:

- De kniklengte in spanrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$l_{kyk} = 2.05 * (3200 + 300 - 300 - 100 - 450) = 5432 \text{ mm}$$

$$(N.B.: k_{heff} = \text{effectieve kolomhoogte} = 3.2 - 0.10 - 0.45 = 2.65 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda_{yk} = l_{yk} / i_{yk} = 5432 / 39.5 = 138$
 - $Ch_{k,y} = \min(0.326, 1.0) = 0.326$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = 1275 \text{ mm}$

$$- \text{Eulerse knikkracht: } FE_{zko} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda_{zko} = lkzko / i_{zk} = 1275 / 39.5 = 32$
 - $Ch_{ko,z} = \min(0.927, 1.0) = 0.927$

- In spanrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

5.12.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -12345 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 4094 \cdot 650 = 2661 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-12345|}{300652} + \frac{|2661|}{9370} = 0.325$$

controle: $0.325 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-12345|}{1148.5} + \frac{|2661|}{41.595} = 74.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 74.7 / 235.0 = 0.318$$

controle: $0.318 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + (0.71 - 0.2) \cdot (|-12345| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.93 \\ K_{z,3} &= C_{m2} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-12345| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.94 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.93, 0.94) = 0.93 \\ K_{y,b} &= 0.6 \cdot K_{z,b} = 0.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-12345| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0) + 0.93 \cdot |2661.0| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.058 + 0.263 = 0.321 \\ UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-12345| / (0.326 \cdot 300652 / 1.0) + 0.56 \cdot |2661.0| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.126 + 0.158 = 0.284 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.321, 0.284) = 0.321$$

controle: $0.321 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

5.12.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(12345 + 2 * 4094 * (3200 + 300 - 300 + 0)) / 4500 = -18168 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 * 1.02 * 2661 \text{ E3}, 2661 \text{ E3}) = 2661 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{|-18168|}{300652} + \frac{|2661|}{9370} = 0.344$$

controle: $0.344 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{|-18168|}{1148.5} + \frac{|2661|}{41.595} = 79.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 79.8 / 235.0 = 0.340$$

controle: $0.340 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.60$ (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 2660.95$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 1330.48$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z.2} &= C_{m2} * (1.0 + (\lambda_{barel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + (0.34 - 0.2) * (|-18168| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.61 \\ K_{z.3} &= C_{m2} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.8 * (|-18168| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.63 \\ K_{z.b} &= \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.61, 0.63) = 0.61 \\ K_{y.b} &= 0.6 * K_{z.b} = 0.36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ &= |-18168| / (0.927 * 300652 / 1.0) + 0.61 * |2661.0| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.065 + 0.172 = 0.237 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ &= |-18168| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 0.36 * |2661.0| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.185 + 0.103 = 0.289 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.237, 0.289) = 0.289$$

controle: $0.289 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.12.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$\begin{aligned}
 - N_{bk} &= -F_{hk} * \left(1 + \frac{v_s}{L_o} + \frac{v_s}{2*(L_b + L_o)}\right) = \\
 &= -4094 * \left(1 + \frac{650}{1275} + \frac{650}{2*(1275+1275)}\right) = -6703 \text{ N} \\
 - M_{z,Ed} &= f_{eg} * \frac{1}{8} * q * l^2 = 1.02 * \frac{1}{8} * 29.874 \text{ E-3} * 4.500^2 = 77.229 \text{ E3}
 \end{aligned}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-6703|}{102986} + \frac{|77|}{1577} = 0.114$$

controle: 0.114 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-6703|}{380.6} + \frac{|77|}{6.830} = 28.9 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 28.9 / 235.0 = 0.123$$

controle: 0.123 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 77.23, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel,y} * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.6 * 2.45 * (|-6703| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.61 \\
 Ky.3 &= Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.6 * (|-6703| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.22 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.61, 1.22) = 1.22 \\
 Kz.b &= 0.8 * Ky.b = 0.98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-6703| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 1.22 * |77.2| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.474 + 0.060 = 0.533 \\
 UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\
 &= |-6703| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.98 * |77.2| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.474 + 0.048 = 0.521
 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.533, 0.521) = 0.533$$

controle: 0.533 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.12.8 Controle van de op druk belaste tussenliggende koppelbalken

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste tussenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{tk} = 2 \cdot N_{bk} - D_{bk} + D_{ok} = 2 \cdot 6703 - 2609 + -522 = 10275 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.0 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E3} \cdot 4.500^2 = 77.229 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10275|}{102986} + \frac{|77|}{1577} = 0.149$$

controle: $0.149 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10275|}{380.6} + \frac{|77|}{6.830} = 38.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 38.3 / 235.0 = 0.163$$

controle: $0.163 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 77.23, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y,2} = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{rel,y} \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 2.45 \cdot (|-10275| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.96$$

$$K_{y,3} = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-10275| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.36$$

$$K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(1.96, 1.36) = 1.36$$

$$K_{z,b} = 0.8 \cdot K_{y,b} = 1.09$$

$$UC_{stab,1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0} + K_{y,b} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0}$$

$$= \frac{|-10275|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 1.36 \cdot \frac{|77.2|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0}$$

$$= 0.726 + 0.067 = 0.793$$

$$UC_{stab,2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0} + K_{z,b} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0}$$

$$= \frac{|-10275|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 1.09 \cdot \frac{|77.2|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0}$$

$$= 0.726 + 0.053 = 0.779$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.793, 0.779) = 0.793$$

controle: $0.793 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Tussenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.12.9 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

- $T_{sb} = 2 * N_{kb} / \cos(\alpha_{sb}) = 2 * 6703 / \cos(15.8) = 13933 \text{ N}$
- $T_{so} = (N_{kb2} - D_{bk} + D_{ok}) / \cos(\alpha_{so}) = (10275 - 2609 + -522) / \cos(15.8) = 7425 \text{ N}$
- $N_s = \text{MAX}(T_{sb}, T_{so}) = \text{MAX}(13933, 7425) = 13933 \text{ N}$

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{13933}{18457} = 0.755$$

controle: $0.755 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:
Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD10.0 mm) voldoen qua sterkte
bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (C_{pi} negative, C_{pe} 1st bay up wind)

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

5.12.10 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 - v_s / 2 * (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -4094 * (1 - 650 / 2 * 1275) = -3572 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 4094 * 1500 - 3894 \text{ E3} = 2246 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-3572|}{500779} + \frac{|2246|}{11184} = 0.208$$

controle: $0.208 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-3572|}{1683.3} + \frac{|2246|}{45.931} = 51.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 51.0 / 235.0 = 0.217$$

controle: $0.217 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 2246.23, M2 = -2246.23, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.60 - 0.2) * (|-3572| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.41 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-3572| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.41 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.41, 0.41) = 0.41 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3572| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.41 * |2246.2| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.025 + 0.082 = 0.107 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3572| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.24 * |2246.2| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.025 + 0.049 = 0.074 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.107, 0.074) = 0.107$$

controle: $0.107 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.366 * \frac{4094 * (900)^2 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 2.88 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 300 + 400 + 200 - 0 = 900 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

- Vergrotingsfactor: - $nyok' = 43.09 * 4094 / 3069 = 57.47$
 - $nyok'/nyok'-1 = 1.02$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.02 * 2.88 * \frac{12277}{16375} * \frac{300 + 400 + 200}{900} = 2.20 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: $2.2 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK80*80*6.0 mm) voldoen
 bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.12.11 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de onderste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-so} &= \frac{T_{so} \cdot l_{so}}{E \cdot A_{so}} = \frac{7425 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 2.11 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko1} &= \frac{N_{ko} \cdot L_o}{E \cdot A_k} = \frac{18168 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.10 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de tussenbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk2} &= \frac{N_{k2} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{10275 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.58 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Umid} &= \frac{L_{so}}{v} \cdot \text{delta-so} + \frac{L_o}{v} \cdot \text{delta-ko1} + \text{delta-bk2} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 2.11 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.10 + 0.58 = 2.79 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-sb} &= \frac{T_{sb} \cdot l_{sb}}{E \cdot A_{sb}} = \frac{13933 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 3.95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{- kracht Nokb} = N_{ok} - T_{so} \cdot \sin(\alpha_{fasb}) = 2E+4 - 7425 \cdot \sin(15.8) = 16143 \text{ N}$$

- Verkorting van het bovenstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko2} &= \frac{N_{kb} \cdot L_b}{E \cdot A_k} = \frac{16143 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.09 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenliggende koppelbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk1} &= \frac{N_{k1} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{6703 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.38 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Ubov} &= \frac{L_{sb}}{v} \cdot \text{delta-sb} + \frac{L_b}{v} \cdot \text{delta-ko2} + \text{delta-bk1} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 3.95 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.09 + 0.38 = 4.51 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- Lk = h + fh - fhp - vs + vok = 3200 + 300 - 300 - 650 + 0 = 2550 \text{ mm}$$

$$- U1gtdub = Umid + \left(1 + \frac{vs}{Lb}\right) * Ubov$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{Fhk * vs^2}{E * Iokz} * \left(3 * Lb + Lo + 4 * vs - \frac{Lo^2}{Lb + Lo}\right)$$

$$= 2.79 + \left(1 + \frac{650}{2550}\right) * 4.51$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{4094 * 650^2}{2.1E5 * 179.0E4} * \left(3 * 1275 + 1275 + 4 * 650 - \frac{1275^2}{1275 + 1275}\right)$$

$$U1gtdub = 12.31 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb' - 1} * U1gtdub * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \text{ met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 2.20 \text{ mm}$ (zie 5*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

$$- \text{Vergrotingsfactor: } - nzkb = 41.72 \text{ (zie 5*.4)}$$

$$- nzkb' = 41.72 * 4094 / 3069 = 55.64$$

$$- nzkb' / (nzkb' - 1) = 1.02$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.02 * \frac{3069}{4094} * 12.31 + 2.20 = 11.60 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 * h / 150 = 2 * 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (S_r + S_n * \frac{L_r}{B_s}) * \frac{n_{kap} * \frac{L_r}{\cos(a)}}{L_r}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{1789.8}{1125.0}) * \frac{4 * \frac{3200}{\cos(30.0)}}{1789.8} = 115.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 115.1 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

- $u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \text{MIN}(42.7, 115.1, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $11.6 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK100*100*3.0 mm) voldoen qua stijfheid
 bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.12.12 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 12088 - \frac{2 * 3069 * (3200+300-300+ 0)}{4500} + 2 * \frac{2920E3}{4500} = 9021 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 9021 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289) : Fegk' = 289 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 17274) : Gfund = 17274 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund Fvp = 26294 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 2920 Nm
 - Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 10836 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 13756 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = -7916 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 13756 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -7916 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 26294 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 3069 N < 8044 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.12.13 Controle van de op "druk" belaste poer:

- a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 12088 + \frac{2 * 3069 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{2920E3}{4500} = 15156 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 15156 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 289$) : $Fegk' = 289 \text{ N}$
 - Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 17274$) : $Gfund = 17274 \text{ N}$
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund = 32718 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

- b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer' = 2920 \text{ Nm}$
 - Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 13483 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 16403 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -10563 \text{ Nm}$

- c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $16403 \text{ Nm} < 30443 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-10563 \text{ Nm} < 9316 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|32718 \text{ N}| < 61324 \text{ N}$, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $3069 \text{ N} < 8044 \text{ N}$, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

$$\begin{aligned}
 & \text{- Eigen gewicht dek} = 140 \text{ N/m}^2 \\
 & \text{- Neerwaartse belasting per kolom} = 140 * 12.80 * 4.50 = 8064 \text{ N} \\
 & \text{- Eigen gewicht van de goot} = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N} \\
 & \text{- Eigen gewicht van het spant} = 1.00 * 2764 = 2764 \text{ N} \\
 & \text{-----} + \\
 & \text{Totaal Fsvd1} = 12088 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\text{- Fhk'mom} = (1/258 + 1/200) * 45.0 / 4.50 * 12088 / (2 * 2) = 268 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Vb'} &= \text{Fsvd1} + \frac{2 * \text{Fhk'mom} * (h + fh - fhp + vok)}{v} - 2 * \frac{\text{Tpoer}' * \text{Fhk'mom}}{v * \text{Fhk}'} \\
 &= 12088 + \frac{2 * 268 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{2920 \text{E}3 * 268}{4500 * 3069} = 12356 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)} : \text{Vb'} = 12356 \text{ N} \\
 & \text{- Eigen gewicht paal, poer en grond} : \text{Gfund} = 17274 \text{ N} \\
 & \text{-----} + \\
 & \text{- Vert. belasting per : Fsvd} = 29630 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{29630}{\pi/4 * 930^2} = 0.044 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 800) = 0.018 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.044 - 0.018 = 0.026 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$
 waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{0.5 * \text{dpoer} * z^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.405$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.405} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.055 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.405 * 3.738 = 0.015 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.055 + 0.015 = 0.070$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.070 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (C_{pi} negative, C_{pe} 1st bay up wind)

5.13 B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.13.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140) = 140 N/m²
 - Gewasbelasting (1.00 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50 = 13824 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50 = 1260 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764) = 2764 N
 - Gewicht kasdekreiniger = (1.00 * 2750 * (2*4-1)/4) = 4813 N
 - Transportlast = 1.00 * max(1250, 1000) + 1.00 * 0 = 1250 N
 ----- +
 Totaal = 23911 N
 - Windbelasting: 0 N

In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 23911 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.15 * 140) = 161 N/m²
 - Gewasbelasting (1.28 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.15 * 100) = 115 N/m²
 ----- +
 Totaal : 275 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 275 * 12.80 * 4.50 = 15863 N
 - Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.15 * 70) * 4.50 = 1446 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.15 * 2764) = 3172 N
 - Gewicht kasdekreiniger = (1.28 * 2750 * (2*4-1)/4) = 6136 N
 - Transportlast = 1.28 * max(1250, 1000) + 1.15 * 0 = 1594 N
 ----- +
 Totaal = 28211 N
 - Windbelasting: 0 N

In rekentoestand: Fvk = -N = 28211 N

Geconcentreerde puntlast op de gootondersteuning:

Gewicht wielbasis 6000 1500
 Fkd = ----- * (2 - -----) = ----- * (2 - -----) = 2750 N
 4 2*vakmaat 4 2*4500

In rekentoestand: Fkdr = 3506 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 45.0 / 4.50 * (28211 - 6136 - 1594) + 6136 + 1594 = 212538 N
 - Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 212538 / (2 * 2) = 53135 N

5.13.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom t.g.v. initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)
 - Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
 - Fh,scheefstand = (1/258 + 1/200) * |212538| = 1886 N

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- Fh,tot = Fh,scheefstand = 1886 N
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - Fhk = 1886 / (2 * 2) = 471 N
 In gebruikstoestand: (fCd = CsCd' / CsCd = 0.70 / 0.72 = 0.97)
 - Fhk' = 1637 / (2 * 2) = 409 N

5.13.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{471 * 1500 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 1.68 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 300 + 400 + 800 - 0 = 1500 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 1.68 \text{ E-3} * 0.366 = 0.61 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 730 \text{ E6} * 0.61 \text{ E-3} = 449 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 449 \text{ E3} * 409 / 471 = 389 \text{ E3 Nmm}$$

5.13.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 28211 + \frac{650}{3200 + 300 - 300} * (53135 - 28211) = 33273 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 28211 + \frac{3200 + 300 - 300 + 0}{471 * 4500} = 28546 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 20.602$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 20.602 * 28546 = 588090 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{L_{knik,o}} = \frac{3 * 2.1E5 * 179E4}{1275} = 884 \text{ E6 Nmm/rad}$$

$$(\text{dubbel schoorvak: } L_{knik,o} = \text{Max}(L_o, L_b) = \text{Max}(1275, 1275) = 1275 \text{ mm})$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(L_{knik,o})^2 * N_{ko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2 * 588090} = 3.88$$

$$- n/n-1 = 1.35$$

$$- \text{cr-E} = 884 \text{ E6} / 1.35 = 656 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{656E6 * 650}{2.1E5 * 179E4} = 1.135$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 650 * (4 + \frac{10}{1.135})^{0.5} = 2326 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(2326)^2} = 685483 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{685483}{33273} = 20.6016$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Izk}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{20.60 * 28211} \right)^{0.5} = 2526 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 2526 / (3200 + 300 - 300) = 0.79)$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zkb} = lkzkb / izk = 2526 / 39.5 = 64$
 - $Chikb.z = \min(0.718, 1.0) = 0.718$

- In spantrichting:

- De kniklengte in spantrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.05 * (3200 + 300 - 300 - 100 - 450) = 5432 \text{ mm}$$

$$(N.B.: kheff = \text{effectieve kolomhoogte} = 3.2 - 0.10 - 0.45 = 2.65 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda\text{-yk} = lkyk / iyk = 5432 / 39.5 = 138$
 - $Chik.y = \min(0.326, 1.0) = 0.326$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = 1275 \text{ mm}$

$$\text{- Eulerse knikkracht: } FEzko = \frac{\pi^2 * E * Izk}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zko} = lkzko / izk = 1275 / 39.5 = 32$
 - $Chiko.z = \min(0.927, 1.0) = 0.927$

- In spantrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

5.13.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -28211 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 471 \cdot 650 = 306 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-28211|}{300652} + \frac{|306|}{9370} = 0.127$$

controle: $0.127 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-28211|}{1148.5} + \frac{|306|}{41.595} = 31.9 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 31.9 / 235.0 = 0.136$$

controle: $0.136 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,rel,z} * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 0.71 * (|-28211| / (0.718 * 300652 / 1.0))) = 0.95 \\ K_{z,3} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-28211| / (0.718 * 300652 / 1.0))) = 0.97 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.95, 0.97) = 0.95 \\ K_{y,b} &= 0.8 * K_{z,b} = 0.76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-28211| / (0.718 * 300652 / 1.0) + 0.95 * |306.5| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.127 + 0.031 = 0.158 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-28211| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 0.76 * |306.5| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.288 + 0.025 = 0.313 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.158, 0.313) = 0.313$$

controle: $0.313 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

5.13.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(28211 + 2 \cdot 471 \cdot (3200 + 300 - 300 + 0) / 4500) = -28881 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 \cdot 1.05 \cdot 306 \text{ E3}, 306 \text{ E3}) = 306 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-28881|}{300652} + \frac{|306|}{9370} = 0.129$$

controle: $0.129 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-28881|}{1148.5} + \frac{|306|}{41.595} = 32.5 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 32.5 / 235.0 = 0.138$$

controle: $0.138 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.60 (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 306.45$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 153.23$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{barel,z} \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0))) \\ &= 0.60 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 0.34 \cdot (|-28881| / (0.927 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.61 \\ Kz.3 &= Cmz2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0))) \\ &= 0.60 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-28881| / (0.927 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.64 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.61, 0.64) = 0.61 \\ Ky.b &= 0.8 \cdot Kz.b = 0.49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + Kz.b \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-28881| / (0.927 \cdot 300652 / 1.0) + 0.61 \cdot |306.5| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.104 + 0.020 = 0.124 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + Ky.b \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-28881| / (0.326 \cdot 300652 / 1.0) + 0.49 \cdot |306.5| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.295 + 0.016 = 0.311 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.124, 0.311) = 0.311$$

controle: $0.311 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.6 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.13.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$\begin{aligned}
 - N_{bk} &= -F_{hk} * \left(1 + \frac{v_s}{L_o} + \frac{v_s}{2*(L_b + L_o)}\right) = \\
 &= - 471 * \left(1 + \frac{650}{1275} + \frac{650}{2*(1275+1275)}\right) = -772 \quad N \\
 - M_{z,Ed} &= f_{eg} * \frac{1}{8} * q * l^2 = 1.15 * \frac{1}{8} * 29.874 \text{ E-3} * 4.500^2 = 86.774 \text{ E3}
 \end{aligned}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-772|}{102986} + \frac{|87|}{1577} = 0.063$$

controle: 0.063 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-772|}{380.6} + \frac{|87|}{6.830} = 14.7 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 14.7 / 235.0 = 0.063$$

controle: 0.063 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 86.77, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d} \eta_y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + (2.45 - 0.2) * (|-772| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.07 \\
 Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.8 * (|-772| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 0.99 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.07, 0.99) = 0.99 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.59
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\
 &= |-772| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.99 * |86.8| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.055 + 0.055 = 0.109
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\
 &= |-772| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.59 * |86.8| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.055 + 0.033 = 0.087
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.109, 0.087) = 0.109$$

controle: 0.109 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.6 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.13.8 Controle van de op druk belaste tussenliggende koppelbalken

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste tussenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{tk} = 2 \cdot N_{bk} - D_{bk} + D_{ok} = 2 \cdot 772 - 300 + -60 = 1183 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.1 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E3} \cdot 4.500^2 = 86.774 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-1183|}{102986} + \frac{|87|}{1577} = 0.067$$

controle: $0.067 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-1183|}{380.6} + \frac{|87|}{6.830} = 15.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 15.8 / 235.0 = 0.067$$

controle: $0.067 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{my2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat C_{my2} = 0.95 (het profiel is geschoord).

M₁ = 0.00, M₂ = 0.00, M_s = 86.77, M_{kip} = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y,2} = C_{my} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + (2.45 - 0.2) \cdot (|-1183| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.13$$

$$K_{y,3} = C_{my} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-1183| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.01$$

$$K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(1.13, 1.01) = 1.01$$

$$K_{z,b} = 0.6 \cdot K_{y,b} = 0.61$$

$$UC_{stab,1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0} + K_{y,b} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0}$$

$$= \frac{|-1183|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 1.01 \cdot \frac{|86.8|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0}$$

$$= 0.084 + 0.056 = 0.139$$

$$UC_{stab,2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0} + K_{z,b} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0}$$

$$= \frac{|-1183|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 0.61 \cdot \frac{|86.8|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0}$$

$$= 0.084 + 0.033 = 0.117$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.139, 0.117) = 0.139$$

controle: $0.139 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Tussenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.6 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.13.9 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

- $T_{sb} = 2 * N_{kb} / \cos(\alpha_{sb}) = 2 * 772 / \cos(15.8) = 1605 \text{ N}$
- $T_{so} = (N_{kb2} - D_{bk} + D_{ok}) / \cos(\alpha_{so}) = (1183 - 300 + -60) / \cos(15.8) = 855 \text{ N}$
- $N_s = \text{MAX}(T_{sb}, T_{so}) = \text{MAX}(1605, 855) = 1605 \text{ N}$

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{1605}{18457} = 0.087$$

controle: $0.087 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:
Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD10.0 mm) voldoen qua sterkte
bij B.C.6 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

5.13.10 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 - v_s / 2 * (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -471 * (1 - 650 / 2 * 1275) = -411 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 471 * 1500 - 449 \text{ E3} = 259 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

Rekening houdend met de geconcentreerde puntlast op het midden van de onderbalk, kunnen de volgende buigende momenten berekend worden:

$$\begin{aligned} \text{- Veldmoment (vrij opgelegd) : } M_{Dy} &= 1/4 * 1.28 * 1000 * 4.50 = 1434 \text{ E3 Nmm} \\ \text{- Negatief "steunpuntmoment": } M_{y1} &= -M_{y2} = -M_{yok} = -259 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken belast door een geconcentreerde puntlast in het midden volgens EC3:

$$M_{y,ED} = \max(|M_{Dy}|, |M_{yok}|) = \max(|1434|, |259|) = 1434 \text{ Nm}$$

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-411|}{500779} + \frac{|1434|}{11184} = 0.129$$

controle: $0.129 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-411|}{1683.3} + \frac{|1434|}{45.931} = 45.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 45.3 / 235.0 = 0.134$$

controle: $0.134 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{my2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat C_{my2} = 0.92 (het profiel is geschoord).
 M₁ = 258.69, M₂ = -258.69, M_s = 1434.38, M_{kip} = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,dare,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.92 * (1.0 + (1.60 - 0.2) * (|-411| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.92 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.92 * (1.0 + 0.8 * (|-411| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.92 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.92, 0.92) = 0.92 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-411| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.92 * |1434.4| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.003 + 0.118 = 0.121 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-411| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.55 * |1434.4| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.003 + 0.071 = 0.074 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.121, 0.074) = 0.121$$

controle: $0.121 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.366 * \frac{471 * (900)^2 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 0.33 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 300 + 400 + 200 - 0 = 900 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

- Vergrotingsfactor: - $nyok' = 374.1 * 471 / 409 = 430.89$
 - $nyok'/nyok'-1 = 1.00$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.00 * 0.33 * \frac{1637}{1886} * \frac{300 + 400 + 200}{900} = 0.29 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: $0.3 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK80*80*6.0 mm) voldoen
 bij B.C.6 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.13.11 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de onderste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-so} &= \frac{T_{so} \cdot l_{so}}{E \cdot A_{so}} = \frac{855 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 0.24 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko1} &= \frac{N_{ko} \cdot L_o}{E \cdot A_k} = \frac{28881 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.15 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de tussenbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk2} &= \frac{N_{k2} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{1183 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.07 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Umid} &= \frac{L_{so}}{v} \cdot \text{delta-so} + \frac{L_o}{v} \cdot \text{delta-ko1} + \text{delta-bk2} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 0.24 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.15 + 0.07 = 0.36 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-sb} &= \frac{T_{sb} \cdot l_{sb}}{E \cdot A_{sb}} = \frac{1605 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 0.46 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{- kracht Nokb} = N_{ok} - T_{so} \cdot \sin(\alpha_{fasb}) = 3E+4 - 855 \cdot \sin(15.8) = 28648 \text{ N}$$

- Verkorting van het bovenstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko2} &= \frac{N_{kb} \cdot L_b}{E \cdot A_k} = \frac{28648 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.15 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenliggende koppelbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk1} &= \frac{N_{k1} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{772 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.04 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Ubov} &= \frac{L_{sb}}{v} \cdot \text{delta-sb} + \frac{L_b}{v} \cdot \text{delta-ko2} + \text{delta-bk1} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 0.46 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.15 + 0.04 = 0.56 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- Lk = h + fh - fhp - vs + vok = 3200 + 300 - 300 - 650 + 0 = 2550 \text{ mm}$$

$$- U1gtdub = U_{mid} + \left(1 + \frac{vs}{Lb}\right) * U_{bov}$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{Fhk * vs^2}{E * I_{okz}} * \left(3 * Lb + L_o + 4 * vs - \frac{L_o^2}{Lb + L_o}\right)$$

$$= 0.36 + \left(1 + \frac{650}{2550}\right) * 0.56$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{471 * 650^2}{2.1E5 * 179.0E4} * \left(3 * 1275 + 1275 + 4 * 650 - \frac{1275^2}{1275 + 1275}\right)$$

$$U1gtdub = 1.52 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb' - 1} * U1gtdub * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \text{ met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 0.29 \text{ mm}$ (zie 5*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

$$\begin{aligned} - \text{Vergrotingsfactor: } & - nzkb = 20.60 \text{ (zie 5*.4)} \\ & - nzkb' = 20.60 * 471 / 409 = 23.73 \\ & - nzkb' / nzkb' - 1 = 1.04 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.04 * \frac{409}{471} * 1.52 + 0.29 = 1.67 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 * h / 150 = 2 * 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (S_r + S_n * \frac{L_r}{B_s}) * \frac{n_{kap} * \frac{L_r}{\cos(a)}}{L_r}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{1789.8}{1125.0}) * \frac{4 * \frac{3200}{\cos(30.0)}}{1789.8} = 115.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 115.1 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

- $u_{toel} = u_{toel-a} < u_{toel-b} < u_{max}; \text{MIN}(42.7, 115.1, 60.0) = 42.7 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $1.7 \text{ mm} < 42.7 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK100*100*3.0 mm) voldoen qua stijfheid bij B.C.6 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.13.12 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 23911 - \frac{2 * 409 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} + 2 * \frac{389 \text{ E3}}{4500} = 23502 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 23502 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289) : Fegk' = 289 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 17274) : Gfund = 17274 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund Fvp = 40775 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 389 Nm
 - Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 16803 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 17193 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = -16414 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 17193 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -16414 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 40775 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 409 N < 8044 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen
 bij B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.13.13 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 23911 + \frac{2 * 409 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{389 \text{ E3}}{4500} = 24320 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 24320 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 289$) : $Fegk' = 289 \text{ N}$
 - Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 17274$) : $Gfund = 17274 \text{ N}$
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund$ $Fvp = 41882 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer'$ $= 389 \text{ Nm}$
 - Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B$ $= 17259 \text{ Nm}$
 $= |41882| * 0.5 * 0.824$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp$ $Mp = 17649 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp$ $Mp = -16870 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $17649 \text{ Nm} < 30443 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-16870 \text{ Nm} < 9316 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|41882 \text{ N}| < 61324 \text{ N}$, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $409 \text{ N} < 8044 \text{ N}$, dus: voldoet.

$dSvd(z) = dSvd0 * \left[1 - \frac{1}{0.5 * dpoer + (\frac{1}{z})^{1.5}} \right]$	Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z
--	--

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.420$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.420} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.068 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 * 365}{1}\right) = 0.010 * 0.420 * 3.738 = 0.016 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.068 + 0.016 = 0.084$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.084 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.14 B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

5.14.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²		
- Sneeuwbelasting (0.20 * 423) =	85 N/m ²		
- Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) =	0 N/m ²		
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²		
----- +			
Totaal :	325 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 325 * 12.80 * 4.50	=	18703 N	
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N	
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N	
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N	
----- +			
Totaal =		22727 N	
- Windbelasting:		0 N	

In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 22727 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²		
- Sneeuwbelasting (0.20 * 423) =	85 N/m ²		
- Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) =	0 N/m ²		
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²		
----- +			
Totaal :	325 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 325 * 12.80 * 4.50	=	18703 N	
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N	
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N	
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N	
----- +			
Totaal =		22727 N	
- Windbelasting:		0 N	

In rekentoestand: Fvk = -N = 22727 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 45.0 / 4.50 * (22727 - 0) + 0 = 227267 N
- Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 227267 / (2 * 2) = 56817 N

5.14.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom t.g.v.

initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)
- Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
- Fh,scheefstand = (1/258 + 1/200) * |227267| = 2017 N

5.14.2.1 Seismische loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

5.14.2.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the gutter direction:
 - $K1 = F_{htot} / (0.001 * u2-goot') = 2016.5 / (0.001 * 2.022) = 997245 \text{ N/m}$
 - Frame load excl. crop $Fv1' = 22727 \text{ N (2317 kg)}$
 - Frame loads hanging crops and cultivation gutter only $Fv2' = 0 \text{ N (0 kg)}$
 - Frame loads in gutter direction total $Fv1 = Fv1' * L_{Kas} / v_{ak} = 22727 * 45000 / 4500 = 227266 \text{ N (23167 kg)}$
 - $Fv2 = Fv2' * L_{Kas} / v_{ak} = 0 * 45000 / 4500 = 0 \text{ N (0 kg)}$
- Length of cable for crops (length of pendulum)(ph-vspant-hspant-Htgt+Hfund)
 $L = 3.200 - 0.100 - 0.450 - 1.000 + 0.300 = 1.950 \text{ m}$

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix $[S_n] = \begin{bmatrix} K1 + Fv2/L & -Fv2/L \\ -Fv2/L & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 997245 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$
- Mass matrix $[M_s] = \begin{bmatrix} Fv1 & 0 \\ 0 & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 23167 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$
- Modal eigenvector $[\Phi] = \text{Eigenvecs}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Solving 2x2 matrix: $[\Phi] = \begin{bmatrix} \Phi1= 0.9999, \Phi2= 0.0000 \\ \Phi3=-0.0121, \Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$
- Modal Mass $[M_n] = [\Phi]^T * [M_s] * [\Phi]$
- Solving 2x2 matrix: $[M_n] = \begin{bmatrix} M_{n1}=23163.6, & 0 \\ 0 & M_{n2}= 0.0 \end{bmatrix}$
- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([S_s] * [M_s]^{-1})$
 - Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1} = 43.046 \text{ 1/s}^2$
 - Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2} = 0.513 \text{ 1/s}^2$
 - No crops : $\text{Freq3} = K1/Fv1 = 997245/2317 = 43.046 \text{ 1/s}^2$
 - Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1/(Fv1+Fv2) = 997245/(2317 + 0) = 43.046 \text{ 1/s}^2$
- The period of motion:
 - Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2 * \pi / (43.046)^{0.5} = 0.958 \text{ s}$
 - Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2 * \pi / (0.513)^{0.5} = 8.774 \text{ s}$
 - No crops : $Ts3 = 2 * \pi / (43.046)^{0.5} = 0.958 \text{ s}$
 - Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2 * \pi / (43.046)^{0.5} = 0.958 \text{ s}$

5.14.2.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

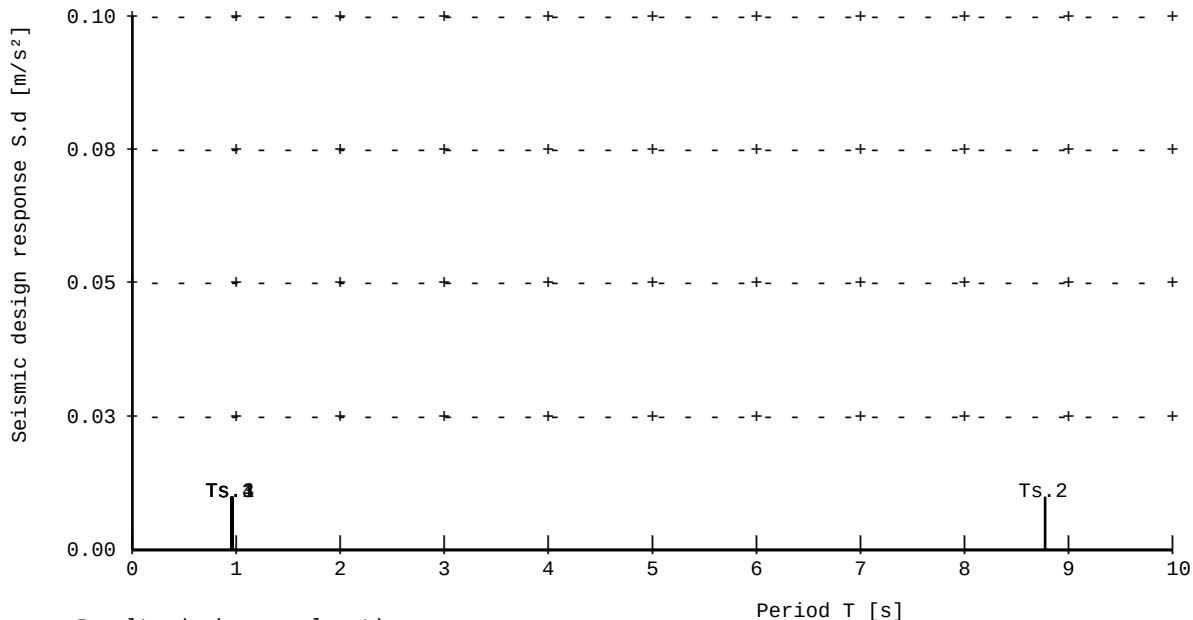
- Design Life building Class = 1
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 15 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.186
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.004
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC50 = 242.960
 TNRC = 72.888
- Importance factor for earthquake
 gamma = 0.800
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 0.669
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0000 * 9.81 * 0.800 * 0.669 = 0.0000 \text{ m/s}^2$

- Ground type = C Vast zand of stijve klei
- Soil factor
 Sg = 1.1500
- Limits of periods:
 T.B = 0.2000 s
 T.C = 0.6000 s
 T.D = 2.0000 s

- Behavior factor for horizontal seismic actions

According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 5\%$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:

Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)

- Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts,1, q) * 1.5 = S.d(0.958, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
- Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts,2, q) * 1.5 = S.d(8.774, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
- No crops: $Ag_3 = S.d(Ts,3, q) * 1.5 = S.d(0.958, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
- Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts,4, q) * 1.5 = S.d(0.958, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.00000 \text{ m/s}^2$

5.14.2.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where ke is the number of eigenmodi

- $ke1 = (Mm1*Phi1 + Mm2*Phi3)/(Mm1*Phi1^2 + Mm2*Phi3^2)$
 $= (23163.6*0.9999+0.0 * -0.012)/(23163.6*0.9999^2+0.0 * -0.012^2)$ ke1 = 1.00007
- $ke2 = (Mm1*Phi2 + Mm2*Phi3)/(Mm1*Phi2^2 + Mm2*Phi4^2)$
 $= (23163.6*0.0000+0.0 * 1.0000)/(23163.6*0.0000^2+0.0 * 1.0000^2)$ ke2 = 1.00000
- Horizontal seismic forces:
- Mode 1:

$F1 = Ag1*ke1*Mm1*Phi1 = 0.00000*1.0001*23163.6*0.9999$	$F1 = 0$	N
$F3' = Ag1*ke1*Mm2*Phi3 = 0.00000*1.0001*0.0 * -0.012$	$F3' = 0$	N
- Mode 2:

$F2 = Ag2*ke2*Mm1*Phi2 = 0.00000*1.0000*23163.6*0.0000$	$F2 = 0$	N
$F4' = Ag2*ke2*Mm2*Phi4 = 0.00000*1.0000*0.0 * 1.0000$	$F4' = 0$	N
- Vectorized 1,2:

$F12 = (F1^2+F2^2)^{0.5} = (0^2+0^2)^{0.5}$	$F12 = 0$	N
$F34 = (F3'^2+F4'^2)^{0.5} = (0^2+0^2)^{0.5}$	$F34 = 0$	N
- No pendulum:

$F3 = Ag3 * Fv1 = 0.00000*227266.$	$F3 = 0$	N
$F4 = \max(F12, F3) = \max(0, 0)$	$F4 = 0$	N
$F5 = Ag4 * (Fv1+Fv2) = 0.00000*(227266.+0.0)$	$F5 = 0$	N
- Upper value (F12 and F3) gives: Fhmax = 0 N
- Per frame $Fag' = 0.000 * 0.00$ (SLS condition) $Fag' = 0.000$ N
- Per frame $Fag = 0.000 * 0.80$ (ULS condition) $Fag = 0.000$ N

$Fhtot = Fh, \text{scheefstand} + Fag = 2017 + 0 = 2017$ N
 $Fhtot' = Fh, \text{scheefstand}' + Fag' = 2017 + 0 = 2017$ N
 $Sd(7) = F4/Vtot = 0 / 227267 = 0.000$ x g m/s²

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- $Fh, tot = Fhtot = 2017$ N
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - $Fhk = 2017 / (2 * 2) = 504$ N
 In gebruikstoestand: ($fCd_{dim} = CsCd'/CsCd = 0.70 / 0.72 = 0.97$)
 - $Fhk' = 2017 / (2 * 2) = 504$ N

5.14.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{504 * 1500 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 1.80 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 300 + 400 + 800 - 0 = 1500 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 1.80 \text{ E-3} * 0.366 = 0.66 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 730 \text{ E6} * 0.66 \text{ E-3} = 480 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 480 \text{ E3} * 504 / 504 = 480 \text{ E3 Nmm}$$

5.14.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 22727 + \frac{650}{3200 + 300 - 300} * (56817 - 22727) = 29651 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 22727 + \frac{3200 + 300 - 300 + 0}{504 * 4500} = 23085 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 23.535$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 23.535 * 23085 = 543311 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{L_{knik,o}} = \frac{3 * 2.1E5 * 179E4}{1275} = 884 \text{ E6 Nmm/rad}$$

$$(\text{dubbel schoorvak: } L_{knik,o} = \text{Max}(L_o, L_b) = \text{Max}(1275, 1275) = 1275 \text{ mm})$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(L_{knik,o})^2 * N_{ko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2 * 543311} = 4.20$$

$$- n/n-1 = 1.31$$

$$- \text{cr-E} = 884 \text{ E6} / 1.31 = 674 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{674E6 * 650}{2.1E5 * 179E4} = 1.165$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 650 * (4 + \frac{10}{1.165})^{0.5} = 2306 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(2306)^2} = 697843 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{697843}{29651} = 23.5351$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{n_{zkb} * F_{vk}} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{23.54 * 22727} \right)^{0.5} = 2634 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + f_h - f_{hp}) = 2634 / (3200 + 300 - 300) = 0.82)$$

- Slankheid: $\lambda_{zkb} = lkzkb / i_{zk} = 2634 / 39.5 = 67$
 - $Ch_{kb,z} = \min(0.718, 1.0) = 0.718$

- In spanrichting:

- De kniklengte in spanrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$l_{kyk} = 2.05 * (3200 + 300 - 300 - 100 - 450) = 5432 \text{ mm}$$

$$(N.B.: k_{heff} = \text{effectieve kolomhoogte} = 3.2 - 0.10 - 0.45 = 2.65 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda_{yk} = l_{yk} / i_{yk} = 5432 / 39.5 = 138$
 - $Ch_{k,y} = \min(0.326, 1.0) = 0.326$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = 1275 \text{ mm}$

$$- \text{Eulerse knikkracht: } FE_{zko} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda_{zko} = lkzko / i_{zk} = 1275 / 39.5 = 32$
 - $Ch_{ko,z} = \min(0.927, 1.0) = 0.927$

- In spanrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

5.14.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -22727 \text{ N}$

- Moment : $M_{zkb} = 504 \cdot 650 = 328 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-22727|}{300652} + \frac{|328|}{9370} = 0.111$$

controle: $0.111 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-22727|}{1148.5} + \frac{|328|}{41.595} = 27.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 27.7 / 235.0 = 0.118$$

controle: $0.118 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel,z} * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 0.71 * (|-22727| / (0.718 * 300652 / 1.0))) = 0.94 \\ K_{z,3} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-22727| / (0.718 * 300652 / 1.0))) = 0.96 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.94, 0.96) = 0.94 \\ K_{y,b} &= 0.8 * K_{z,b} = 0.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-22727| / (0.718 * 300652 / 1.0) + 0.94 * |327.7| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.105 + 0.033 = 0.138 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-22727| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 0.75 * |327.7| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.232 + 0.026 = 0.258 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.138, 0.258) = 0.258$$

controle: $0.258 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

5.14.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(22727 + 2 * 504 * (3200 + 300 - 300 + 0) / 4500) = -23444 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 * 1.04 * 328 \text{ E3}, 328 \text{ E3}) = 328 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-23444|}{300652} + \frac{|328|}{9370} = 0.113$$

controle: $0.113 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-23444|}{1148.5} + \frac{|328|}{41.595} = 28.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 28.3 / 235.0 = 0.120$$

controle: $0.120 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.60 (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 327.69$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 163.84$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel,z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * 0.34 * (|-23444| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.61 \\ Kz.3 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * (|-23444| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.63 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.61, 0.63) = 0.61 \\ Ky.b &= 0.8 * Kz.b = 0.49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-23444| / (0.927 * 300652 / 1.0) + 0.61 * |327.7| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.084 + 0.021 = 0.105 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-23444| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 0.49 * |327.7| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.239 + 0.017 = 0.256 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.105, 0.256) = 0.256$$

controle: $0.256 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.7 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

5.14.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$\begin{aligned}
 - N_{bk} &= -F_{hk} * \left(1 + \frac{v_s}{L_o} + \frac{v_s}{2*(L_b + L_o)}\right) = \\
 &= -504 * \left(1 + \frac{650}{1275} + \frac{650}{2*(1275+1275)}\right) = -825 \text{ N} \\
 - M_{z,Ed} &= f_{eg} * \frac{1}{8} * q * l^2 = 1.00 * \frac{1}{8} * 29.874 \text{ E-3} * 4.500^2 = 75.620 \text{ E3}
 \end{aligned}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-825|}{102986} + \frac{|76|}{1577} = 0.056$$

controle: 0.056 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-825|}{380.6} + \frac{|76|}{6.830} = 13.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 13.2 / 235.0 = 0.056$$

controle: 0.056 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 75.62, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d} \eta_y - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + (2.45 - 0.2) * (|-825| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.07 \\
 Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.8 * (|-825| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 0.99 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.07, 0.99) = 0.99 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.60
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\
 &= |-825| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.99 * |75.6| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.058 + 0.048 = 0.106
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\
 &= |-825| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.60 * |75.6| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.058 + 0.029 = 0.087
 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.106, 0.087) = 0.106$$

controle: 0.106 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.7 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

5.14.8 Controle van de op druk belaste tussenliggende koppelbalken

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste tussenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{tk} = 2 \cdot N_{bk} - D_{bk} + D_{ok} = 2 \cdot 825 - 321 + -64 = 1265 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.0 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E3} \cdot 4.500^2 = 75.620 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-1265|}{102986} + \frac{|76|}{1577} = 0.060$$

controle: $0.060 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-1265|}{380.6} + \frac{|76|}{6.830} = 14.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 14.4 / 235.0 = 0.061$$

controle: $0.061 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{my2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat C_{my2} = 0.95 (het profiel is geschoord).

M₁ = 0.00, M₂ = 0.00, M_s = 75.62, M_{kip} = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y,2} = C_{my} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + (2.45 - 0.2) \cdot (|-1265| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.14$$

$$K_{y,3} = C_{my} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-1265| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.02$$

$$K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(1.14, 1.02) = 1.02$$

$$K_{z,b} = 0.6 \cdot K_{y,b} = 0.61$$

$$UC_{stab,1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0} + K_{y,b} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-1265|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 1.02 \cdot \frac{|75.6|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.089 + 0.049 = 0.138$$

$$UC_{stab,2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0} + K_{z,b} \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-1265|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 0.61 \cdot \frac{|75.6|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.089 + 0.029 = 0.119$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.138, 0.119) = 0.138$$

controle: $0.138 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Tussenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.7 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

5.14.9 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

- $T_{sb} = 2 * N_{kb} / \cos(\alpha_{sb}) = 2 * 825 / \cos(15.8) = 1716 \text{ N}$
- $T_{so} = (N_{kb2} - D_{bk} + D_{ok}) / \cos(\alpha_{so}) = (1265 - 321 + -64) / \cos(15.8) = 914 \text{ N}$
- $N_s = \max(T_{sb}, T_{so}) * \gamma_{seismic} = \max(1716, 914) * 1.30 = 2231 \text{ N}$

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{2231}{18457} = 0.121$$

controle: $0.121 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:
Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD10.0 mm) voldoen qua sterkte
bij B.C.7 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

5.14.10 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 - v_s / 2 * (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -504 * (1 - 650 / 2 * 1275) = -440 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 504 * 1500 - 480 \text{ E3} = 277 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-440|}{500779} + \frac{|277|}{11184} = 0.026$$

controle: 0.026 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-440|}{1683.3} + \frac{|277|}{45.931} = 6.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \text{Sigma} / f_y = 6.3 / 235.0 = 0.027$$

controle: 0.027 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 276.62, M2 = -276.62, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.60 - 0.2) * (|-440| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-440| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-440| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.40 * |276.6| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.003 + 0.010 = 0.013 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-440| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.24 * |276.6| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.003 + 0.006 = 0.009 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.013, 0.009) = 0.013$$

controle: 0.013 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$\begin{aligned}
 - u1-ok &= rpoer * \frac{(Fhkz' - Fag') * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} = \\
 &= 0.366 * \frac{(504 - 0) * (900)^2 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 0.35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 300 + 400 + 200 - 0 = 900 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \quad \text{met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

$$\begin{aligned}
 - \text{Vergrotingsfactor: } - nyok' &= 349.9 * 504 / 504 = 349.89 \\
 - nyok' / nyok'-1 &= 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.00 * 0.35 * \frac{2017}{2017} * \frac{300 + 400 + 200}{900} = 0.36 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

$$- \text{controle: } 0.4 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK80*80*6.0 mm) voldoen
 bij B.C.7 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

5.14.11 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rektoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de onderste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-so} &= \frac{T_{so} \cdot l_{so}}{E \cdot A_{so}} = \frac{914 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 0.26 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko1} &= \frac{N_{ko} \cdot L_o}{E \cdot A_k} = \frac{23444 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.12 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de tussenbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk2} &= \frac{N_{k2} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{1265 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.07 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Umid} &= \frac{L_{so}}{v} \cdot \text{delta-so} + \frac{L_o}{v} \cdot \text{delta-ko1} + \text{delta-bk2} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 0.26 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.12 + 0.07 = 0.38 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-sb} &= \frac{T_{sb} \cdot l_{sb}}{E \cdot A_{sb}} = \frac{1716 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 0.49 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{- kracht Nokb} = N_{ok} - T_{so} \cdot \sin(\alpha_{fasb}) = 2E+4 - 914 \cdot \sin(15.8) = 23194 \text{ N}$$

- Verkorting van het bovenstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko2} &= \frac{N_{kb} \cdot L_b}{E \cdot A_k} = \frac{23194 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.12 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenliggende koppelbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk1} &= \frac{N_{k1} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{825 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.05 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Ubov} &= \frac{L_{sb}}{v} \cdot \text{delta-sb} + \frac{L_b}{v} \cdot \text{delta-ko2} + \text{delta-bk1} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 0.49 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.12 + 0.05 = 0.59 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- Lk = h + fh - fhp - vs + vok = 3200 + 300 - 300 - 650 + 0 = 2550 \text{ mm}$$

$$- U1gtdub = U_{mid} + \left(1 + \frac{vs}{Lb}\right) * U_{bov}$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{Fhk * vs^2}{E * I_{okz}} * \left(3 * Lb + L_o + 4 * vs - \frac{L_o^2}{Lb + L_o}\right)$$

$$= 0.38 + \left(1 + \frac{650}{2550}\right) * 0.59$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{504 * 650^2}{2.1E5 * 179.0E4} * \left(3 * 1275 + 1275 + 4 * 650 - \frac{1275^2}{1275 + 1275}\right)$$

$$U1gtdub = 1.60 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * U1gtdub * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \text{ met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 0.36 \text{ mm}$ (zie 5*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

$$\begin{aligned} - \text{Vergrotingsfactor: } & - nzkb = 23.54 \text{ (zie 5*.4)} \\ & - nzkb' = 23.54 * 504 / 504 = 23.54 \\ & - nzkb'/nzkb'-1 = 1.04 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.04 * \frac{504}{504} * 1.60 + 0.36 = 2.02 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $u_{toel-a} = 2 * h / 150 = 2 * 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $u_{max} = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (S_r + S_n * \frac{L_r}{B_s}) * \frac{n_{kap} * \frac{L_r}{\cos(a)}}{L_r}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{1789.8}{1125.0}) * \frac{4 * \frac{3200}{\cos(30.0)}}{1789.8} = 115.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 115.1 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:

- $u_{toel} = 2 * p_h / 50 = 2 * 3200 / 50 = 128.0 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $2.0 \text{ mm} < 128.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK100*100*3.0 mm) voldoen qua stijfheid bij B.C.7 : d2) Dead Load + Services + Ψ_{snow} + Ψ_{crop} + Seismic

5.14.12 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 22727 - \frac{2 * 504 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} + 2 * \frac{480 \text{ E3}}{4500} = 22223 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 22223 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289) : Fegk' = 289 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 17274) : Gfund = 17274 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund = 39496 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 480 Nm
 - Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 16276 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp = 16756 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp = -15797 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 16756 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -15797 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 39496 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 504 N < 8044 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

5.14.13 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 22727 + \frac{2 * 504 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{480 \text{ E3}}{4500} = 23231 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Vb' = 23231 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289) : Fegk' = 289 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 17274) : Gfund = 17274 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund Fvp = 40793 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 480 Nm
 - Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 16810 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 17290 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = -16331 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 17290 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -16331 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 40793 N | < 61324 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 504 N < 8044 N, dus: voldoet.

$dSvd(z) = dSvd0 * \left[1 - \frac{1}{0.5 * dpoeer} \left(\frac{z}{1.5} \right) \right]$	Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z
--	--

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.420$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.420} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.068 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.420 * 3.738 = 0.016 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.068 + 0.016 = 0.084$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.084 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

5.15 B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

5.15.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (0.20 * 423) =	85 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	325 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 325 * 12.80 * 4.50	=	18702 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	22727 N	
- Windbelasting:	0 N	

In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 22727 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (0.20 * 423) =	85 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	325 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 325 * 12.80 * 4.50	=	18702 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	22727 N	
- Windbelasting:	0 N	

In rekentoestand: Fvk = -N = 22727 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 45.0 / 4.50 * (22727 - 0) + 0 = 227266 N
- Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 227266 / (2 * 2) = 56817 N

5.15.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom t.g.v.

initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)
- Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
- Fh,scheefstand = (1/258 + 1/200) * |227266 | = 2017 N

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kruisschoorvakken - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 707
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

5.15.2.1 Seismische loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

5.15.2.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the gutter direction:
 - $K1 = F_{htot} / (0.001 * u2-goot') = 2016.5 / (0.001 * 2.022) = 997246 \text{ N/m}$
 - Frame load excl. crop $Fv1' = 22727 \text{ N (2317 kg)}$
 - Frame loads hanging crops and cultivation gutter only $Fv2' = 0 \text{ N (0 kg)}$
 - Frame loads in gutter direction total $Fv1 = Fv1' * L_{Kas} / v_{ak} = 22727 * 45000 / 4500 = 227266 \text{ N (23167 kg)}$
 - $Fv2 = Fv2' * L_{Kas} / v_{ak} = 0 * 45000 / 4500 = 0 \text{ N (0 kg)}$
- Length of cable for crops (length of pendulum)(ph-vspant-hspant-Htgt+Hfund)
 $L = 3.200 - 0.100 - 0.450 - 1.000 + 0.300 = 1.950 \text{ m}$

Definition of 2x2 matrices

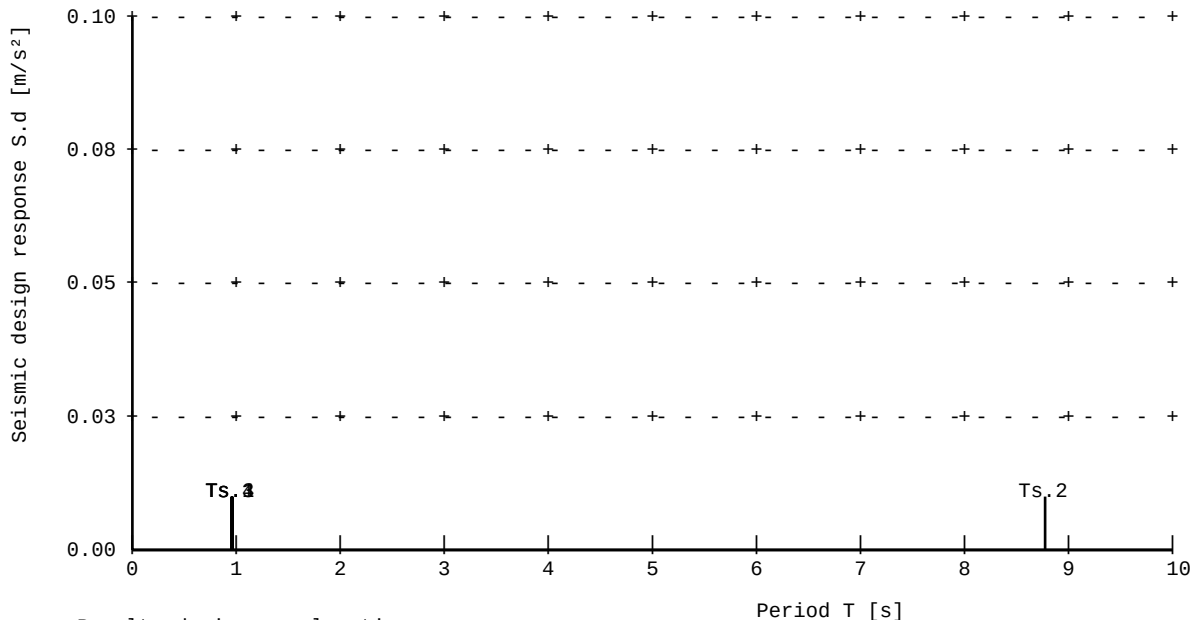
- Stiffness Matrix $[S_n] = \begin{bmatrix} K1 + Fv2/L & -Fv2/L \\ -Fv2/L & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 997246 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$
- Mass matrix $[M_s] = \begin{bmatrix} Fv1 & 0 \\ 0 & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 23167 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$
- Modal eigenvector $[Phi] = \text{Eigenvecs}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Solving 2x2 matrix: $[Phi] = \begin{bmatrix} Phi1= 0.9999, Phi2= 0.0000 \\ Phi3=-0.0121, Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$
- Modal Mass $[M_n] = [Phi]^T * [M_s] * [Phi]$
- Solving 2x2 matrix: $[M_n] = \begin{bmatrix} Mn1=23163.6, & 0 \\ 0 & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$
- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([S_s] * [M_s]^{-1})$
 - Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1} = 43.046 \text{ 1/s}^2$
 - Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2} = 0.513 \text{ 1/s}^2$
 - No crops : $\text{Freq3} = K1/Fv1 = 997246/2317 = 43.046 \text{ 1/s}^2$
 - Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1/(Fv1+Fv2) = 997246/(2317 + 0) = 43.046 \text{ 1/s}^2$
- The period of motion:
 - Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2 * \pi / (43.046)^{0.5} = 0.958 \text{ s}$
 - Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2 * \pi / (0.513)^{0.5} = 8.774 \text{ s}$
 - No crops : $Ts3 = 2 * \pi / (43.046)^{0.5} = 0.958 \text{ s}$
 - Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2 * \pi / (43.046)^{0.5} = 0.958 \text{ s}$

5.15.2.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

- Design Life building Class = 1
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 15 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.186
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.004
 TNRC50 = 242.960
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 72.888
- Importance factor for earthquake
 gamma = 0.800
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 0.669
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gammaE = 0.0000 * 9.81 * 0.800 * 0.669 = 0.0000 \text{ m/s}^2$
- Ground type = C Vast zand of stijve klei
 - Soil factor
 Sg = 1.1500
 - Limits of periods:
 T.B = 0.2000 s
 T.C = 0.6000 s
 T.D = 2.0000 s
- Behavior factor for horizontal seismic actions
 According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor q = 1.50 must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so ksi=5
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:
 Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)
 - Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts,1, q) * 1.5 = S.d(0.958, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts,2, q) * 1.5 = S.d(8.774, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - No crops: $Ag_3 = S.d(Ts,3, q) * 1.5 = S.d(0.958, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts,4, q) * 1.5 = S.d(0.958, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.00000 \text{ m/s}^2$

5.15.2.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where ke is the number of eigenmodi

- $ke1 = (Mm1*Phi1 + Mm2*Phi3)/(Mm1*Phi1^2 + Mm2*Phi3^2)$
 $= (23163.6*0.9999+0.0 * -0.012)/(23163.6*0.9999^2+0.0 * -0.012^2)$ ke1 = 1.00007
- $ke2 = (Mm1*Phi2 + Mm2*Phi3)/(Mm1*Phi2^2 + Mm2*Phi4^2)$
 $= (23163.6*0.0000+0.0 * 1.0000)/(23163.6*0.0000^2+0.0 * 1.0000^2)$ ke2 = 1.00000
- Horizontal seismic forces:
- Mode 1:
 $F1 = Ag1*ke1*Mm1*Phi1 = 0.00000*1.0001*23163.6*0.9999$ F1 = 0 N
 $F3' = Ag1*ke1*Mm2*Phi3 = 0.00000*1.0001*0.0 * -0.012$ F3' = 0 N
- Mode 2:
 $F2 = Ag2*ke2*Mm1*Phi2 = 0.00000*1.0000*23163.6*0.0000$ F2 = 0 N
 $F4' = Ag2*ke2*Mm2*Phi4 = 0.00000*1.0000*0.0 * 1.0000$ F4' = 0 N
- Vectorized 1,2:
 $F12 = (F1^2+F2^2)^{0.5} = (0^2+0^2)^{0.5}$ F12 = 0 N
 $F34 = (F3'^2+F4'^2)^{0.5} = (0^2+0^2)^{0.5}$ F34 = 0 N
- No pendulum:
 $F3 = Ag3 * Fv1 = 0.00000*227266.$ F3 = 0 N
 $F4 = \max(F12, F3) = \max(0, 0)$ F4 = 0 N
 $F5 = Ag4 * (Fv1+Fv2) = 0.00000*(227266.+0.0)$ F5 = 0 N
- Upper value (F12 and F3) gives: Fhmax = 0 N
- Per frame $Fag' = 0.000 * 0.00$ (SLS condition) $Fag' = 0.000$ N
- Per frame $Fag = 0.000 * 0.80$ (ULS condition) $Fag = 0.000$ N

$Fhtot = Fh,scheefstand + Fag = 2017 + 0 = 2017$ N
 $Fhtot' = Fh,scheefstand' + Fag' = 2017 + 0 = 2017$ N
 $Sd(8) = F4/Vtot = 0 / 227266 = 0.000$ x g m/s²

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- $Fh,tot = Fhtot = 2017$ N
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - $Fhk = 2017 / (2 * 2) = 504$ N
 In gebruikstoestand: ($fCd_{dim} = CsCd'/CsCd = 0.70 / 0.72 = 0.97$)
 - $Fhk' = 2017 / (2 * 2) = 504$ N

5.15.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{504 * 1500 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 1.80 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 300 + 400 + 800 - 0 = 1500 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 1.80 \text{ E-3} * 0.366 = 0.66 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 730 \text{ E6} * 0.66 \text{ E-3} = 480 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 480 \text{ E3} * 504 / 504 = 480 \text{ E3 Nmm}$$

5.15.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 22727 + \frac{650}{3200 + 300 - 300} * (56817 - 22727) = 29651 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 22727 + \frac{3200 + 300 - 300 + 0}{504 * 4500} = 23085 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 23.535$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 23.535 * 23085 = 543311 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{L_{knik,o}} = \frac{3 * 2.1E5 * 179E4}{1275} = 884 \text{ E6 Nmm/rad}$$

$$(\text{dubbel schoorvak: } L_{knik,o} = \text{Max}(L_o, L_b) = \text{Max}(1275, 1275) = 1275 \text{ mm})$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(L_{knik,o})^2 * N_{ko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2 * 543311} = 4.20$$

$$- n/n-1 = 1.31$$

$$- \text{cr-E} = 884 \text{ E6} / 1.31 = 674 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{674E6 * 650}{2.1E5 * 179E4} = 1.165$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 650 * (4 + \frac{10}{1.165})^{0.5} = 2306 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(2306)^2} = 697843 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{697843}{29651} = 23.5351$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{n_{zkb} * F_{vk}} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{23.54 * 22727} \right)^{0.5} = 2634 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + f_h - f_{hp}) = 2634 / (3200 + 300 - 300) = 0.82)$$

- Slankheid: $\lambda_{zkb} = lkzkb / i_{zk} = 2634 / 39.5 = 67$
 - $Ch_{kb,z} = \min(0.718, 1.0) = 0.718$

- In spanrichting:

- De kniklengte in spanrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$l_{kyk} = 2.05 * (3200 + 300 - 300 - 100 - 450) = 5432 \text{ mm}$$

$$(N.B.: k_{heff} = \text{effectieve kolomhoogte} = 3.2 - 0.10 - 0.45 = 2.65 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda_{yk} = l_{yk} / i_{yk} = 5432 / 39.5 = 138$
 - $Ch_{k,y} = \min(0.326, 1.0) = 0.326$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = 1275 \text{ mm}$

$$- \text{Eulerse knikkraft: } FE_{zko} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda_{zko} = lkzko / i_{zk} = 1275 / 39.5 = 32$
 - $Ch_{ko,z} = \min(0.927, 1.0) = 0.927$

- In spanrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

5.15.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -22727 \text{ N}$

- Moment : $M_{zkb} = 504 \cdot 650 = 328 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-22727|}{300652} + \frac{|328|}{9370} = 0.111$$

controle: $0.111 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-22727|}{1148.5} + \frac{|328|}{41.595} = 27.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 27.7 / 235.0 = 0.118$$

controle: $0.118 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,rel,z} * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 0.71 * (|-22727| / (0.718 * 300652 / 1.0))) = 0.94 \\ K_{z,3} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-22727| / (0.718 * 300652 / 1.0))) = 0.96 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.94, 0.96) = 0.94 \\ K_{y,b} &= 0.8 * K_{z,b} = 0.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-22727| / (0.718 * 300652 / 1.0) + 0.94 * |327.7| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.105 + 0.033 = 0.138 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-22727| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 0.75 * |327.7| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.232 + 0.026 = 0.258 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.138, 0.258) = 0.258$$

controle: $0.258 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

5.15.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(22727 + 2 * 504 * (3200 + 300 - 300 + 0) / 4500) = -23444 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 * 1.04 * 328 \text{ E3}, 328 \text{ E3}) = 328 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-23444|}{300652} + \frac{|328|}{9370} = 0.113$$

controle: $0.113 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-23444|}{1148.5} + \frac{|328|}{41.595} = 28.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 28.3 / 235.0 = 0.120$$

controle: $0.120 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cm_{z2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cm_{z2} = 0.60 (het profiel is geschoord).
 M₁ = 327.69, M₂ = 0.00, M_s = 163.84, M_{kip} = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= Cm_{z2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,d,rel,z} * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * 0.34 * (|-23444| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.61 \\ K_{z,3} &= Cm_{z2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * (|-23444| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.63 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.61, 0.63) = 0.61 \\ K_{y,b} &= 0.8 * K_{z,b} = 0.49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-23444| / (0.927 * 300652 / 1.0) + 0.61 * |327.7| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.084 + 0.021 = 0.105 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-23444| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 0.49 * |327.7| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.239 + 0.017 = 0.256 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.105, 0.256) = 0.256$$

controle: $0.256 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.8 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

5.15.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$\begin{aligned}
 - N_{bk} &= -F_{hk} * \left(1 + \frac{v_s}{L_o} + \frac{v_s}{2*(L_b + L_o)}\right) = \\
 &= -504 * \left(1 + \frac{650}{1275} + \frac{650}{2*(1275+1275)}\right) = -825 \text{ N} \\
 - M_{z,Ed} &= f_{eg} * \frac{1}{8} * q * l^2 = 1.00 * \frac{1}{8} * 29.874 \text{ E-3} * 4.500^2 = 75.620 \text{ E3}
 \end{aligned}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-825|}{102986} + \frac{|76|}{1577} = 0.056$$

controle: 0.056 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-825|}{380.6} + \frac{|76|}{6.830} = 13.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 13.2 / 235.0 = 0.056$$

controle: 0.056 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 75.62, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + (2.45 - 0.2) * (|-825| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.07 \\
 Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.8 * (|-825| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 0.99 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.07, 0.99) = 0.99 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.60
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\
 &= |-825| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.99 * |75.6| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.058 + 0.048 = 0.106 \\
 UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (C_{hz} * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\
 &= |-825| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.60 * |75.6| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.058 + 0.029 = 0.087
 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.106, 0.087) = 0.106$$

controle: 0.106 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen
 bij B.C.8 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

5.15.8 Controle van de op druk belaste tussenliggende koppelbalken

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste tussenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{tk} = 2 \cdot N_{bk} - D_{bk} + D_{ok} = 2 \cdot 825 - 321 + -64 = 1265 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.0 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E3} \cdot 4.500^2 = 75.620 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-1265|}{102986} + \frac{|76|}{1577} = 0.060$$

controle: $0.060 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-1265|}{380.6} + \frac{|76|}{6.830} = 14.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 14.4 / 235.0 = 0.061$$

controle: $0.061 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 75.62, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + (2.45 - 0.2) \cdot (|-1265| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.14$$

$$Ky.3 = C_{my} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-1265| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.02$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.14, 1.02) = 1.02$$

$$Kz.b = 0.6 \cdot Ky.b = 0.61$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{Chiy \cdot NRk / 1.0} + Ky.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot My.Rk / 1.0} = \frac{|-1265|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 1.02 \cdot \frac{|75.6|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.089 + 0.049 = 0.138$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{Chiz \cdot NRk / 1.0} + Kz.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot My.Rk / 1.0} = \frac{|-1265|}{0.137 \cdot 102986 / 1.0} + 0.61 \cdot \frac{|75.6|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.089 + 0.029 = 0.119$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.138, 0.119) = 0.138$$

controle: $0.138 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Tussenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen
 bij B.C.8 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

5.15.9 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

- $T_{sb} = 2 * N_{kb} / \cos(\alpha_{sb}) = 2 * 825 / \cos(15.8) = 1716 \text{ N}$
- $T_{so} = (N_{kb2} - D_{bk} + D_{ok}) / \cos(\alpha_{so}) = (1265 - 321 + -64) / \cos(15.8) = 914 \text{ N}$
- $N_s = \max(T_{sb}, T_{so}) * \gamma_{seismic} = \max(1716, 914) * 1.30 = 2230 \text{ N}$

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{2230}{18457} = 0.121$$

controle: $0.121 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:
Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD10.0 mm) voldoen qua sterkte
bij B.C.8 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

5.15.10 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 - v_s / 2 * (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -504 * (1 - 650 / 2 * 1275) = -440 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 504 * 1500 - 480 \text{ E3} = 277 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-440|}{500779} + \frac{|277|}{11184} = 0.026$$

controle: 0.026 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-440|}{1683.3} + \frac{|277|}{45.931} = 6.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \text{Sigma} / f_y = 6.3 / 235.0 = 0.027$$

controle: 0.027 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 276.61, M2 = -276.61, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.60 - 0.2) * (|-440| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-440| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-440| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.40 * |276.6| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.003 + 0.010 = 0.013 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-440| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.24 * |276.6| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.003 + 0.006 = 0.009 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.013, 0.009) = 0.013$$

controle: 0.013 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$\begin{aligned}
 - u1-ok &= rpoer * \frac{(Fhkz' - Fag') * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} = \\
 &= 0.366 * \frac{(504 - 0) * (900)^2 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 0.35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 300 + 400 + 200 - 0 = 900 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \quad \text{met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

$$\begin{aligned}
 - \text{Vergrotingsfactor: } - nyok' &= 349.9 * 504 / 504 = 349.89 \\
 - nyok' / nyok'-1 &= 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.00 * 0.35 * \frac{2017}{2017} * \frac{300 + 400 + 200}{900} = 0.36 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

$$- \text{controle: } 0.4 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK80*80*6.0 mm) voldoen
 bij B.C.8 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

5.15.11 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rektoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de onderste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-so} &= \frac{T_{so} \cdot l_{so}}{E \cdot A_{so}} = \frac{914 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 0.26 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko1} &= \frac{N_{ko} \cdot L_o}{E \cdot A_k} = \frac{23444 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.12 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de tussenbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk2} &= \frac{N_{k2} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{1265 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.07 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Umid} &= \frac{L_{so}}{v} \cdot \text{delta-so} + \frac{L_o}{v} \cdot \text{delta-ko1} + \text{delta-bk2} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 0.26 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.12 + 0.07 = 0.38 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-sb} &= \frac{T_{sb} \cdot l_{sb}}{E \cdot A_{sb}} = \frac{1716 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 0.49 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{- kracht Nokb} = N_{ok} - T_{so} \cdot \sin(\alpha_{fasb}) = 2E+4 - 914 \cdot \sin(15.8) = 23194 \text{ N}$$

- Verkorting van het bovenstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko2} &= \frac{N_{kb} \cdot L_b}{E \cdot A_k} = \frac{23194 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.12 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenliggende koppelbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk1} &= \frac{N_{k1} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{825 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.05 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Ubov} &= \frac{L_{sb}}{v} \cdot \text{delta-sb} + \frac{L_b}{v} \cdot \text{delta-ko2} + \text{delta-bk1} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 0.49 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.12 + 0.05 = 0.59 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- Lk = h + fh - fhp - vs + vok = 3200 + 300 - 300 - 650 + 0 = 2550 \text{ mm}$$

$$- U1gtdub = U_{mid} + \left(1 + \frac{vs}{Lb}\right) * U_{bov}$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{Fhk * vs^2}{E * I_{okz}} * \left(3 * Lb + L_o + 4 * vs - \frac{L_o^2}{Lb + L_o}\right)$$

$$= 0.38 + \left(1 + \frac{650}{2550}\right) * 0.59$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{504 * 650^2}{2.1E5 * 179.0E4} * \left(3 * 1275 + 1275 + 4 * 650 - \frac{1275^2}{1275 + 1275}\right)$$

$$U1gtdub = 1.60 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * U1gtdub * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \text{ met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 0.36 \text{ mm}$ (zie 5*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

$$\begin{aligned} - \text{Vergrotingsfactor: } & - nzkb = 23.54 \text{ (zie 5*.4)} \\ & - nzkb' = 23.54 * 504 / 504 = 23.54 \\ & - nzkb'/nzkb'-1 = 1.04 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.04 * \frac{504}{504} * 1.60 + 0.36 = 2.02 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $utoel-a = 2 * h / 150 = 2 * 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $umax = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (S_r + S_n * \frac{L_r}{B_s}) * \frac{n_{kap} * kap / \cos(a)}{L_r}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{1789.8}{1125.0}) * \frac{4 * 3200 / \cos(30.0)}{1789.8} = 115.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 115.1 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:

- $utoel = 2 * ph / 50 = 2 * 3200 / 50 = 128.0 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $2.0 \text{ mm} < 128.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK100*100*3.0 mm) voldoen qua stijfheid bij B.C.8 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

5.15.12 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 22727 - \frac{2 * 504 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} + 2 * \frac{480 \text{ E3}}{4500} = 22223 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Va' = 22223 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 289$) : $Fegk' = 289 \text{ N}$
 - Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 17274$) : $Gfund = 17274 \text{ N}$
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = Va' + Fegk' + Gfund = 39496 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer' = 480 \text{ Nm}$
 - Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 16276 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 16756 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -15797 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $16756 \text{ Nm} < 30443 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-15797 \text{ Nm} < 9316 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|39496 \text{ N}| < 61324 \text{ N}$, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $504 \text{ N} < 8044 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

5.15.13 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 22727 + \frac{2 * 504 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{480 \text{ E3}}{4500} = 23230 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 23230 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 289$) : $Fegk' = 289 \text{ N}$
 - Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 17274$) : $Gfund = 17274 \text{ N}$
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund = 40793 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer' = 480 \text{ Nm}$
 - Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 16810 \text{ Nm}$
 $= |40793| * 0.5 * 0.824$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 17290 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -16331 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $17290 \text{ Nm} < 30443 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-16331 \text{ Nm} < 9316 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|40793 \text{ N}| < 61324 \text{ N}$, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $504 \text{ N} < 8044 \text{ N}$, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

$$\begin{aligned}
 & \text{- Eigen gewicht dek } (1.00 * 140) = 140 \text{ N/m}^2 \\
 & \text{- Installaties } (1.00 * 100) = 100 \text{ N/m}^2 \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & \quad \text{Totaal : } 240 \text{ N/m}^2 \\
 & \text{- Neerwaartse belasting per kolom} = 240 * 12.80 * 4.50 = 13824 \text{ N} \\
 & \text{- Eigen gewicht van de goot} = 4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N} \\
 & \text{- Eigen gewicht van het spant} = 1.00 * 2764 = 2764 \text{ N} \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & \quad \text{Totaal Fsvd1} = 17848 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\text{- Fhk'mom} = (1/258 + 1/200) * 45.0 / 4.50 * 17848 / (2 * 2) = 396 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Vb'} &= \text{Fsvd1} + \frac{2 * \text{Fhk'mom} * (h + fh - fhp + vok)}{v} - 2 * \frac{\text{Tpoer}' * \text{Fhk'mom}}{v} \\
 &= 17848 + \frac{2 * 396 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{480 \text{ E3} * 396}{4500 * 504} = 18244 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +): } \text{Vb'} = 18244 \text{ N} \\
 & \text{- Eigen gewicht paal, poer en grond: } \text{Gfund} = 17274 \text{ N} \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & \text{- Vert. belasting per: } \text{Fsvd} = 35517 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{35517}{\pi/4 * 930^2} = 0.052 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (400 + 800) = 0.018 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.052 - 0.018 = 0.034 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$

waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poor
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.420$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.420} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.068 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.420 * 3.738 = 0.016 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.068 + 0.016 = 0.084$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.084 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

5.16 B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

5.16.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties (1.00 * 100)	=	100 N/m ²
----- +		
Totaal :	240 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50	=	13824 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	17848 N	
- Windbelasting:		0 N

In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 17848 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties (1.00 * 100)	=	100 N/m ²
----- +		
Totaal :	240 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 12.80 * 4.50	=	13824 N
- Eigen gewicht van de goot = 4 * (1.00 * 70) * 4.50	=	1260 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2764)	=	2764 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	17848 N	
- Windbelasting:		0 N

In rekentoestand: Fvk = -N = 17848 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 45.0 / 4.50 * (17848 - 0) + 0 = 178482 N
- Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 178482 / (2 * 2) = 44621 N

5.16.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom t.g.v. initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/258 (zie EN 1993-1-1)
- Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
- Fh,scheefstand = (1/258 + 1/200) * |178482 | = 1584 N

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kruisschoorvakken - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 728
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

5.16.2.1 Seismische loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

5.16.2.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the gutter direction:
 - $K1 = F_{htot} / (0.001 * u2-goot') = 1583.7 / (0.001 * 1.576) = 1005170 \text{ N/m}$
 - Frame load excl. crop $Fv1' = 17848 \text{ N (1819 kg)}$
 - Frame loads hanging crops and cultivation gutter only $Fv2' = 0 \text{ N (0 kg)}$
 - Frame loads in gutter direction total $Fv1 = Fv1' * L_{Kas} / v_{ak} = 17848 * 45000 / 4500 = 178482 \text{ N (18194 kg)}$
 - $Fv2 = Fv2' * L_{Kas} / v_{ak} = 0 * 45000 / 4500 = 0 \text{ N (0 kg)}$
- Length of cable for crops (length of pendulum)(ph-vspant-hspant-Htgt+Hfund)
 $L = 3.200 - 0.100 - 0.450 - 1.000 + 0.300 = 1.950 \text{ m}$

Definition of 2x2 matrices

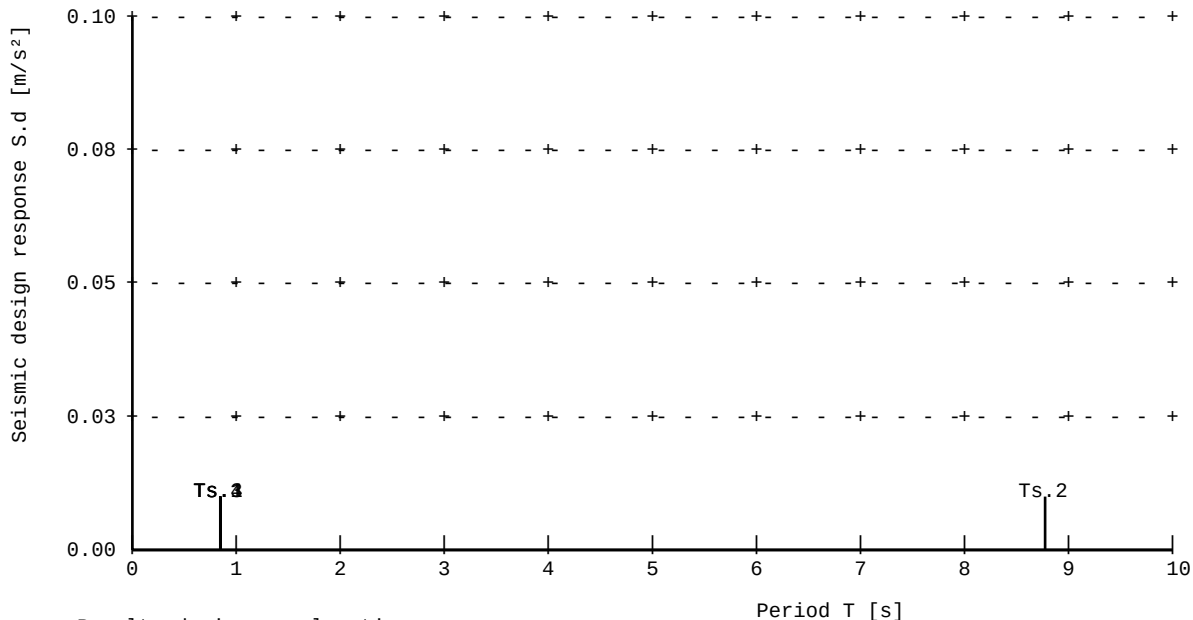
- Stiffness Matrix $[S_n] = \begin{bmatrix} K1 + Fv2/L & -Fv2/L \\ -Fv2/L & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1E+6 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$
- Mass matrix $[M_s] = \begin{bmatrix} Fv1 & 0 \\ 0 & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18194 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$
- Modal eigenvector $[Phi] = \text{Eigenvecs}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Solving 2x2 matrix: $[Phi] = \begin{bmatrix} Phi1=1.0000, Phi2=-0.0000 \\ Phi3=-0.0094, Phi4=1.0000 \end{bmatrix}$
- Modal Mass $[M_n] = [Phi]^T * [M_s] * [Phi]$
- Solving 2x2 matrix: $[M_n] = \begin{bmatrix} Mn1=18192.4 & 0 \\ 0 & Mn2=0.0 \end{bmatrix}$
- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([S_s] * [M_s]^{-1})$
 - Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1} = 55.247 \text{ 1/s}^2$
 - Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2} = 0.513 \text{ 1/s}^2$
 - No crops : $\text{Freq3} = K1/Fv1 = 1E+6 / 1819 = 55.247 \text{ 1/s}^2$
 - Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1/(Fv1+Fv2) = 1E+6 / (1819 + 0) = 55.247 \text{ 1/s}^2$
- The period of motion:
 - Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2 * \pi / (55.247)^{0.5} = 0.845 \text{ s}$
 - Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2 * \pi / (0.513)^{0.5} = 8.774 \text{ s}$
 - No crops : $Ts3 = 2 * \pi / (55.247)^{0.5} = 0.845 \text{ s}$
 - Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2 * \pi / (55.247)^{0.5} = 0.845 \text{ s}$

5.16.2.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

- Design Life building Class = 1
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 15 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.186
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.004
 TNRC50 = 242.960
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 72.888
- Importance factor for earthquake
 gamma = 0.800
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 0.669
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0000 * 9.81 * 0.800 * 0.669 = 0.0000 \text{ m/s}^2$
- Ground type = C Vast zand of stijve klei
 - Soil factor
 Sg = 1.1500
 - Limits of periods:
 T.B = 0.2000 s
 T.C = 0.6000 s
 T.D = 2.0000 s
- Behavior factor for horizontal seismic actions
 According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor q = 1.50 must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so ksi=5
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:
 Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)
 - Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts,1, q) * 1.5 = S.d(0.845, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts,2, q) * 1.5 = S.d(8.774, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - No crops: $Ag_3 = S.d(Ts,3, q) * 1.5 = S.d(0.845, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.00000 \text{ m/s}^2$
 - Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts,4, q) * 1.5 = S.d(0.845, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.00000 \text{ m/s}^2$

5.16.2.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where ke is the number of eigenmodi
 - $ke1 = (Mm1*Phi1 + Mm2*Phi3)/(Mm1*Phi1^2 + Mm2*Phi3^2)$
 $= (18192.4*1.0000+0.0 * -0.009)/(18192.4*1.0000^2+0.0 * -0.009^2)$ ke1 = 1.00004
 - $ke2 = (Mm1*Phi2 + Mm2*Phi3)/(Mm1*Phi2^2 + Mm2*Phi4^2)$
 $= (18192.4*-0.000+0.0 * 1.0000)/(18192.4*-0.000^2+0.0 * 1.0000^2)$ ke2 = 0.78860
- Horizontal seismic forces:
 - Mode 1:
 - $F1 = Ag1*ke1*Mm1*Phi1 = 0.00000*1.0000*18192.4*1.0000$ F1 = 0 N
 - $F3 = Ag1*ke1*Mm2*Phi3 = 0.00000*1.0000*0.0 * -0.009$ F3 = 0 N
 - Mode 2:
 - $F2 = Ag2*ke2*Mm1*Phi2 = 0.00000*0.7886*18192.4*-0.000$ F2 = 0 N
 - $F4 = Ag2*ke2*Mm2*Phi4 = 0.00000*0.7886*0.0 * 1.0000$ F4 = 0 N
 - Vectorized 1,2:
 - $F12 = (F1^2+F2^2)^{0.5} = (0^2+0^2)^{0.5}$ F12 = 0 N
 - $F34 = (F3^2+F4^2)^{0.5} = (0^2+0^2)^{0.5}$ F34 = 0 N
 - No pendulum:
 - $F3 = Ag3 * Fv1 = 0.00000*178482.$ F3 = 0 N
 - $F4 = \max(F12, F3) = \max(0, 0)$ F4 = 0 N
 - $F5 = Ag4 * (Fv1+Fv2) = 0.00000*(178482.+0.0)$ F5 = 0 N
 - Upper value (F12 and F3) gives: Fhmax = 0 N
- Per frame $Fag' = 0.000 * 0.00$ (SLS condition) $Fag' = 0.000$ N
- Per frame $Fag = 0.000 * 0.80$ (ULS condition) $Fag = 0.000$ N

$$F_{htot} = F_{h,scheefstand} + Fag = 1584 + 0 = 1584 \text{ N}$$

$$F_{htot}' = F_{h,scheefstand}' + Fag' = 1584 + 0 = 1584 \text{ N}$$

$$Sd(9) = F4/V_{tot} = 0 / 178482 = 0.000 \text{ x g m/s}^2$$

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- $F_{h,tot} = F_{htot} = 1584 \text{ N}$
- Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
- $F_{hk} = 1584 / (2 * 2) = 396 \text{ N}$
- In gebruikstoestand: ($f_{Cd} = C_{sCd}'/C_{sCd} = 0.70 / 0.72 = 0.97$)
- $F_{hk}' = 1584 / (2 * 2) = 396 \text{ N}$

5.16.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{396 * 1500 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 1.41 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 300 + 400 + 800 - 0 = 1500 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 1.41 \text{ E-3} * 0.366 = 0.52 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 730 \text{ E6} * 0.52 \text{ E-3} = 377 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 377 \text{ E3} * 396 / 396 = 377 \text{ E3 Nmm}$$

5.16.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 17848 + \frac{650}{3200 + 300 - 300} * (44621 - 17848) = 23286 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 17848 + 396 * \frac{3200 + 300 - 300 + 0}{4500} = 18130 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 29.968$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 29.968 * 18130 = 543311 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{L_{knik,o}} = \frac{3 * 2.1E5 * 179E4}{1275} = 884 \text{ E6 Nmm/rad}$$

$$(\text{dubbel schoorvak: } L_{knik,o} = \text{Max}(L_o, L_b) = \text{Max}(1275, 1275) = 1275 \text{ mm})$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(L_{knik,o})^2 * Nko} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2 * 543311} = 4.20$$

$$- n/n-1 = 1.31$$

$$- \text{cr-E} = 884 \text{ E6} / 1.31 = 674 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{674E6 * 650}{2.1E5 * 179E4} = 1.165$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 650 * (4 + \frac{10}{1.165})^{0.5} = 2306 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(2306)^2} = 697843 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{697843}{23286} = 29.9679$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Izk}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{29.97 * 17848} \right)^{0.5} = 2634 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 2634 / (3200 + 300 - 300) = 0.82)$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zkb} = lkzkb / izk = 2634 / 39.5 = 67$
 - $Chikb.z = \min(0.718, 1.0) = 0.718$

- In spantrichting:

- De kniklengte in spantrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.05 * (3200 + 300 - 300 - 100 - 450) = 5432 \text{ mm}$$

$$(N.B.: kheff = \text{effectieve kolomhoogte} = 3.2 - 0.10 - 0.45 = 2.65 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda\text{-yk} = lkyk / iyk = 5432 / 39.5 = 138$
 - $Chik.y = \min(0.326, 1.0) = 0.326$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = 1275 \text{ mm}$

$$\text{- Eulerse knikkracht: } FEzko = \frac{\pi^2 * E * Izk}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{(1275)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zko} = lkzko / izk = 1275 / 39.5 = 32$
 - $Chiko.z = \min(0.927, 1.0) = 0.927$

- In spantrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

5.16.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -17848 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 396 \cdot 650 = 257 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-17848|}{300652} + \frac{|257|}{9370} = 0.087$$

controle: $0.087 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-17848|}{1148.5} + \frac{|257|}{41.595} = 21.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 21.7 / 235.0 = 0.092$$

controle: $0.092 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cm₂ hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cm₂ = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= Cm_2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{b,rel,z} \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 0.71 \cdot (|-17848| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.93 \\ K_{z,3} &= Cm_2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-17848| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0))) = 0.94 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.93, 0.94) = 0.93 \\ K_{y,b} &= 0.8 \cdot K_{z,b} = 0.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-17848| / (0.718 \cdot 300652 / 1.0) + 0.93 \cdot |257.3| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.083 + 0.026 = 0.108 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-17848| / (0.326 \cdot 300652 / 1.0) + 0.75 \cdot |257.3| / (1.00 \cdot 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.182 + 0.020 = 0.203 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.108, 0.203) = 0.203$$

controle: $0.203 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

5.16.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $NED = -(17848 + 2 * 396 * (3200 + 300 - 300 + 0) / 4500) = -18411 \text{ N}$
- Moment : $Mzko = \max(0.85 * 1.03 * 257 \text{ E3}, 257 \text{ E3}) = 257 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|NED|}{Nc.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{|-18411|}{300652} + \frac{|257|}{9370} = 0.089$$

controle: $0.089 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|NED|}{A} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{|-18411|}{1148.5} + \frac{|257|}{41.595} = 22.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = \text{Sigma}/f_y = 22.2 / 235.0 = 0.095$$

controle: $0.095 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.60 (het profiel is geschoord).
 M1 = 257.35, M2 = 0.00, Ms = 128.67, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel.z} * (|NED| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * 0.34 * (|-18411| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.61 \\ Kz.3 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * (|NED| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * (|-18411| / (0.927 * 300652 / 1.0))) = 0.62 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.61, 0.62) = 0.61 \\ Ky.b &= 0.8 * Kz.b = 0.49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |NED| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-18411| / (0.927 * 300652 / 1.0) + 0.61 * |257.3| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.066 + 0.017 = 0.083 \\ UCstab.2 &= |NED| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-18411| / (0.326 * 300652 / 1.0) + 0.49 * |257.3| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.188 + 0.013 = 0.201 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.083, 0.201) = 0.201$$

controle: $0.201 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.9 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

5.16.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$\begin{aligned}
 - N_{bk} &= -F_{hk} * \left(1 + \frac{v_s}{L_o} + \frac{v_s}{2*(L_b + L_o)}\right) = \\
 &= - 396 * \left(1 + \frac{650}{1275} + \frac{650}{2*(1275+1275)}\right) = -648 \quad N \\
 - M_{z,Ed} &= f_{eg} * \frac{1}{8} * q * l^2 = 1.00 * \frac{1}{8} * 29.874 \text{ E-3} * 4.500^2 = 75.620 \text{ E3}
 \end{aligned}$$

De controle verloopt volgens EC3:
 Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-648|}{102986} + \frac{|76|}{1577} = 0.054$$

controle: 0.054 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-648|}{380.6} + \frac{|76|}{6.830} = 12.8 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 12.8 / 235.0 = 0.054$$

controle: 0.054 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 75.62, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + (2.45 - 0.2) * (|-648| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 1.05 \\
 Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\
 &= 0.95 * (1.0 + 0.8 * (|-648| / (0.137 * 102986 / 1.0))) = 0.98 \\
 Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.05, 0.98) = 0.98 \\
 Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.59
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\
 &= |-648| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.98 * |75.6| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.046 + 0.047 = 0.093 \\
 UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\
 &= |-648| / (0.137 * 102986 / 1.0) + 0.59 * |75.6| / (1.00 * 1576.6 / 1.0) \\
 &= 0.046 + 0.028 = 0.074
 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.093, 0.074) = 0.093$$

controle: 0.093 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen
 bij B.C.9 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

5.16.8 Controle van de op druk belaste tussenliggende koppelbalken

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste tussenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{tk} = 2 \cdot N_{bk} - D_{bk} + D_{ok} = 2 \cdot 648 - 252 + -50 = 994 \quad N$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.0 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E3} \cdot 4.500^2 = 75.620 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-994|}{102986} + \frac{|76|}{1577} = 0.058$$

controle: $0.058 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-994|}{380.6} + \frac{|76|}{6.830} = 13.7 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 13.7 / 235.0 = 0.058$$

controle: $0.058 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{my2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat C_{my2} = 0.95 (het profiel is geschoord).

M₁ = 0.00, M₂ = 0.00, M_s = 75.62, M_{kip} = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y,2} = C_{my} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + (2.45 - 0.2) \cdot (|-994| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.10$$

$$K_{y,3} = C_{my} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-994| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(1.10, 1.00) = 1.00$$

$$K_{z,b} = 0.6 \cdot K_{y,b} = 0.60$$

$$UC_{stab,1} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0)$$

$$= |-994| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0) + 1.00 \cdot |75.6| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)$$

$$= 0.070 + 0.048 = 0.118$$

$$UC_{stab,2} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$$

$$= |-994| / (0.137 \cdot 102986 / 1.0) + 0.60 \cdot |75.6| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)$$

$$= 0.070 + 0.029 = 0.099$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.118, 0.099) = 0.118$$

controle: $0.118 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Tussenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen
 bij B.C.9 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

5.16.9 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

- $T_{sb} = 2 * N_{kb} / \cos(\alpha_{sb}) = 2 * 648 / \cos(15.8) = 1347 \text{ N}$
- $T_{so} = (N_{kb2} - D_{bk} + D_{ok}) / \cos(\alpha_{so}) = (994 - 252 + -50) / \cos(15.8) = 718 \text{ N}$
- $N_s = \max(T_{sb}, T_{so}) * \gamma_{seismic} = \max(1347, 718) * 1.30 = 1752 \text{ N}$

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{1752}{18457} = 0.095$$

controle: $0.095 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:
Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD10.0 mm) voldoen qua sterkte
bij B.C.9 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

5.16.10 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 - v_s / 2 * (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -396 * (1 - 650 / 2 * 1275) = -345 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 396 * 1500 - 377 \text{ E3} = 217 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-345|}{500779} + \frac{|217|}{11184} = 0.020$$

controle: 0.020 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-345|}{1683.3} + \frac{|217|}{45.931} = 4.9 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \text{Sigma} / f_y = 4.9 / 235.0 = 0.021$$

controle: 0.021 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 217.24, M2 = -217.24, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.60 - 0.2) * (|-345| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-345| / (0.283 * 500779 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-345| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.40 * |217.2| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.002 + 0.008 = 0.010 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-345| / (0.283 * 500779 / 1.0) + 0.24 * |217.2| / (1.00 * 11184.1 / 1.0) \\ &= 0.002 + 0.005 = 0.007 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.010, 0.007) = 0.010$$

controle: 0.010 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{(Fhkz' - Fag') * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.366 * \frac{(396 - 0) * (900)^2 * 4500}{6 * 2.1E5 * 150E4} = 0.28 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 300 + 400 + 200 - 0 = 900 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

$$- \text{Vergrotingsfactor: } - nyok' = 445.5 * 396 / 396 = 445.53$$

$$- nyok' / nyok'-1 = 1.00$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.00 * 0.28 * \frac{1584}{1584} * \frac{300 + 400 + 200}{900} = 0.28 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

$$- \text{controle: } 0.3 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK80*80*6.0 mm) voldoen
 bij B.C.9 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

5.16.11 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de onderste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-so} &= \frac{T_{so} \cdot l_{so}}{E \cdot A_{so}} = \frac{718 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 0.20 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko1} &= \frac{N_{ko} \cdot L_o}{E \cdot A_k} = \frac{18411 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.10 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de tussenbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk2} &= \frac{N_{k2} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{994 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.06 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Umid} &= \frac{L_{so}}{v} \cdot \text{delta-so} + \frac{L_o}{v} \cdot \text{delta-ko1} + \text{delta-bk2} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 0.20 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.10 + 0.06 = 0.30 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenste op trek belaste schoor:

$$\begin{aligned} \text{- delta-sb} &= \frac{T_{sb} \cdot l_{sb}}{E \cdot A_{sb}} = \frac{1347 \cdot 4677}{2.1E5 \cdot 78.5} = 0.38 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{- kracht Nokb} = N_{ok} - T_{so} \cdot \sin(\alpha_{fasb}) = 2E+4 - 718 \cdot \sin(15.8) = 18216 \text{ N}$$

- Verkorting van het bovenstuk van de op druk belaste kolom:

$$\begin{aligned} \text{- delta-ko2} &= \frac{N_{kb} \cdot L_b}{E \cdot A_k} = \frac{18216 \cdot 1275}{2.1E5 \cdot 1148.5} = 0.10 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Verlenging van de bovenliggende koppelbalk:

$$\begin{aligned} \text{- delta-bk1} &= \frac{N_{k1} \cdot v}{E \cdot A_{tb}} = \frac{648 \cdot 4500}{2.1E5 \cdot 380.6} = 0.04 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Ubov} &= \frac{L_{sb}}{v} \cdot \text{delta-sb} + \frac{L_b}{v} \cdot \text{delta-ko2} + \text{delta-bk1} \\ &= \frac{4677}{4500} \cdot 0.38 + \frac{1275}{4500} \cdot 0.10 + 0.04 = 0.46 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$- Lk = h + fh - fhp - vs + vok = 3200 + 300 - 300 - 650 + 0 = 2550 \text{ mm}$$

$$- U1gtdub = Umid + \left(1 + \frac{vs}{Lb}\right) * Ubov$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{Fhk * vs^2}{E * Iokz} * \left(3 * Lb + Lo + 4 * vs - \frac{Lo^2}{Lb + Lo}\right)$$

$$= 0.30 + \left(1 + \frac{650}{2550}\right) * 0.46$$

$$+ \frac{1}{12} \frac{396 * 650^2}{2.1E5 * 179.0E4} * \left(3 * 1275 + 1275 + 4 * 650 - \frac{1275^2}{1275 + 1275}\right)$$

$$U1gtdub = 1.25 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * U1gtdub * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \text{ met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 0.28 \text{ mm}$ (zie 5*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

$$- \text{Vergrotingsfactor: } - nzkb = 29.97 \text{ (zie 5*.4)}$$

$$- nzkb' = 29.97 * 396 / 396 = 29.97$$

$$- nzkb'/nzkb'-1 = 1.03$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.03 * \frac{396}{396} * 1.25 + 0.28 = 1.58 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $utoel-a = 2 * h / 150 = 2 * 3200 / 150 = 42.7 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $umax = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $S_n = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $S_r = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $L_r = 1789.8 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $B_r = 1125.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (S_r + S_n * \frac{L_r}{B_s}) * \frac{n_{kap} * kap / \cos(a)}{L_r}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{1789.8}{1125.0}) * \frac{4 * 3200 / \cos(30.0)}{1789.8} = 115.1 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 115.1 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:

- $utoel = 2 * ph / 50 = 2 * 3200 / 50 = 128.0 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $1.6 \text{ mm} < 128.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK100*100*3.0 mm) voldoen qua stijfheid bij B.C.9 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

5.16.12 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 17848 - \frac{2 * 396 * (3200+300-300+ 0)}{4500} + 2 * \frac{377 \text{ E3}}{4500} = 17453 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 17453 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 289) : Fegk' = 289 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 17274) : Gfund = 17274 N
- Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund = 34726 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 377 Nm
- Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 14311 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp = 14687 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp = -13934 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 14687 Nm < 30443 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -13934 Nm < 9316 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 34726 N | < 61324 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 396 N < 8044 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

5.16.13 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 17848 + \frac{2 * 396 * (3200 + 300 - 300 + 0)}{4500} - 2 * \frac{377 \text{ E3}}{4500} = 18244 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 18244 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 289$) : $Fegk' = 289 \text{ N}$
 - Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 17274$) : $Gfund = 17274 \text{ N}$
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund = 35806 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer' = 377 \text{ Nm}$
 - Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 14756 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 15132 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -14379 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $15132 \text{ Nm} < 30443 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-14379 \text{ Nm} < 9316 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|35806 \text{ N}| < 61324 \text{ N}$, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $396 \text{ N} < 8044 \text{ N}$, dus: voldoet.

$dSvd(z) = dSvd0 * \left[1 - \frac{1}{0.5 * dpoeer} \left(\frac{z}{1.5} \right) \right]$	Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z
--	--

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.420$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.420} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.068 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15^{*365}}{1}\right) = 0.010 * 0.420 * 3.738 = 0.016 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.068 + 0.016 = 0.084$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.084 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

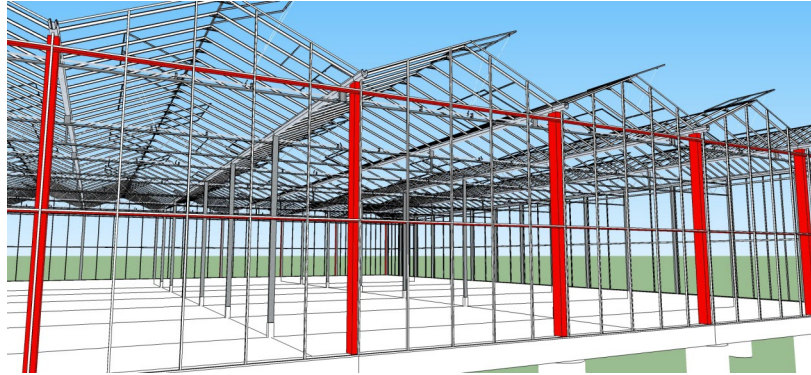
Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD930*800 mm voldoen bij B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd



De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



6 K O P G E V E L S

Kasgegevens:

- Kastype	: Venlo-warenhuis
- Overspanning (l)	: 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Aantal gekoppelde spanten	: 4 (y-richting)
- Vakmaat (v)	: 4.50 m
- Kolomhoogte (h)	: 3.20 m
- Randfundering	: stortbeton 400 * 220 mm
- Funderingstype	: niet-onderheide fundering (op staal)
- Grondsoort	: Klei NPR3860

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de kopgevels en de gevelfunderatie van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1992 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies
 - * NEN-EN 1992-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1992-1-3: Geprefabriceerde betonnen elementen en constructies
- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
- NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
 - * NEN 9997-1: Algemene regels

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de kopgevels wordt verwezen naar TNO rapport: BI-92-0063* "Rekenregels voor de draagconstructie van kop- en zijgevels van Venlowarenhuizen en Breedkapkassen", Delft/1992.

Voor een toelichting op de berekening van de poeren wordt verwezen naar TNO rapport: 93-CON-R0304 "Rekenregels voor de dimensionering en de controle van de poeren van de kolommen, schoorvakken en portaalspanten voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1993

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

6.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Sterkte (B.C.2) : 0.27 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.2) : 0.26 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid (B.C.2) : 4.8 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.
- Gording 1 (B.C.2):
 - Sterkte : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Momentcap.vert (B.C.8) : 62430 Nm > 1.0 * 3801 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie:
 - Momenten (B.C.8) n : 16883 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal (B.C.8) : | 33870 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal (B.C.2) : 3073 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting (B.C.2) : 0.079 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte (B.C.2) : 75 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

6.1.1 Eindconclusie(s):

- De kopgevels voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Gootkolom (RHBK100*100*4.0 mm, S235 (EN10219)) : voldoet
 - Gordingen:
 - 1 U80*40*3.00 1525 doorgaande ligger : voldoet
 - 2 U80*40*3.00 3050 doorgaande ligger : voldoet
- De kopgevelfundatie voldoet qua sterkte en kantelstabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Randfundering (RH400*220, C20/25 (B25)) : voldoet
 - Poeren (BPRD1100*600) : voldoen
 - Haarspeld (2*RD12-FeB220) : voldoet.

6.1.2 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
 - B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
 - B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- Met nadruk wordt erop gewezen, dat de TOG kopgevelkolom ook moet voldoen aan de controle van de "gewone" TOG kolom.
- De hoekkolommen zijn niet apart gecontroleerd. Lokale effecten zoals bijvoorbeeld het toepassen van gewasdraadbogen kunnen extra belastingen veroorzaken (zie TNO-rapport BI-92-0063*).
- Als gevolg van uitzetting en krimp van de kopgevels door temperatuurswisselingen kan het bij relatief brede kassen (± 180 m) nodig zijn over een relatief grote lengte extra "smal" glas in de beide uiteinden van de kopgevels toe te passen. Het precieze aantal is afhankelijk van de gordingafstand, de glasafmetingen en de speling van het glas.
Het onderdeel CASTA/Tuinbouwglas geeft een advies over de positie van de schoren over de precieze glasinulling van de gevels, berekend aan de hand van de Europese Kassenbouwnorm EN13031.
- Bij controle van de draagkracht en de zetting van de grond volgens NEN 6740 en NEN 6744 is uitgegaan van een volledig gedraineerde toestand, volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744. In geval van een ongedraineerde toestand, of een niet-volledig gedraineerde toestand, dient een grondmechanisch of geotechnisch adviseur ingeschakeld te worden.

6.2 INVOERGEGEVENS

6.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte gevel : 3.20 m
- Kaslengte (L) : 45.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 4

6.2.2 Overige gegevens van de kas:

- Dekhelling (alfa) : 30.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 300 mm
- Funderingstype : niet-onderheide fundering (op staal)
- Spanthoogte (hspant) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1125 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 800 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 750 mm

6.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK100*100*3.0
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Lengte kolom : 3200 mm

6.3 Gegevens van de kopgevels:

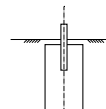
- Gootkolom (gk) : RHBK100*100*4.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Tabel met gordingprofielen: 2x hoh max 1525 mm (afstand laatste tot goot 150 mm)

Profiel	positie	oplegging	steun	kip
1 U80*40*3.00, S275 (EN10219)	1525	doorgaande ligger	nee	ja
2 U80*40*3.00, S275 (EN10219)	3050	doorgaande ligger	nee	ja

- Controleberekening gording met normaalkrachten uit:
 - koppelprofiel schoorvak: nee
 - gewasdraadboog : niet aanwezig
 - regenleiding aan draad : niet aanwezig
 - belichting aan draad : niet aanwezig
- Eindvakmaat (ve) : 4500 mm
- Stijfheid eindgoot (EIeg) : 315.0 kNm²
 - eindgoot : eigen invoer
 - Iy : 150.01 cm⁴
 - materiaal : staal (Eg = 210000 N/mm²)

6.4 Gegevens van de fundering van de kopgevels:

- Randfundering : RH400*220 (C20/25 (B25))
 - Aantal staven boven : 2
 - Diameter bovenwapening: RD10 -FeB500
 - Randafstand bovenkant : 50 mm
 - Randafstand zijkant : 50 mm
 - Aantal staven onder : 2
 - Diameter onderwapening: RD10 -FeB500
 - Randafstand onderkant : 65 mm
 - Randafstand zijkant : 50 mm
 - Staaftpositie verticaal : +/- 10 mm tolerantie
 - Staaftpositie horizontaal: +/- 10 mm tolerantie
- Poeren : BPRD1100*600 mm (570 liter beton)
 - Haarspeld poeren : 2*RD12-FeB220
 - Min.afstand tot randen : 55 mm
 - Tolerantie randafstand : 10 mm
 - H.o.h. afstand : 3200 mm (hele kolomafstand)
- Grondsoort : Klei NPR3860



6.4.1 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 140 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Spant (Fspant 1e rij) : 2764 N
- Spant (Fspant 2e rij) : 2764 N

6.4.2 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

6.4.3 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basic wind velocity : V50 = 27.0 m/s reference V15 = 24.9 m/s
- Basic snowload : SK = 700.0 N/m²
- Berekenende afsmeltfactor : Ct = 1.000
- Type kasdekomhulling : Single-layer: 4 mm Soda lime glass
- Temperatuur onder kasdek: Niet verwarmd
- Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
- Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : Rf = 15 year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : AgR = 0.000 x g m/sec²
(Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: gs = 1.30
- Windstuwdruk (qwind) : 533 N/m² dekopervlak
- (N.B.: Nokhoogte: H = 0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * tan 30° = 4.424 m)
- Gebouwhoogte: 4.424 m. Eff.hoogte: ze = 4.424 m
- Sneeuwbelasting (qsneeuw) : 423.5 N/m² grondoppervlak
- Installaties : 100 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
- Installaties totaal : 100 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (qgewas) : 0 = Max(0 , 0) N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak

6.5 Belastingen op de kopgevels:

- Gevel (qgevel) : 130 N/m² geveloppervlak
- Vert.belast. servicerail : 1800 kg
- E.g.leidingen (+ inhoud) : 250 N/m
- Uitkraging v.d. console : 400 mm
- Plaats van de console : 480 mm (onder de goot)
- Verder is bij de berekening van de kopgevels rekening gehouden met:
 - Schermdraden: Hoog (aantal scherminstallaties: 1)
 - Methode BRL 2007 aangehouden.
 - 1e scherm bovenrand:
 - Mechaniekdraad na omkeerwiel: 1.5 x 3300 N
 - (voorspanning = 1000 N, slipkoppeling = 50 N, aantal vakken = 25)
 - Kunststof geleidedraad : 12 x 150 N
 - Stalen geleidedraad : 2 x 1000 N
- Er is bij de berekening van de kopgevels geen rekening gehouden met:
 - Gewasdraden.
 - Trekdraden voor de hijsverwarming.
 - Regenleidingdraden.
 - Spandraden voor het ophangen van de belichting.

6.6 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

6.6.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

6.6.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K1 * \ln(1 / ref)}{1 - K1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$

- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- 1): geen reductie volgens Eurocode: $C_{dim}; \text{lloodrecht} = 1.00$, $C_{dim}; \text{parallel} = 1.00$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 754
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

6.6.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
EN 13031-1: $R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5 \text{ N/m}^2$

6.6.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = $U_1 / [1/U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $[20.2634 / ((T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4})] = 70219 \text{ N/m}^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054(Sk_{max}/3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0*Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 755
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAAAEQAWAPCA

6.6.4 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
- B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
- B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor dekroeden:
 - BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor de goot:
 - BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
 - BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

6.6.5 Tabel 7: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen ge- wicht dek a= 140 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 100 N/m ² + 0 N/m ² = 100 N/m ²	Wind- belasting a= 533 N/m ² b= 533 N/m ² c= 533 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 423 N/m ² b= 423 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 6000 N b= 1250 N	Aardbeving AgR = 0.000 [Sd]
1	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	b 1.00(0.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.02(1.00)	1.02(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.02(1.00)	1.02(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	b 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.02(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
7	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
8	1.15(1.00)	1.15(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exceptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd (zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 4424	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 3500	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 3500	mm	
- Roof angle	: alpha = 30.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 51200	mm	Ratio h/W = 0.0684
- Greenhouse length	: L = 45000	mm	Ratio h/L = 0.0778
- Bay width gutter to gutter	: S = 3200	mm	Ratio h/S = 1.0938

6.6.6 Tabel 7: Windvormfactoren bij wind evenwijdig (||) aan de nok:

BC	Vormfactor Wind, dek	Factor Windwrijving	Winddruk kopgevel	Windzuiging kopgevel	Druk in de kas*)
1	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
2	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.20
3	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
4	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
5	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
6	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.20
7	-0.964	0.010	+0.70	+0.30	0.20
8	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00

*) Overdruk=positief / Onderdruk=negatief

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 758
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

6.7 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

6.7.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Kopgevel:

- Gootkolom:

- Doorsn.klasse : 1

- Sterkte	: 0.08	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.08	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.05	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid	: 1.2 mm	<	21.3 mm,	dus: voldoet.
- Gootsteun	: geen steun nodig voor eind-goot.			

- Gordingen:

1 - klasse : 4

- sterkte	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- spanning	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stabiliteit	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stijfheid	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.

2 - klasse : 4

- sterkte	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- spanning	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stabiliteit	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stijfheid	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3313 Nm, dus: voldoet.

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):

- Momenten NBM	: 12496 Nm	<	39211 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -11749 Nm	<	6062 Nm,	dus: voldoet.
- Verticaal	: 24870 N	<	76173 N,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 373 N	<	3596 N,	dus: voldoet.
- Zetting	: 0.079 m	<	0.100 m,	dus: voldoet.

- Haarspeld poeren:

- Sterkte : 7 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 759
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.27 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.26 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 4.8 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3383 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 15195 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -9050 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : 24870 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 3073 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.079 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 75 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 760
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 1.3 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3383 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 13982 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -13235 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : 27919 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 373 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.079 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 8 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 761
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 2.2 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.04 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3313 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 12233 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -9034 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : 21816 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 1600 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.072 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 40 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 762
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 2.2 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.04 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3313 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 12233 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -9034 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : 21816 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 1600 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.072 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 40 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 763
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.22 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 3.9 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3383 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 14181 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -8582 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 23350 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 2799 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.072 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 70 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 764
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 2.2 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.

- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.04 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3313 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 10685 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -7485 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 18639 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 1600 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.072 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 40 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 765
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.7.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 1.3 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 62430 Nm > 1.0 * 3801 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 16883 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -16136 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 33870 N | < 76173 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 373 N < 3596 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.079 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 8 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

N.B. NBM = Kantelstabiliteit bij neerwaarts bezwijkmodel
OBM = Kantelstabiliteit bij opwaarts bezwijkmodel
(zie TNO-rapport 93-CON-R0304)

6.8 OVERZICHT BELASTINGEN OP DE FUNDERING:

Overzicht belastingen op de randfundering in rekentoestand, tussen haakjes in gebruikstoestand.

Belastingen op de betonnen randfundering:

- Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3200 mm
- Hart op Hart afstand poeren : 3200 mm (hele kolomafstand)

6.8.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = 5577 N (2528 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 373 N (373 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 373 N

6.8.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = 2582 N (2528 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 3823 N (3073 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 3823 N

6.8.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = 6469 N (5577 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 381 N (373 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 381 N

6.8.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = -947 N (-526 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 2012 N (1600 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 2012 N

6.8.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = -947 N (-526 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 2012 N (1600 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 2012 N

6.8.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = 1029 N (1008 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 3544 N (2799 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 3544 N

6.8.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = -4999 N (-3703 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 2012 N (1600 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 2012 N

6.8.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvk = 14376 N (11528 N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom Feg.kg = 375 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2588 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3200 mm Rf = 429 N (373 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3200 mm Fhrd = 429 N

6.8.9 Summary of loads at foundation:

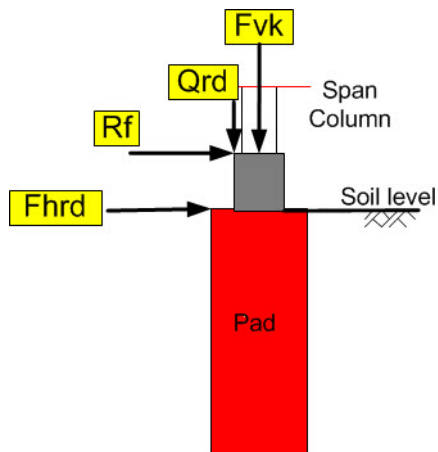


Table: Foundation forces gable end, type concrete beam:

Table	Load V	Load V [N]	Load H	Load H	Load H
Gable end	Fvk ULS	Fvk+Fegk	Fhk ULS	Rf ULS	Fhrd ULS
Combination	[N]	ULS [N]	[N]	[N]	[N]
-anchor-					
BC1	5577	0	17	373	373
BC2	2582	0	2015	3823	3823
BC3	6469	0	20	381	381
BC4	-947	0	2010	2012	2012
BC5	-947	0	2010	2012	2012
BC6	1029	0	1237	3544	3544
BC7	-4999	0	995	2012	2012
BC8	14376	0	45	429	429

6.9 PROFIEL-EIGENSCHAPPEN

In dit deel worden alle profiel-eigenschappen weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en de belastingcombinaties.
 (index "y" = "in gootrichting")

6.9.1 Kopgevelgootkolommen (RHBK100*100*4.0 mm S235 (EN1021) (index "gk")):

- Oppervlakte : Agk = 1494.8 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.gk = 2265883.0 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.gk = 45317.7 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.gk = 38.9 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.gk = 2265883.0 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.gk = 45317.7 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.gk = 38.9 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.gk = 50.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lgk = 3.200 m
- Gewicht : Ggk = 37.549 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.gk = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Egk = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Ggk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.gk = 45318 (Wply.gk = 53341) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.gk = 45318 (Wplz.gk = 53341) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.gk = 3518188 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.gk = 405455 N
 - NRk.gk = 405455 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.gk = 12292 Nm Mz.c.Rd.gk = 12292 Nm
 - elastisch My.Rk.gk = 12292 Nm Mz.Rk.gk = 12292 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfay = 0.49 alfaz = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekgk*tgk/Lgk)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 271.2 N/mm²
- Ontwikkelde lengte : Lgk = 386.3 mm
- Omgez. hoeken : nhoek = 4
- Op druk belast : fy-dgk = fy-eq = 271.2 N/mm²
- Op trek belast : fy-tgk = fy-eq = 271.2 N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Slankheid : lambda-ygk = 3200/38.9 = 82
 - Chixgk = min(0.615 , 1.0) = 0.615
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eygk} = \frac{\pi^2 * E * I_{ygk}}{l_{kygk}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 227E4}{3200^2} = 458624 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Slankheid : lambda-zgk = 3200/38.9 = 82
 - Chizgk = min(0.615 , 1.0) = 0.615
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ezgk} = \frac{\pi^2 * E * I_{zgk}}{l_{kzgk}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 227E4}{3200^2} = 458624 \text{ N}$$

6.9.2 Kopgevelgording (U80*40*3.00 mm S275 (EN1021) (index "gd1")):

Bij een U- of Omega-profiel zijn de flenzen misschien niet volledig effectief.

Berekening van de effectiviteit van de flenzen vlg. RKP-1990, artikel 7.2.1:

- Plooicoëfficiënt ongesteund plaatveld op druk : $k_{\sigma} = 0.43$ (Tabel 7.2-2)
- Wanddikte : $t_{gd1} = 3.00$ mm
- Flens/profielbreedte : $b_{gd1} = 40.00$ mm
- Slankheid : $\lambda = 1.052 * b/t * (\sigma_e / (E * k_{\sigma}))^{0.5} = 1.052 * 40.00 / 3.00 * (275 / (2.1E5 * 0.43))^{0.5} = 0.774$
- Plooi factor : $\rho_{hbr} = (1 - 0.22/\lambda) / \lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22/0.774) / 0.774 = 0.92$, dus: $\rho_{hbr} = 0.92$
- Eff. profielbreedte : $b_{eff} = 0.92 * 40.0 = 37.0$ mm

Hieruit kunnen de volgende effectieve profieleigenschappen berekend worden:

- Oppervlakte : $A_{gd1} = 434.9$ mm²
- Traagheidsmoment y-as: $I_{y.gd1} = 416675.6$ mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: $W_{y.gd1} = 10416.9$ mm³
- Traagheidsstraal y-as: $i_{y.gd1} = 31.0$ mm
- Traagheidsmoment z-as: $I_{z.gd1} = 56908.2$ mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: $W_{z.gd1} = 1909.0$ mm³
- Traagheidsstraal z-as: $i_{z.gd1} = 11.4$ mm
- Neutrale lijn z-as : $e_{z.gd1} = 29.8$ mm
- Versch.neutr lijn y : $e_{Ny} = 0.0$ mm
- z : $e_{Nz} = 1.1$ mm
- Lengte : $L_{gd1} = 3.200$ m
- Gewicht : $G_{gd1} = 10.925$ kg
- Rekenwaarde vloeigrens $f_{y.gd1} = 275.0$ N/mm²
- Elasticiteitsmodulus $E_{gd1} = 210000$ N/mm²
- Afschuivingsmodulus $G_{gd1} = 80769$ N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as $W_{py.gd1} = 10417$ ($W_{ply.gd1} = 10417$) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as $W_{pz.gd1} = 1909$ ($W_{plz.gd1} = 1909$) mm³
- Torsietraagheidsmoment $I_{t.gd1} = 1381$ mm⁴
- Welvingstraagheidsmom. $I_{w.gd1} = 74.0E6$ mm⁶
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht $N_{c.Rd.gd1} = 119602$ N
 - $N_{Rk.gd1} = 119602$ N
 - Moment plastisch $M_{y.c.Rd.gd1} = 2865$ Nm $M_{z.c.Rd.gd1} = 525$ Nm
 - elastisch $M_{y.Rk.gd1} = 2865$ Nm $M_{z.Rk.gd1} = 525$ Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\alpha_{fay} = 0.49$ $\alpha_{faz} = 0.49$
- Vloeigrens:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) ($f_y = 275.0$ N/mm², $f_t = 430.0$ N/mm²)
 - Op druk belast : $f_{y-dgd1} = f_y = 275.0$ N/mm²
 - Op trek belast : $f_{y-tgd1} = f_y = 319.9$ N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kygd1} = l_{gd1} = 3040$ mm (doorgaand = $0.95 \times$ systeemplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{ygd1} = 3040/31.0 = 98$
 - $\chi_{ygd1} = \min(0.468, 1.0) = 0.468$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eygd1} = \frac{\pi^2 * E * I_{ygd1}}{l_{kygd1}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 42E4}{3040^2} = 93448 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kzgd1} = l_{gd1} = 800$ mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{zgd1} = 800/11.4 = 70$
 - $\chi_{zgd1} = \min(0.659, 1.0) = 0.659$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ezgd1} = \frac{\pi^2 * E * I_{zgd1}}{l_{kzgd1}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 6E4}{800^2} = 184295 \text{ N}$$

[illegible][illegible]

6.9.4 Profieleigenschappen van de (rand)fundering.

6.9.4.1 Materiaalgegevens beton (EN 1992-1-1)

Sterkteklasse : C20/25 (B2)
Karakteristieke kubusdruksterkte: $f_{ck}' = 25.0 \text{ N/mm}^2$
Volumieke massa beton : $smbeton = 2400 \text{ kg/m}^3$
Soortelijk gewicht beton : $sgbeton = 24000 \text{ N/m}^3$

- Rekenwaarde voor de druksterkte (EN 1992-1-1 art. 6.1.1):

$$f_b' = 0.72 * f_{ck}' / 1.2 = 0.72 * 25.0 / 1.2 = 15.0 \text{ N/mm}^2$$

- Rekenwaarde voor de gemiddelde treksterkte (EN 1992-1-1):

$$f_{bm} = 1.4 * \frac{1.05 + 0.05 * f_{ck}'}{y_m} = 1.4 * \frac{1.05 + 0.05 * 25.0}{1.4} = 2.3 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.40$ voor beton)

- Bilineair spanning-rekdiagram (EN 1992-1-1):

- Betonstuk bij het begin van de plastische vervorming: $eb_{pl}' = 1.75E-3$
- Grenswaarde voor betonstuk (breuk): $eb_u' = 3.50E-3$

- Rekenwaarde elasticiteitsmodulus: $E_b = \frac{f_b' * 15.0}{eb_{pl}' * 1.75E-3} = 8571 \text{ N/mm}^2$
(lange duur effect t.g.v. krimp globaal in rekening gebracht)

6.9.4.2 Betonstaal randfundering

Betonstaalsoort randfundering: FeB500
Karakteristieke waarde van de trek-/druksterkte: $f_{srep} = 1600.0 \text{ N/mm}^2$

- Rekenwaarde van de trek-/druksterkte

$$f_{rds} = f_{srep} / y_m = 1600.0 / 1.15 = 1391.3 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.15$ voor betonstaal)

6.9.4.3 Betonstaal haarspeld

Betonstaalsoort haarspeld: FeB220
Karakteristieke waarde van de trek-/druksterkte: $f_{srep} = 220.0 \text{ N/mm}^2$

- Rekenwaarde van de trek-/druksterkte

$$f_{sps} = f_{srep} / y_m = 220.0 / 1.15 = 191.3 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.15$ voor betonstaal)

6.9.4.4 Rekenwaarde van het scheurmoment

Het scheurmoment (M_r) is het buigend moment, waarbij aan de trekzijde van de fundering de treksterkte van het beton wordt overschreden. Aangezien het scheurmoment van invloed is op het minimum wapeningspercentage (zie 6.9.5) wordt gerekend met de karakteristieke bovengrens van de treksterkte ($1.4 * f_{bm}$):

Verticaal:

$$- M_{r,ver} = 1/6 * b_{rd} * h_{rd}^2 * 1.4 * f_{bm} = 1/6 * 0.220 * 0.400^2 * 1.4 * 2.3E6 = 18891 \text{ Nm}$$

Horizontaal:

$$- M_{r,hor} = 1/6 * h_{rd} * b_{rd}^2 * 1.4 * f_{bm} = 1/6 * 0.400 * 0.220^2 * 1.4 * 2.3E6 = 10390 \text{ Nm}$$

6.9.4.5 Rekenwaarde van het uiterst opneembare verticaal buigend moment van de gescheurde doorsnede

Bij de berekening van de capaciteit van de randfundering wordt uitgegaan van een verticaal belaste betonbalk (x-richting) waarbij conform EN 1992-1-1 wordt verondersteld dat het beton geen trek kan opnemen.

Het uiterst opneembare buigend moment van de gescheurde doorsnede (M_u) treedt op als de trekwapening vloeit en in de uiterste betonvezel de grenswaarde van de betonstuik ($\epsilon_{bu} = 3.5E-3$) optreedt. Voor de eenvoud en de veiligheid is de beperkte invloed van eventuele drukwapening in dit geval verwaarloosd.

De hoogte van de betondrukzone (x_u) volgt uit krachtenevenwicht ($N_u = N_s$) waarbij het spanningsverloop in de gedrukte zone overeenkomt met het bilineaire spanning-rekdiagram voor beton.

$$- \text{Beton: } N_u' = \left(- \frac{1}{2} * b_{rd} * x_u + - \frac{1}{2} * - \frac{1}{2} * b_{rd} * x_u \right) * f_{b'} = 0.75 * b_{rd} * x_u * f_{b'}$$

$$- \text{Staal: } N_s = A_{strek} * f_{rds} \\ \text{waarin } A_{strek} = a_{st} * \pi/4 * d_{st}^2 = 2 * \pi/4 * 10^2 = 157.08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gelijkstellen: } x_u = \frac{A_{strek} * f_{rds}}{0.75 * b_{rd} * f_{b'}} = \frac{157.08 * 1391.3}{0.75 * 220 * 15.0} = 88.30 \text{ mm}$$

De rekenwaarde van het uiterst opneembare buigend moment volgt uit vermenigvuldiging van de staalkracht (is gelijk aan de betondrukkracht) met de hefboomsarm:

$$M_{u,ver} = A_{strek} * f_{rds} * z_u, \text{ waarin: } z_u = h_{rd} - a_{rd} - t_{rd} - 7/18 * x_u$$

$$\text{Invullen geeft:} \\ - \text{Normaalkracht: } N_s = A_{strek} * f_{rds} = 157.08 * 1391.3 = 2E+5 \text{ N} \\ - \text{Hefboomsarm: } z_u = h_{rd} - (a_{rd} + d_{st}/2) - t_{rd} - 7/18 * x_u \\ = 400 - (65 + 10/2) - 10 - 7/18 * 88.30 = 286 \text{ mm} \\ - \text{Uiterst opneembaar moment: } M_{u,ver} = N_s * z_u = 2E+5 \text{ N} * 0.286 \text{ m} = 62430 \text{ Nm}$$

6.9.4.6 Minimum wapeningspercentage (EN 1992-1-1)

Tenzij instorting ten gevolge van brosse breuk uitgesloten is, moet de hoeveelheid op trek belast betonstaal in de maatgevende doorsnede zo zijn, dat voldaan wordt aan de voorwaarde:

$$M_{u,ver} > M_{r,ver} \text{ of } M_{u,ver} > 1.5 * M_{d,ver}$$

waarbij:

$$M_{u,ver} = \text{het uiterst opneembare buigend moment volgens 6.9.5} \\ M_{r,ver} = \text{de rekenwaarde van het scheurmoment volgens 6.9.4} \\ M_{d,ver} = \text{de rekenwaarde van het optredende maximale moment.}$$

Het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,ver}$) is groter dan het moment waarbij scheurvorming optreedt ($M_{r,ver}$).

$$M_{u,ver} = 62430 \text{ Nm} > M_{r,ver} = 18891 \text{ Nm}$$

Kortom, de gescheurde betondoorsnede zonder meenamen van de wapening is sterker dan de ongescheurde doorsnede zonder meenamen van de wapening. Dit betekent dat conform EN 1992-1-1, aan de minimum wapeningseis is voldaan. Bij de toetsing van de doorsnede behoeft derhalve "slechts" te worden voldaan aan de voorwaarde dat het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,ver}$) tenminste gelijk is aan het maximale buigend moment volgend uit de belastingen ($M_{u,ver} > 1.0 * M_{d,ver}$) (zie hoofdstukken van de diverse belastingcombinaties).

6.9.4.7 Rekenwaarde van het uiterst opneembare horizontaal buigend moment van de gescheurde doorsnede (EN 1992-1-1)

Overeenkomstig hoofdstuk 6.94.5 kan de capaciteit van horizontaal belaste betonbalk (y-richting) berekend worden:

De hoogte van de betondrukzone (x_u) volgt uit krachterevenwicht ($N_u = N_s$) waarbij het spanningsverloop in de gedrukte zone overeenkomt met het bilineaire spanning-rekdiagram voor beton.

$$- \text{Beton: } N_u' = \left(\frac{1}{2} * h_{rd} * x_u + \frac{1}{2} * \frac{1}{2} * h_{rd} * x_u \right) * f_{b'} = 0.75 * h_{rd} * x_u * f_{b'}$$

$$- \text{Staal: } N_s = A_{strek} * f_{rds}$$

$$\text{waarin } A_{strek} = \frac{\pi}{4} * (d_{st}^2 + d_{sd}^2) = \frac{\pi}{4} * (10^2 + 10^2) = 157.08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gelijkstellen: } x_u = \frac{A_{strek} * f_{rds}}{0.75 * h_{rd} * f_{b'}} = \frac{157.08 * 1391.3}{0.75 * 400 * 15.0} = 48.57 \text{ mm}$$

De rekenwaarde van het uiterst opneembare buigend moment volgt uit vermenigvuldiging van de staalkracht (is gelijk aan de betondrukkracht) met de hefboomsarm:

$$M_{u,hor} = A_{strek} * f_{rds} * z_u, \text{ waarin: } z_u = 0.5 * b_{rd} - t_{rd} - \frac{7}{18} * x_u$$

Invullen geeft:

$$- \text{Normaalkracht: } N_s = A_{strek} * f_{rds} = 157.08 * 1391.3 = 2E+5 \text{ N}$$

$$- \text{Hefboomsarm: } z_u = b_{rd} - \frac{(a_{t_{rd}} + (d_{st} + d_{sd}))/4}{1} - t_{rd} - \frac{7}{18} * x_u$$

$$= 220 - \frac{(50 + (10 + 10))/4}{1} - 10 - \frac{7}{18} * 48.57 = 136 \text{ mm}$$

$$- \text{Uiterst opneembaar moment: } M_{u,hor} = N_s * z_u = 2E+5 \text{ N} * 0.136 \text{ m} = 29747 \text{ Nm}$$

6.9.4.8 Minimum wapeningspercentage

Tenzij instorting ten gevolge van brosse breuk uitgesloten is, moet de hoeveelheid op trek belast betonstaal in de maatgevende doorsnede zo zijn, dat voldaan wordt aan de voorwaarde:

$$M_{u,hor} > M_{r,hor} \text{ of } M_{u,hor} > 1.5 * M_{d,hor}$$

waarbij:

$$M_{u,hor} = \text{het uiterst opneembare buigend moment volgens 6.9.5}$$

$$M_{r,hor} = \text{de rekenwaarde van het scheurmoment volgens 6.9.4}$$

$$M_{d,hor} = \text{de rekenwaarde van het optredende maximale moment.}$$

Het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,hor}$) is groter dan het moment waarbij scheurvorming optreedt ($M_{r,hor}$).

$$M_{u,hor} = 29747 \text{ Nm} > M_{r,hor} = 10390 \text{ Nm}$$

Kortom, de gescheurde betonddoorsnede zonder meenamen van de wapening is sterker dan de ongescheurde doorsnede zonder meenamen van de wapening. Dit betekent dat conform EN 1992-1-1, aan de minimum wapeningseis is voldaan. Bij de toetsing van de doorsnede behoeft derhalve "slechts" te worden voldaan aan de voorwaarde dat het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,hor}$) tenminste gelijk is aan het maximale buigend moment volgend uit de belastingen ($M_{u,hor} > 1.0 * M_{d,hor}$) (zie hoofdstukken van de diverse belastingcombinaties).

6.9.4.9 Profieleigenschappen van de fundatie

In dit deel worden alle profieleigenschappen van de fundatie weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en belastingcombinaties. Hierbij gaat het hoofdzakelijk om de kantelstabiliteit bij neerwaartse belasting (6.9.2), en de kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (6.9.3). De berekeningen zijn opgezet in gebruikstoestand, met dien verstande, dat de grondspanningen niet groter mogen worden dan de toelaatbare grondspanning.

6.9.4.91 Algemene eigenschappen:

a) Eigenschappen van de grond (zie ook TNO-rapport BI-87-02):

- Grondsoort : Klei NPR3860
- Volumiek gewicht grond : $\gamma_g = 15.0$ in kN/m^3
- Inwendige wrijvingshoek : $\phi_i = 20.0$ in graden
- Cohesie : $c_0 = 4000$ in N/m^2
- Toelaatbare spanning : $\sigma_{gr} = 0.070$ in N/mm^2
- Prim. samendrukkingsindex : $C_{ceff} = 0.750$
- Sec. samendrukkingsindex : $C_{infe} = 0.010$
- Volumiek gewicht verzadigd : $\gamma_{sat} = 15$ in kN/m^3
- Poriëngetal (NEN 6744) : $e_{porie} = 2.3$
- Bedding : $k = 20$ in MN/m^3 ($k=20000 \text{ kN/m}^3$)
- Neutrale gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{n-1} = 1 - \sin(20.0^\circ) = 0.66$
- Passieve gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{p-1} = [\tan(45^\circ + 0.5 \cdot 20.0^\circ)]^2 = 2.04$
- Actieve gronddrukcoëfficiënt : $\lambda_{a-1} = [\tan(45^\circ - 0.5 \cdot 20.0^\circ)]^2 = 0.49$

b) Eigenschappen van de randfundering:

- Eigen gewicht van de poer ($\gamma_g = 24000 \text{ N/m}^3$):
 - $G_{fund} = \pi/4 \cdot d^2 \cdot \gamma_g = 13685 \text{ N}$
- Liëniek gewicht van de randbalk ($\gamma_g = 24000 \text{ N/m}^3$):
 - $Q_{rand} = 0.400 \cdot 0.220 \cdot 24000 = 2112 \text{ N/m}$

Daar het rekenen met een ronde poer tamelijk gecompliceerd is, wordt gerekend met een poer met een vierkant grondvlak. Hierbij wordt er voor gezorgd dat het oppervlak van de vierkante poer gelijk is aan die van de ronde poer (dus ook de inhoud van de poer is hetzelfde):

$$B = (\pi/4 \cdot d_{poer}^2)^{1/2} = (\pi/4 \cdot d^2)^{1/2} = 974.8 \text{ mm}$$

Voor de eenvoud in de formules wordt overgegaan op verkorte symbolen:

- Hoogte van de poer $H = h_{poer} = h_{bp} = 600 \text{ mm}$
- Diepte van de poer $D = D_{poer} = (h_{rd} - f_h) = 400 - 300 = 100 \text{ mm}$

6.9.4.92 Kantelstabiliteit neerwaarts bezwijkmodel (NBM) (in gebruikstoestand):

Dit bezwijkmodel treedt uitsluitend op bij neerwaartse belasting op de poer. De poeren worden verondersteld te willen kantelen om het linkerbenedenpunt A, uitgaande van een horizontale kracht ter plaatse van de kolomverankering Fhk', werkend van links naar rechts. Dit kantelen wordt versterkt door de verticale neerwaartse belasting Fvp'. Ten gevolge van dit kantelen ontstaat bij het rechterkopvlak opstuwing van grond, dus overwegend passieve gronddruk en bij het linkerkopvlak een overwegend actieve gronddruk.

De kanteling van de poeren wordt tegengegaan door de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (Mwz; Fvz; Fhz), het verschil in gronddruk tegen het linker- (Fha; Mha), respectievelijk het rechterkopvlak (Fhp; Mhp) van de poer, de wrijving van de grond tegen het linker- (Fva) en rechterkopvlak (Fvp) en de gronddruk tegen de onderkant van de poer (Fvo; Mvo).

$$Mp_neerw = Mwz + Mhp - Mha + Fvp \cdot B + Mvo \quad (\text{linksom} = +)$$

$$Fv_neerw = Fvz + Fva + Fvp + Fvo \quad (\text{opwaarts} = +)$$

$$Fh_neerw = Fhz + Fhp - Fha \quad (\text{van rechts naar links} = +)$$

- a) Het berekenen van de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (Mwz, Fvz en Fhz) gaat als volgt.

Op een vlakje 0 op een afstand R van het draaipunt A werkt de neutrale gronddruk Sn. Bij draaiing van het vlakje om punt A ontstaat er een wrijvingskracht Fw, die loodrecht op de straal R is gericht en de draaiing tegenwerkt. Bij de berekening van de wrijvingskracht Fw wordt rekening gehouden met de afstand van vlakje 0 tot draaipunt A (R/Rmax). Met behulp van de cosinus en de sinus kan de verticale en de horizontale component bepaald worden. Vermenigvuldiging van Fw met de straal R geeft het tegenwerkend koppel Mw. Door nu het gehele oppervlak van beide zijwanden op deze manier af te tasten kunnen Mwz, Fvz en Fhz bepaald worden.

- Moment t.g.v. wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale hefboomsarm ten opzichte van het draaipunt A:

$$- R_{\max} = (B^2 + H^2)^{1/2} = (974.8^2 + 600^2)^{1/2} = 1145 \text{ mm}$$

Maximale schuifspanning ter hoogte van het draaipunt A:

$$\begin{aligned} - T_{nA} &= sg \cdot (D + H) \cdot \lambda_{n-1} \cdot \tan(\phi_i) + C_0 \\ &= 15 \text{ E-6} \cdot (100 + 600) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{ E-3} = 6.51 \text{ E-3 N/mm}^2 \end{aligned}$$

De totale momentcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de beide zijwanden van de poer kan door integratie bepaald worden. Uitschrijven resulteert in de volgende formule:

$$\begin{aligned}
 - M_{wz} &= \frac{2 \cdot H \cdot B}{R_{\max}} \cdot \left[T_n A \cdot \left(\frac{B^2}{3} + \frac{H^2}{3} \right) - s_g \cdot H \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) \cdot \left(\frac{B^2}{6} + \frac{H^2}{4} \right) \right] \\
 &= \frac{2 \cdot 600 \cdot 974.8}{1145} \cdot \left[6.51 \text{E-}3 \cdot \left(\frac{974.8^2}{3} + \frac{600^2}{3} \right) - 15 \text{E-}6 \cdot 600 \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) \cdot \left(\frac{974.8^2}{6} + \frac{600^2}{4} \right) \right] = 2361 \text{E}3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- De verticale kracht ten gevolge van de wrijving tegen de zijvlakken van de poer kan op een soortgelijke manier bepaald worden.

Maximale schuifspanning op halve hoogte van de poer (centrum C):

$$\begin{aligned}
 - T_{nC} &= s_g \cdot (D + H/2) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 15 \text{E-}6 \cdot (100 + 600/2) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{E-}3 = 5.44 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned}
 - F_{vz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_{nC} \cdot 0.5 \cdot B / R_{\max} \\
 &= 2 \cdot 600 \cdot 974.8 \cdot 5.44 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 974.8 / 1145 = 2708 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Horizontale kracht ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale schuifspanning op 1/3-hoogte vanaf de bovenkant van de poer:

$$\begin{aligned}
 - T_{nD} &= s_g \cdot (D + H/3) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 15 \text{E-}6 \cdot (100 + 600/3) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{E-}3 = 5.08 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned}
 - F_{hz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_{nD} \cdot 0.5 \cdot H / R_{\max} \\
 &= 2 \cdot 600 \cdot 974.8 \cdot 5.08 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 600 / 1145 = 1557 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- b) Het bepalen van de horizontale normaal- en de verticale schuifkrachten op het linker- en rechterkopvlak (F_{ha}, F_{va}, F_{hp} en F_{vp}) gaat als volgt.

Als de poer in de richting van de horizontale kracht op het punt staat te gaan draaien, dan wordt de grond aan de rechterzijde opgestuikt en aan de andere zijde losgelaten. Aan de zijde waar de grond wordt opgestuikt ontwikkelt de passieve gronddruk zich het best aan de bovenzijde van de poer, die het meest zijdelings verplaatst. Het niveau van de poer ter hoogte van het draaipunt verplaatst zijdelings niet, derhalve ontwikkelt zich aldaar de neutrale gronddruk. Tussen de passieve gronddruk aan de bovenzijde van de poer en de neutrale gronddruk aan de onderzijde van de poer wordt rechtlijnig geïnterpoleerd.

In formules:

- Rechts = passieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van passieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{hp} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/4) + \lambda_{p-p} * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 15 \text{ E-6} * 974.8 * 600^2 * [0.66 * (100 /2 + 600 /4) \\
 &\quad + 2.04 * (100 + 600 /4)] = 1126 \text{ E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{vp} &= B * H * [T_{nc} + sg * (\lambda_{p-p} - \lambda_{n-n}) * \tan(\phi_i) * (D/2 + H/6)] \\
 &= 974.8 * 600 * [5.44 \text{ E-3} + 15 \text{ E-6} * (2.04 - 0.66) * \tan(20^\circ) \\
 &\quad * (100 /2 + 600 /6)] = 3842 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{hp} &= sg * B * H * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/3) + \lambda_{p-p} * (D/2 + H/6)] \\
 &= 15 \text{ E-6} * 974.8 * 600 * [0.66 * (100 /2 + 600 /3) \\
 &\quad + 2.04 * (100 /2 + 600 /6)] = 4127 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Aan de tegenovergelegen linkerzijde ontwikkelt zich iets dergelijks, nl. aan de bovenzijde komt de poer het meest vrij van de grond (actieve gronddruk), terwijl ook hier de poer ter hoogte van het draaipunt niet zijdelings verplaatst (neutrale gronddruk).

In formules:

- Links = actieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van actieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{ha} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/4) + \lambda_{a-a} * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 15 \text{ E-6} * 974.8 * 600^2 * [0.66 * (100 /2 + 600 /4) \\
 &\quad + 0.49 * (100 + 600 /4)] = 446 \text{ E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{va} &= B * H * [T_{nc} + sg * (\lambda_{a-a} - \lambda_{n-n}) * \tan(\phi_i) * (D/2 + H/6)] \\
 &= 974.8 * 600 * [5.44 \text{ E-3} + 15 \text{ E-6} * (0.49 - 0.66) * \tan(20^\circ) \\
 &\quad * (100 /2 + 600 /6)] = 3100 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{ha} &= s_g * B * H * [\lambda_n * (D/2 + H/3) + \lambda_a * (D/2 + H/6)] \\
 &= 15E-6 * 974.8 * 600 * [0.66 * (100 /2 + 600 /3) \\
 &\quad + 0.49 * (100 /2 + 600 /6)] = 2088 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c) Het berekenen van de maximale toelaatbare gronddruk tegen de onderkant van de poer (F_{vo} ; M_{vo}) gaat als volgt.

Er wordt vanuit gegaan, dat de poer ten gevolge van de overheersende neerwaartse kracht zoveel "zakt", dat overal tegen de onderkant van de poer de maximale grondspanning optreedt.

- Verticale kracht ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

$$- F_{vo} = S_{gr} * B^2 = 0.070 * 974.8^2 = 66523 \text{ N}$$

- Moment (rechtsom) ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

$$- M_{vo} = 1/2 * S_{gr} * B^3 = 1/2 * 0.070 * (974.8)^3 = 32425E3 \text{ Nmm}$$

d) Met behulp van de afgeleide grootheden kan de kantelstabiliteit van de poeren bij een resulterende neerwaartse belasting worden afgeleid:

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned}
 - M_{p_neerw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + F_{vp} * B + M_{vo} \\
 &= 2361 + 1126 - 446 + 3842 * 0.9748 + 32425 = 39211 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie (opwaarts = +):

$$\begin{aligned}
 - F_{v_neerw} &= F_{vz} + F_{va} + F_{vp} + F_{vo} \\
 &= 2708 + 3100 + 3842 + 66523 = 76173 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned}
 - F_{h_neerw} &= F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \\
 &= 1557 + 4127 - 2088 = 3596 \text{ N}
 \end{aligned}$$

In principe is een veel grotere horizontale oplegreactie mogelijk, namelijk $F_{h_max} = S_{gr} * B * H$. In dat geval treden echter ontoelaatbare horizontale verplaatsingen ($> 5,0 \text{ mm}$) op.

6.9.4.93 Kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (in gebruikstoestand):

Op analoge wijze kan de kantelstabiliteit van de poeren worden berekend bij opwaarts bezwijken. Dit treedt altijd op bij een resulterende opwaartse belasting maar kan ook optreden bij een geringe neerwaartse belasting. De poeren worden alleen nu verondersteld te willen kantelen om het rechterbenedenpunt B. Ten gevolge van de opwaartse belasting vervalt de gronddruk tegen de onderkant van de poer.

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned} - M_{p_opw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + F_{va} \cdot B \\ &= 2361 + 1126 - 446 + 3100 \cdot 0.9748 = 6062 \quad \text{Nm} \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie (opwaarts = +):

$$\begin{aligned} - F_{v_opw} &= F_{vz} + F_{va} + F_{vp} \\ &= 2708 + 3100 + 3842 = 9650 \quad \text{N} \end{aligned}$$

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned} - F_{h_opw} &= F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \\ &= 1557 + 4127 - 2088 = 3596 \quad \text{N} \end{aligned}$$

6.9.4.10 Maximale neerwaartse draagkracht volgens NEN 6744:

Bij de berekening van de maximale neerwaartse draagkracht volgens NEN 6744 wordt uitgegaan van een gedraineerde toestand volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744.

a) Draagkrachtfactoren:

De draagkrachtfactoren volgens art. 5.2.3.3 van NEN 6744 zijn uitsluitend afhankelijk van de hoek van inwendige wrijving van de grond:

- Draagkrachtfactor voor de invloed van de gronddekking/diepte:

$$N_q = \exp[\pi \cdot \tan(\phi)] \cdot \tan(\pi/4 + \phi/2)^2 = 6.4$$

- Draagkrachtfactor voor de invloed van de cohesie:

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan(\phi)} = 14.8$$

- Draagkrachtfactor voor de invloed van het effectieve volumieke gewicht van de grond onder het funderingsoppervlak:

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\phi) = 3.9$$

b) Vormfactoren:

De vormfactoren volgens artikel 5.2.3.3 van NEN 6744 zijn afhankelijk van de voornoemde draagkrachtfactoren en van de vorm van het funderingsoppervlak. Voor een cirkelvormig of vierkant element geldt: $B_{eff} = L_{eff} = 1$

- Gronddekking/diepte: $s_q = 1 + 1.0 \cdot \sin(\phi) = 1.34$

- Invloed cohesie: $s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = 1.4$

- Eff. vol. gewicht: $s_{\gamma} = 1 - 0.3 \cdot 1.0 = 0.7$

c) Rekenwaarde van de (maximale) neerwaartse draagkracht (art. 5.2.3.3):

Voor de berekening in de gedraineerde toestand van de rekenwaarde van de maximale funderingsdruk loodrecht op het funderingsoppervlak gelden de volgende formules (art. 5.2.3.3 van NEN 6744):

- Cohesie: $S_{maxcd} = C_o * N_c * s_c = 0.083 \text{ N/mm}^2$
- Gronddekking: $S_{maxqd} = s_g * (D_{poer} + h_{poer}) * N_q * s_q = 0.090 \text{ N/mm}^2$
- Vol. gewicht: $S_{maxgd} = 0.5 * s_g * d_{poer} * N_{gamma} * s_{gamma} = 0.023 \text{ N/mm}^2$

Voor de totale maximale funderingsdruk geldt aldus:

$$S_{maxgrd} = S_{maxcd} + S_{maxqd} + S_{maxgd} = 0.196 \text{ N/mm}^2$$

Uitgaande van een volledig effectief funderingsoppervlak (dat wil o.a. zeggen: een centriscche neerwaartse belasting) geldt de volgende rekenwaarde van de draagkracht in gedraineerde toestand:

$$F_{maxgrd} = 0.25 * \pi * d_{poer}^2 * S_{maxgrd} = 186518 \text{ N}$$

Er wordt een extra veiligheidsfactor 1.5 in rekening gebracht onder andere voor niet-volledige effectiviteit van de poer (excentriciteiten) en een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond:

$$F_{maxgr} = \frac{F_{maxgrd}}{\gamma_{mag}} = \frac{186518}{1.5} = 124345 \text{ N}$$

d) Bepaling van de maatgevende neerwaartse draagkracht (zie ook 2.2):

$$F_{v_neerw} = \text{MIN}(F_{maxgr}, F_{v_neerw}) = \text{MIN}(124345, 76173) = 76173 \text{ N}$$

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 781
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

6.10 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

6.10.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (0.00 * 423) =	0 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
	----- +	
Totaal :	240 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 3.20 * 4.50/2 =	1728 N	
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 250 * 3.20 =	800 N	
	----- +	
	Totaal =	2528 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.00 * 423) =	423 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
	----- +	
Totaal :	663 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 663 * 3.20 * 4.50/2 =	4777 N	
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 250 * 3.20 =	800 N	
	----- +	
	Totaal =	5577 N

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, \text{kgk} = 0$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Schermdraden: Hoog (aantal scherminstallaties: 1)

Trekkracht per scherm wordt berekend door sommatie van de krachten van de mechaniekdraden na het omkeerwiel, de kunststof geleidedraad en de stalen geleidedraad:

$$[1] \text{ 1e scherm bovenrand} = 1.5 \times 3300 + 12 \times 150 + 2 \times 1000 = 8750 \text{ N}$$

De schermdraadkrachten worden als volgt verdeeld over de posities van de bovenrand en de onderrand van de tralieligger:

Positie	Kracht	Bovenrand	Onderrand
[1] 1e scherm bovenrand	= 8750 N	x 1.0	x 0.0

Trekkrachten van scherminstallaties per gevelkolom:

Positie	gebruiksoestand	rekentoestand
Positie bovenrand	$F_{br}' = 8750 \text{ N} \times 1.000$	$F_{br} = 8750 \text{ N}$
Positie onderrand	$F_{or}' = 0 \text{ N} \times 1.000$	$F_{or} = 0 \text{ N}$
Totaal trekkracht	$F_s' = 8750 \text{ N}$	$F_s = 8750 \text{ N}$

- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 - $F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 - $F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N} + 0 \text{ N} + 0 \text{ N} + 0 \text{ N} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, \text{kgk} = F_{br} = 8750 \text{ N}$ ("Hoog" scherm).
 - Aangrijpingspunt: $h_{br} = 3.100$ meter boven de voet

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- $M_{wl}, \text{kgk} = \gamma \cdot Q_{kgwl}' \cdot \text{kgcons} \cdot h_{ohkgk} = 1.00 \cdot 250 \cdot 0.400 \text{ m} \cdot 3.200 \text{ m} = 320 \text{ Nm}$
- Aangrijpingspunt: $h_{cons} = 2.720$ meter boven de voet

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 783
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.10.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 0 + 0 + 0 + 273 + 100 = 373 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 0 + 0 + 0 + 273 + 100 = 373 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 0 + 0 + 0 + 8750 - 373 = 8377 \quad N
 \end{aligned}$$

6.10.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	373	=	373 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	373 - 0	=	373 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	373 - 0	=	373 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	373 - 0	=	373 N
	Qbor = Qoor - For	=	373 - 0	=	373 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	373 - 0	=	373 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	373 - 8750	=	-8377 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-8377 - 0	=	-8377 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen ter plaatse van de bovenrand van de vakwerkligger op een afstand van 3.100 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	0	* 3.10/2 * (3.20-3.10)	=	0 Nm
- Leidingen + inhoud	: 320	Nm * (3.20-3.10) / 3.20	=	10 Nm
- Draden t.p.v. onderrand	: 0	* (3.20-2.65) * 3.10/3.20	=	0 Nm
- Scherm t.p.v. bovenrand	: 8750	* 3.10/3.20 * (3.20-3.10)	=	848 Nm
				----- +
Totaal: Mmax,gk =				858 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-5577|}{405455} + \frac{|858|}{12292} = 0.084$$

controle: 0.084 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-5577|}{1494.8} + \frac{|858|}{53.341} = 19.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 19.8 / 235.0 = 0.084$$

controle: 0.084 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + (0.88 - 0.2) * (|-5577| / (0.615 * 405455 / 1.0))) = 0.41$$

$$Ky.3 = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-5577| / (0.615 * 405455 / 1.0))) = 0.41$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.41, 0.41) = 0.41$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.24$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) = |-5577| / (0.615 * 405455 / 1.0) + 0.41 * |857.7| / (1.00 * 12292.2 / 1.0) = 0.022 + 0.028 = 0.051$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) = |-5577| / (0.615 * 405455 / 1.0) + 0.24 * |857.7| / (1.00 * 12292.2 / 1.0) = 0.022 + 0.017 = 0.039$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.051, 0.039) = 0.051$$

controle: 0.051 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelgootkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 3200^4}{1.24 \cdot 2.1E5 \cdot 226.6E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \quad \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.24; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{- Leidingen: } \frac{320000}{16 \cdot 2.1E5 \cdot 227E4} \cdot (3200^2 - 4 \cdot (2720 - 3200)^2) = 0.43 \text{ mm} \\
 & \text{- Draden t.p.v. onderrand: } \frac{0 \cdot 550}{48 \cdot 2.1E5 \cdot 227E4} \cdot (3 \cdot 3200^2 - 4 \cdot 550^2) = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{- Scherm t.p.v. bovenrand: } \frac{6000 \cdot 100}{48 \cdot 2.1E5 \cdot 227E4} \cdot (3 \cdot 3200^2 - 4 \cdot 100^2) = 0.81 \text{ mm} \\
 & \quad \text{Totaal: } u1-gk = 1.24 \text{ mm} \\
 & \quad \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1-gk' = 1.24 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u2-gk' = \frac{nygk'}{nygk'-1} \cdot u1-gk' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } -nygk' = 458624 \quad / \quad |-2528| = 181.4 \\
 & \quad \quad \quad -nygk'/nygk'-1 = 1.01
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$\text{- } u2-gk' = 1.01 \cdot 1.24 = 1.24 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } utoel-gk = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & \text{- } 3200/150 = 21.33 \text{ mm, dus: } utoel-gk = 21.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$\text{- controle: } 1.2 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Venlo-warenhuizen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Q_{max} = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot):

$$Q_{max} = (q_{dek} + q_{sneeuw}) \cdot h_{ohkgk} + Q_{goot} = (140 + 0) \cdot 3.20 + 70 = 518 \text{ N/m}$$

- dt, v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot
 $v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / (650 - 100 \cdot 4) = 18.00 \text{ mm}$, dus: $dt, v = 18.00 \text{ mm}$

- dt, ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:
 $ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / 150 = 30.00 \text{ mm}$, dus: $dt, ve = 30.00 \text{ mm}$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{18.00} = 36.9 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4500 / 4500 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 315.0 \text{ E9} / 36.9 \text{ E9} = 8.54$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{315.0 \text{ E9}} = 3.51 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 8.54 - 2W3 \cdot 8.54 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 8.54 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.44$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*8.54/1.00}{(4 + 2W3*8.54/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*8.54/1.00^2}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 0.94 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*8.54/1.00}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 1.03
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{1g} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{1g} > C1$; $30.00 / 3.51 = 8.54 > 1.44$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.1 : a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

6.10.4 Controle van de kopgevelgordingen:

- Normalkracht tgv scheefstand:	$N_{sg}' = 104$	N,	$N_{sg} = 104$	N
- Normalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	$T_{gd}' = 0$	N,	$T_{gd} = 0$	N
Normalkracht in de draadboog:	$T_{db}' = 0$	N,	$T_{db} = 0$	N
Normalkracht in de gording:	$N_{db}' = 0$	N,	$N_{db} = 0$	N
- Normalkracht tgv regenleiding:	$N_{rg}' = 0$	N,	$N_{rg} = 0$	N
- Normalkracht tgv belichting aan draad:	$N_{li}' = 0$	N,	$N_{li} = 0$	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 104 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{119602} + \frac{0}{2865} + \frac{0}{525} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{434.9} + \frac{0}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 56.148$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 21328 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.3665 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 0.8056$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6079$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6586 \quad \chi_{iy} = 0.4679$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25)) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.40 - 0.25)) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25)) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25)) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.40$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 1.1}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 1.1}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 789
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 104 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{119602} + \frac{0}{2865} + \frac{0}{525} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{434.9} + \frac{0}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 640 mm
 correctiefactor C = 56.148
 kipmoment Mcr = 21328 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3665 lambdarel.z = 0.8056
 factor phiLT = 0.6079
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6586 Chiy = 0.4679

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.468 * 119602 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.659 * 119602 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 791
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.10.5 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk}/2 * \tan(30^\circ) = 3.20/2 * \tan(30^\circ) = 0.92 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.20 * 0.92/2 = 1.5 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * \text{ph} + \text{kapoppervlak} = 3.20 * 3.20 + 1.5 = 11.7 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdk} = 3200 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 11.7 / 3.200 + 2112 = 2588 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

$$\begin{aligned} \text{- Maatgevend moment: } M_{yrdk} &= 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdk}^2 \\ &= 1/8 * 1.00 * 2588 * 3.200^2 = 3313 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- controle : $62430 \text{ Nm} > 1.0 * 3313 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 373 \quad N$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{373 * 400}{(220 - 2*(55 + 10)) * 2} = 830 \quad N \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 373 / (2 * 2) = 93 \quad N$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \quad mm^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(830^2 + 2 * 93^2)^{1/2}}{113} = 7.4 \quad N/mm^2$$

- controle : 7.4 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3200 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3200 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = 5577	N (2528	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2588	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 17	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 373	N (373	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 373	N	

6.10.6 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	2528 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 375)	: Fegk' =	375 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 13685)	: Gfund =	13685 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.200 * 2588)	: Grand =	8282 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	24870 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 373 * (0.300 + 0.100 + 0.600)	= 373 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 24870 * 0.5 * 0.975	= 12122 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 12496 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -11749 Nm
---	----------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 12496 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -11749 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 24870 N | < 76173 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 373 N < 3596 N, dus: voldoet.

$dSvd(z) = dSvd0 * \left[1 - \frac{1}{0.5 * dpoer \left(\frac{z}{1.5} \right)} \right]$	Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z
---	--

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.465$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.465} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.061 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 * 365}{1}\right) = 0.010 * 0.465 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.061 + 0.017 = 0.079$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.079 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1100*600 mm voldoen bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 797
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAGACAAcAEQAWAPCA

6.11 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

6.11.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.00 * 0)	= 0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100)	= 100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	240 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 3.20 * 4.50/2	=	1728 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 250 * 3.20	=	800 N
----- +		
Totaal =		2528 N
- Windbelasting = 3.20 * 4.50/2 * (-0.20 - (-0.2)) * (1.00 * 533)	=	0 N
----- +		
Fvk' =		2528 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.02 * 140)=	143 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.28 * 0)	= 0 N/m ²	
- Installaties (1.02 * 100)	= 102 N/m ²	
----- +		
Totaal :	245 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 245 * 3.20 * 4.50/2	=	1765 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.02 * 250 * 3.20	=	817 N
----- +		
Totaal =		2582 N
- Windbelasting = 3.20 * 4.50/2 * (-0.20 - (-0.2)) * (1.28 * 533)	=	0 N
----- +		
Fvk =		2582 N

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Windstuwdruk + onderdruk:
 Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.10
 - Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:

$$Q_w, \text{kgk} = \text{oplegfactor} * \text{hohkgk} * (0.7 - (-0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}$$

$$= 1.10 * 3.200 \text{ m} * (0.7 - (-0.2)) * 1.28 * 533 = 2151.0 \text{ N/m}$$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de kopgevels.
 $F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Schermdraden: Hoog (aantal scherminstallaties: 1)

Trekkkracht per scherm wordt berekend door sommatie van de krachten van de mechaniekdraden na het omkeerwiel, de kunststof geleidedraad en de stalen geleidedraad:

$$[1] \text{ 1e scherm bovenrand} = 1.5 \times 3300 + 12 \times 150 + 2 \times 1000 = 8750 \text{ N}$$

De schermdraadkrachten worden als volgt verdeeld over de posities van de bovenrand en de onderrand van de tralieligger:

Positie	Kracht	Bovenrand	Onderrand

[1] 1e scherm bovenrand	= 8750 N	x 1.0	x 0.0

Trekkkrachten van scherminstallaties per gevelkolom:

Positie	gebruiksoestand	rekentoestand

Positie bovenrand	$F_{br}' = 8750 \text{ N} \times 1.021$	$F_{br} = 8936 \text{ N}$
Positie onderrand	$F_{or}' = 0 \text{ N} \times 1.021$	$F_{or} = 0 \text{ N}$

Totaal trekkkracht	$F_s' = 8750 \text{ N}$	$F_s = 8936 \text{ N}$

- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 $F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 $F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:

$$F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} =$$

$$= 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} = 0 \quad \text{N}$$
- Totale belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 $F_{br}, \text{kgk} = F_{br} = 8936 \text{ N}$ ("Hoog" scherm).
 - Aangrijpingspunt: hbr = 3.100 meter boven de voet

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 799
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- $M_{wl, kgk} = \gamma * Q_{kgwl} * \gamma_{kgcons} * h_{ohkgk} =$
 $= 1.02 * 250 * 0.400 \text{ m} * 3.200 \text{ m} = 327 \text{ Nm}$
- Aangrijpingspunt: $h_{cons} = 2.720$ meter boven de voet

6.11.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

	$\frac{1}{2}$	$\frac{h-hgd}{h}$	$\frac{h-hor}{h}$	$\frac{h-hbr}{h}$	$\frac{M_{wl}}{h}$	
- fundering: $R_f = -Q_w * h + \frac{1}{2} * Q_w * h + \frac{h-hgd}{h} * F_{gd} + \frac{h-hor}{h} * F_{or} + \frac{h-hbr}{h} * F_{br} + \frac{M_{wl}}{h}$						
	= 3442	+ 0	+ 0	+ 279	+ 102	= 3823 N
analoog in gebruikstoestand:						
$R_f' = 2699 + 0 + 0 + 273 + 100 = 3073$						N
- goot: $R_g = Q_w * h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f$						
	= 6883	+ 0	+ 0	+ 8936	- 3823	= 11996 N

6.11.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	3823	=	3823 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	3823 - 6883	=	-3060 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-3060 - 0	=	-3060 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-3060 - -1183	=	-1877 N
	Qbor = Qoor - For	=	-1877 - 0	=	-1877 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-1877 - 968	=	-2845 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-2845 - 8936	=	-11781 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-11781 - 215	=	-11996 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 1.777 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	2151 * 1.78/2 * (3.20-1.78)	=	2719 Nm
- Leidingen	:	=	0 Nm
(verwaarloosd vanwege gunstig effect op buiging in de kolom)			
- Draden t.p.v. onderrand :	0 * 2.65/3.20 * (3.20-1.78)	=	0 Nm
- Scherm t.p.v. bovenrand :	8936 * (3.20-3.10) * 1.78/3.20	=	496 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,gk	=	3216 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-2582|}{405455} + \frac{|3216|}{12292} = 0.268$$

controle: 0.268 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-2582|}{1494.8} + \frac{|3216|}{53.341} = 62.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 62.0 / 235.0 = 0.264$$

controle: 0.264 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,dare,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (0.88 - 0.2) * (|-2582| / (0.615 * 405455 / 1.0))) = 0.40 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-2582| / (0.615 * 405455 / 1.0))) = 0.40 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-2582| / (0.615 * 405455 / 1.0) + 0.40 * |3215.7| / (1.00 * 12292.2 / 1.0) \\ &= 0.010 + 0.105 = 0.116 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-2582| / (0.615 * 405455 / 1.0) + 0.24 * |3215.7| / (1.00 * 12292.2 / 1.0) \\ &= 0.010 + 0.063 = 0.074 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.116, 0.074) = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelgootkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{2.151 \cdot 3200^4}{1.24 \cdot 2.1E5 \cdot 226.6E4} = 5.00 \text{ mm} \\
 & \quad \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.24; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{- Leidingen: } \frac{0 \cdot 550^4}{6128 \cdot 100} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \quad \text{(verwaarloosd vanwege gunstig effect op buiging in de kolom)} \\
 & \text{- Draden t.p.v. onderrand: } \frac{48 \cdot 2.1E5 \cdot 227E4}{6128 \cdot 100} \cdot (3 \cdot 3200^2 - 4 \cdot 550^2) = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{- Scherm t.p.v. bovenrand: } \frac{48 \cdot 2.1E5 \cdot 227E4}{6128 \cdot 100} \cdot (3 \cdot 3200^2 - 4 \cdot 100^2) = 0.82 \text{ mm} \\
 & \quad \text{Totaal: } u1\text{-gk} = 5.82 \text{ mm} \\
 & \quad \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-gk}' = 4.72 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u2\text{-gk}' = \frac{nygk'}{nygk'-1} \cdot u1\text{-gk}' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } - \frac{nygk'}{nygk'-1} = 458624 / |-2528| = 181.4 \\
 & \quad \text{- } nygk'/nygk'-1 = 1.01
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$\text{- } u2\text{-gk}' = 1.01 \cdot 4.72 = 4.75 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u_{toel}\text{-gk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & \text{- } 3200/150 = 21.33 \text{ mm, dus: } u_{toel}\text{-gk} = 21.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$\text{- controle: } 4.8 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Venlo-warenhuizen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Q_{max} = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot):

$$Q_{max} = (q_{dek} + q_{sneeuw}) \cdot h_{ohkgk} + Q_{goot} = (140 + 0) \cdot 3.20 + 70 = 518 \text{ N/m}$$

- dt, v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot
 $v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / (650 - 100 \cdot 4) = 18.00 \text{ mm}$, dus: $dt, v = 18.00 \text{ mm}$

- dt, ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:
 $ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / 150 = 30.00 \text{ mm}$, dus: $dt, ve = 30.00 \text{ mm}$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{18.00} = 36.9 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4500 / 4500 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 315.0 \text{ E9} / 36.9 \text{ E9} = 8.54$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{315.0 \text{ E9}} = 3.51 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 8.54 - 2W3 \cdot 8.54 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 8.54 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.44$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*8.54/1.00}{(4 + 2W3*8.54/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*8.54/1.00^2}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 0.94 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*8.54/1.00}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 1.03
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{lg} > C1$; $30.00 / 3.51 = 8.54 > 1.44$

geldt: $EI_{yg} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

6.11.4 Controle van de kopgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

- $Q_w, \text{kgg} = \text{kgghohmax} * (0.7 - (-0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}(\text{ongereducerd})$
 $= 1.925 \text{ m} * (0.7 - (-0.2)) * 1.28 * 533 = 1176 \text{ N/m}$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	$N_{sg}' = 104$	N,	$N_{sg} = 106$	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	$T_{gd}' = 0$	N,	$T_{gd} = 0$	N
Normaalkracht in de draadboog:	$T_{db}' = 0$	N,	$T_{db} = 0$	N
Normaalkracht in de gording:	$N_{db}' = 0$	N,	$N_{db} = 0$	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	$N_{rg}' = 0$	N,	$N_{rg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	$N_{li}' = 0$	N,	$N_{li} = 0$	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 106 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{119602} + \frac{795}{2865} + \frac{0}{525} = 0.278$$

controle: 0.278 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{434.9} + \frac{795}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 76.3 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 76.3 / 275.0 = 0.278$$

controle: 0.278 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8386 \quad C_2 = -0.032$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 55.683$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 21151 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,darel.LT} = 0.3680 \quad \lambda_{b,darel.z} = 0.8056$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6089$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6586 \quad \chi_{iy} = 0.4679$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 795.20$, $M_2 = 795.20$, $M_s = -397.60$, $M_{kip} = -99.40$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,darel.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)) = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)) = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,darel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,darel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.55$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(|795.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.111 + 0.000 = 0.111$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(|795.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.278 + 0.000 = 0.278$$

controle: 0.278 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 805
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.86 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.86 / 21.33 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.34E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.86 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.86 / 21.33 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 106 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{119602} + \frac{596}{2865} + \frac{0}{525} = 0.208$$

controle: 0.208 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{434.9} + \frac{596}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 57.2 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 57.2 / 275.0 = 0.208$$

controle: 0.208 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8386 \quad C2 = -0.032 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 55.683 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 21151 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \text{lambda}rel.LT = 0.3680 \quad \text{lambda}rel.z = 0.8056 \\ \text{factor} \quad \text{phi}LT = 0.6089 \\ \text{correctiefactor} \quad \text{Chi}LT = 1.0000 \quad \text{Chiz} = 0.6586 \quad \text{Chiy} = 0.4679$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 596.24$, $M2 = 596.24$, $Ms = -298.12$, $Mkip = -74.53$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \text{lambda}rel.y * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \text{Min}(Kyy.2, Kyy.3) = \text{Min}(0.40, 0.40) = 0.40 \\ Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \text{lambda}rel.z / (\text{CmLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (\text{CmLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambda}rel.z < 0.4, \text{Min}(0.6 + \text{lambda}rel.z, Kzz.2), \text{Max}(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = |Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0) + Kyy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0) + Kyz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.468 * 119602 / 1.0) + 0.40 * (|596.2| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2864.6 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 1.1|) / (525.0 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.083 + 0.000 = 0.083 \\ UCstab.2 = |Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0) + Kzy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0) + Kzz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.659 * 119602 / 1.0) + 1.00 * (|596.2| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2864.6 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 1.1|) / (525.0 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.208 + 0.000 = 0.208$$

controle: 0.208 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 807
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAAcAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.39 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.39 / 21.33 = 0.07$$

controle: $0.07 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.34E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.39 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.39 / 21.33 = 0.07$$

controle: $0.07 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.11.5 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk}/2 * \tan(30^\circ) = 3.20/2 * \tan(30^\circ) = 0.92 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.20 * 0.92/2 = 1.5 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * \text{ph} + \text{kapoppervlak} = 3.20 * 3.20 + 1.5 = 11.7 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdek} = 3200 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 11.7 / 3.200 + 2112 = 2588 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilatatie en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

$$\begin{aligned} \text{- Maatgevend moment: } M_{yrdk} &= 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdek}^2 \\ &= 1/8 * 1.02 * 2588 * 3.200^2 = 3383 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- controle : $62430 \text{ Nm} > 1.0 * 3383 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 3823 \text{ N}$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{3823 * 400}{(220 - 2*(55 + 10)) * 2} = 8495 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 3823 / (2 * 2) = 956 \text{ N}$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(8495^2 + 2 * 956^2)^{1/2}}{113} = 75.4 \text{ N/mm}^2$$

- controle : 75.4 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3200 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3200 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = 2582	N (2528	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2588	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 2015	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 3823	N (3073	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 3823	N	

6.11.6 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	2528 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 375)	: Fegk' =	375 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 13685)	: Gfund =	13685 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.200 * 2588)	: Grand =	8282 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	24870 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 3073 * (0.300 + 0.100 + 0.600)	= 3073 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 24870 * 0.5 * 0.975	= 12122 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 15195 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -9050 Nm
---	---------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 15195 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -9050 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 24870 N | < 76173 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 3073 N < 3596 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140) = 140 N/m²
 - Gewasbelasting (0.20 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 3.20 * 4.50/2 = 1728 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 250 * 3.20 = 1125 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 2853 N

 - Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 2853 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 13685 N
 - Eigen gewicht randfundering = 3.200 * 2588 : Grand = 8282 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 24820 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{24820}{\pi/4 * 1100^2} = 0.026 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (100 + 600) = 0.011 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.026 - 0.011 = 0.016 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$

waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{0.5 * \text{dpoer} + 1.5} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.465$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.465} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.061 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 * 365}{1}\right) = 0.010 * 0.465 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.061 + 0.017 = 0.079$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.079 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1100*600 mm voldoen bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

6.12 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

6.12.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek ($1.00 * 140$) = 140 N/m^2
- Sneeuwbelasting ($1.00 * 423$) = 423 N/m^2
- Gewasbel.(winter)($1.00 * 0$) = 0 N/m^2
- Installaties ($1.00 * 100$) = 100 N/m^2

----- +
 Totaal : 663 N/m^2

- Neerwaartse belasting per kolom = $663 * 3.20 * 4.50/2 = 4777 \text{ N}$
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = $1.00 * 250 * 3.20 = 800 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 5577 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek ($1.02 * 140$) = 143 N/m^2
- Sneeuwbelasting ($1.28 * 423$) = 540 N/m^2
- Gewasbel.(winter)($1.28 * 0$) = 0 N/m^2
- Installaties ($1.02 * 100$) = 102 N/m^2

----- +
 Totaal : 785 N/m^2

- Neerwaartse belasting per kolom = $785 * 3.20 * 4.50/2 = 5652 \text{ N}$
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = $1.02 * 250 * 3.20 = 817 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 6469 N

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, \text{kgk} = 0$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de kopgevels.
 - $F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Schermdraden: Hoog (aantal scherminstallaties: 1)

Trekkracht per scherm wordt berekend door sommatie van de krachten van de mechaniekdraden na het omkeerwiel, de kunststof geleidedraad en de stalen geleidedraad:

$$[1] \text{ 1e scherm bovenrand} = 1.5 \times 3300 + 12 \times 150 + 2 \times 1000 = 8750 \text{ N}$$

De schermdraadkrachten worden als volgt verdeeld over de posities van de bovenrand en de onderrand van de tralieligger:

Positie	Kracht	Bovenrand	Onderrand
[1] 1e scherm bovenrand	= 8750 N	x 1.0	x 0.0

Trekkrachten van scherminstallaties per gevelkolom:

Positie	gebruiksoestand	rekentoestand
Positie bovenrand	$F_{br}' = 8750 \text{ N} \times 1.021$	$F_{br} = 8936 \text{ N}$
Positie onderrand	$F_{or}' = 0 \text{ N} \times 1.021$	$F_{or} = 0 \text{ N}$
Totaal trekkracht	$F_s' = 8750 \text{ N}$	$F_s = 8936 \text{ N}$

- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 - $F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 - $F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N} + 0 \text{ N} + 0 \text{ N} + 0 \text{ N} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, \text{kgk} = F_{br} = 8936 \text{ N}$ ("Hoog" scherm).
 - Aangrijpingspunt: $h_{br} = 3.100 \text{ meter}$ boven de voet

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- $M_{wl}, \text{kgk} = \gamma \cdot Q_{kgwl}' \cdot \text{kgcons} \cdot h_{ohkgk} = 1.02 \cdot 250 \cdot 0.400 \text{ m} \cdot 3.200 \text{ m} = 327 \text{ Nm}$
- Aangrijpingspunt: $h_{cons} = 2.720 \text{ meter}$ boven de voet

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 815
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

6.12.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 0 + 0 + 0 + 279 + 102 = 381 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 0 + 0 + 0 + 273 + 100 = 373 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 0 + 0 + 0 + 8936 - 381 = 8555 \quad N
 \end{aligned}$$

6.12.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	381	=	381 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	381 - 0	=	381 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	381 - 0	=	381 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	381 - 0	=	381 N
	Qbor = Qoor - For	=	381 - 0	=	381 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	381 - 0	=	381 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	381 - 8936	=	-8555 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-8555 - 0	=	-8555 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen ter plaatse van de bovenrand van de vakwerkligger op een afstand van 3.100 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	0	* 3.10/2 * (3.20-3.10)	=	0 Nm
- Leidingen + inhoud	: 327	Nm * (3.20-3.10) / 3.20	=	10 Nm
- Draden t.p.v. onderrand	: 0	* (3.20-2.65) * 3.10/3.20	=	0 Nm
- Scherm t.p.v. bovenrand	: 8936	* 3.10/3.20 * (3.20-3.10)	=	866 Nm
				----- +
Totaal: Mmax,gk =				876 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-6469|}{405455} + \frac{|876|}{12292} = 0.087$$

controle: 0.087 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-6469|}{1494.8} + \frac{|876|}{53.341} = 20.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 20.7 / 235.0 = 0.088$$

controle: 0.088 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{darely} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + (0.88 - 0.2) * (|-6469| / (0.615 * 405455 / 1.0))) = 0.41$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-6469| / (0.615 * 405455 / 1.0))) = 0.41$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.41, 0.41) = 0.41$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.24$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) = |-6469| / (0.615 * 405455 / 1.0) + 0.41 * |875.9| / (1.00 * 12292.2 / 1.0) = 0.026 + 0.029 = 0.055$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) = |-6469| / (0.615 * 405455 / 1.0) + 0.24 * |875.9| / (1.00 * 12292.2 / 1.0) = 0.026 + 0.017 = 0.043$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.055, 0.043) = 0.055$$

controle: 0.055 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelgootkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 3200^4}{1.24 \cdot 2.1E5 \cdot 226.6E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \quad \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.24; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{- Leidingen: } \frac{326808}{16 \cdot 2.1E5 \cdot 227E4} \cdot (3200^2 - 4 \cdot (2720 - 3200)^2) = 0.44 \text{ mm} \\
 & \text{- Draden t.p.v. onderrand: } \frac{0 \cdot 550}{48 \cdot 2.1E5 \cdot 227E4} \cdot (3 \cdot 3200^2 - 4 \cdot 550^2) = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{- Scherm t.p.v. bovenrand: } \frac{6128 \cdot 100}{48 \cdot 2.1E5 \cdot 227E4} \cdot (3 \cdot 3200^2 - 4 \cdot 100^2) = 0.82 \text{ mm} \\
 & \quad \text{Totaal: } u1\text{-gk} = 1.26 \text{ mm} \\
 & \quad \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-gk}' = 1.24 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u2\text{-gk}' = \frac{nygk'}{nygk'-1} \cdot u1\text{-gk}' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } - \frac{nygk'}{nygk'-1} = \frac{458624}{|-5577|} = 82.23 \\
 & \quad - \frac{nygk'}{nygk'-1} = 1.01
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$\text{- } u2\text{-gk}' = 1.01 \cdot 1.24 = 1.25 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u_{toel}\text{-gk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & \text{- } 3200/150 = 21.33 \text{ mm, dus: } u_{toel}\text{-gk} = 21.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$\text{- controle: } 1.3 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Venlo-warenhuizen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Q_{max} = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot):

$$Q_{max} = (q_{dek} + q_{sneeuw}) \cdot h_{ohkgk} + Q_{goot} = (140 + 423) \cdot 3.20 + 70 = 1873 \text{ N/m}$$

- dt, v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot
 $v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / (650 - 100 \cdot 4) = 18.00 \text{ mm}$, dus: $dt, v = 18.00 \text{ mm}$

- dt, ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:
 $ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / 150 = 30.00 \text{ mm}$, dus: $dt, ve = 30.00 \text{ mm}$

$$EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{1873E-3 \cdot 4500^4}{18.00} = 133.4E9 \text{ Nmm}^2$$

$$r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4500 / 4500 = 1.00$$

$$z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 315.0 \text{ E9} / 133.4 \text{ E9} = 2.36$$

$$de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{1873E-3 \cdot 4500^4}{315.0 \text{ E9}} = 12.70 \text{ mm}$$

$$C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 2.36 - 2W3 \cdot 2.36 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 2.36 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.34$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*2.36/1.00}{(4 + 2W3*2.36/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*2.36/1.00^2}{3 + 2W3*2.36/1.00} = 0.84 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*2.36/1.00}{3 + 2W3*2.36/1.00} = 1.09
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{1g} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{1g} > C1$; $30.00 / 12.70 = 2.36 > 1.34$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.3 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

6.12.4 Controle van de kopgevelgordingen:

- Normaalkracht tgv scheefstand:	$N_{sg}' = 104$	N,	$N_{sg} = 106$	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkracht op de gevel per draad:	$T_{gd}' = 0$	N,	$T_{gd} = 0$	N
Normaalkracht in de draadboog:	$T_{db}' = 0$	N,	$T_{db} = 0$	N
Normaalkracht in de gording:	$N_{db}' = 0$	N,	$N_{db} = 0$	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	$N_{rg}' = 0$	N,	$N_{rg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	$N_{li}' = 0$	N,	$N_{li} = 0$	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 106 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{119602} + \frac{0}{2865} + \frac{0}{525} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{434.9} + \frac{0}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 56.148$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 21328 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.3665 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 0.8056$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6079$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6586 \quad \chi_{iy} = 0.4679$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)) = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)) = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.40$$

$$UC_{stab.1} = |N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{yy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{yz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.468 * 119602 / 1.0)$$

$$+ 0.40 * (|0.0| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2864.6 / 1.0) + 0.40 * (|0.0| + |0.000 * 1.1|) / (525.0 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab.2} = |N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{zy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{zz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.659 * 119602 / 1.0)$$

$$+ 1.00 * (|0.0| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2864.6 / 1.0) + 0.40 * (|0.0| + |0.000 * 1.1|) / (525.0 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 821
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 106 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{119602} + \frac{0}{2865} + \frac{0}{525} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{434.9} + \frac{0}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 640 mm
 correctiefactor C = 56.148
 kipmoment Mcr = 21328 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3665 lambdarel.z = 0.8056
 factor phiLT = 0.6079
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6586 Chiy = 0.4679

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.468 * 119602 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.659 * 119602 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 823
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.12.5 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk}/2 * \tan(30^\circ) = 3.20/2 * \tan(30^\circ) = 0.92 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.20 * 0.92/2 = 1.5 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * \text{ph} + \text{kapoppervlak} = 3.20 * 3.20 + 1.5 = 11.7 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdk} = 3200 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 11.7 / 3.200 + 2112 = 2588 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

$$\begin{aligned} \text{- Maatgevend moment: } M_{yrdk} &= 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdk}^2 \\ &= 1/8 * 1.02 * 2588 * 3.200^2 = 3383 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- controle : $62430 \text{ Nm} > 1.0 * 3383 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 381 \quad N$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{381 * 400}{(220 - 2*(55 + 10)) * 2} = 848 \quad N \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 381 / (2 * 2) = 95 \quad N$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \quad \text{mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(848^2 + 2 * 95^2)^{1/2}}{113} = 7.5 \quad N/\text{mm}^2$$

- controle : 7.5 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3200 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3200 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = 6469	N (5577	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2588	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 20	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 381	N (373	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 381	N	

6.12.6 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	5577 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 375)	: Fegk' =	375 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 13685)	: Gfund =	13685 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.200 * 2588)	: Grand =	8282 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	27919 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 373 * (0.300 + 0.100 + 0.600)	= 373 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 27919 * 0.5 * 0.975	= 13608 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 13982 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -13235 Nm
---	----------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 13982 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -13235 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 27919 N | < 76173 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 373 N < 3596 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140) = 140 N/m²
 - Gewasbelasting (0.20 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 3.20 * 4.50/2 = 1728 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 250 * 3.20 = 1125 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 2853 N

 - Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 2853 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 13685 N
 - Eigen gewicht randfundering = 3.200 * 2588 : Grand = 8282 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 24820 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{24820}{\pi/4 * 1100^2} = 0.026 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (100 + 600) = 0.011 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.026 - 0.011 = 0.016 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$

waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.465$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.465} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.061 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 * 365}{1}\right) = 0.010 * 0.465 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.061 + 0.017 = 0.079$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.079 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1100*600 mm voldoen bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 829
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.13 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

6.13.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 3.20 * 4.50/2	=	1008 N	
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 250 * 3.20	=	0 N	
		----- +	
	Totaal =	1008 N	
- Windbelasting = 3.20 * 4.50/2 * (-0.20 - (+0.2)) * (1.00 * 533)	=	-1534 N	
		----- +	
	Fvk' =	-526 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 3.20 * 4.50/2	=	1008 N	
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 250 * 3.20	=	0 N	
		----- +	
	Totaal =	1008 N	
- Windbelasting = 3.20 * 4.50/2 * (-0.20 - (+0.2)) * (1.28 * 533)	=	-1955 N	
		----- +	
	Fvk =	-947 N	

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Windstuwdruk + onderdruk:
 Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.10
 - Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:

$$Q_w, kgk = \text{oplegfactor} * \text{hohkgk} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{wind}$$

$$= 1.10 * 3.200 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.28 * 533 = 1195.0 \text{ N/m}$$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.

$$F_{gd}, kgk = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met schermraden aan de kopgevels.

$$F_{sd}, kgk = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.

$$F_{rl}, kgk = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.

$$F_{ab}, kgk = 0 \text{ N}$$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:

$$F_{or}, kgk = F_{or} + F_{hv}, kgk + F_{rl}, kgk + F_{ab}, kgk =$$

$$= 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N = 0 \quad \quad \quad N$$
- Totale belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:

$$F_{br}, kgk = F_{br} = 0 \quad \quad \quad N \text{ ("Hoog" scherm).}$$
- Aangrijpingspunt: hbr = 3.100 meter boven de voet

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- $M_{wl}, kgk = \gamma * Q_{kgwl} * kgcons * \text{hohkgk} =$

$$= 1.00 * 250 * 0.400 \text{ m} * 3.200 \text{ m} = 320 \text{ Nm}$$
- Aangrijpingspunt: hcons = 2.720 meter boven de voet

6.13.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 1912 + 0 + 0 + 0 + 100 = 2012 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 1500 + 0 + 0 + 0 + 100 = 1600 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 3824 + 0 + 0 + 0 - 2012 = 1812 \quad N
 \end{aligned}$$

6.13.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf	= Rf	=	2012	=	2012 N
- gewasdraden:	Qogd	= Qf	- Qw*hgd	=	2012 - 3824	= -1812 N
	Qbgd	= Qogd	- Fgd	=	-1812 - 0	= -1812 N
- onderrand	: Qoor	= Qbgd	- Qw*(hor-hgd)	=	-1812 - -657	= -1155 N
	Qbor	= Qoor	- For	=	-1155 - 0	= -1155 N
- bovenrand	: Qobr	= Qbor	- Qw*(hbr-hor)	=	-1155 - 538	= -1692 N
	Qbbr	= Qobr	- Fbr	=	-1692 - 0	= -1692 N
- goot	: Qg	= Qbbr	- Qw*(h-hbr)	=	-1692 - 119	= -1812 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 1.684 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 &\text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 1195 * 1.68/2 * (3.20-1.68) = 1525 \text{ Nm} \\
 &\text{-----} + \\
 &\text{Totaal: } M_{\max, gk} = 1525 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\begin{aligned}
 \text{UCsterkte} &= \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{947}{405455} + \frac{1525}{12292} = 0.126
 \end{aligned}$$

controle: $0.126 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\begin{aligned}
 \text{Sigma: } &\frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{947}{1494.8} + \frac{1525}{53.341} = 29.2 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{UCspanning} = \text{Sigma}/f_y = 29.2 / 235.0 = 0.124$$

controle: $0.124 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 833
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

Totaal: u1-gk = 2.78 mm
(analoog in gebruikstoestand: u1-gk' = 2.18 mm)

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 834
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de gootkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u_{2-gk}' = u_{1-gk}' = 2.18 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
(conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned} - u_{toel-gk} &= h/150 < 30.0 \text{ mm} \\ - 3200/150 &= 21.33 \text{ mm, dus: } u_{toel-gk} = 21.33 \text{ mm} \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 2.2 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Venlo-warenhuizen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Q_{max} = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot):

$$Q_{max} = (q_{dek} + q_{sneeuw}) \cdot h_{ohkgk} + Q_{goot} = (140 + 0) \cdot 3.20 + 70 = 518 \text{ N/m}$$

- dt, v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot
 $v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / (650 - 100 \cdot 4) = 18.00 \text{ mm}$, dus: $dt, v = 18.00 \text{ mm}$

- dt, ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:
 $ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / 150 = 30.00 \text{ mm}$, dus: $dt, ve = 30.00 \text{ mm}$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{18.00} = 36.9 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4500 / 4500 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 315.0 \text{ E9} / 36.9 \text{ E9} = 8.54$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{315.0 \text{ E9}} = 3.51 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 8.54 - 2W3 \cdot 8.54 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 8.54 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.44$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*8.54/1.00}{(4 + 2W3*8.54/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*8.54/1.00^2}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 0.94 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*8.54/1.00}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 1.03
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

$$- \text{voor } dt,ve/de_{lg} > C1 ; \quad 30.00 / 3.51 = 8.54 > 1.44$$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

6.13.4 Controle van de kopgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$\begin{aligned}
 - Q_w, \text{kgg} &= \text{kgghohmax} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}(\text{ongereducerd}) \\
 &= 1.925 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.28 * 533 = 654 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	$N_{sg}' = 1$	N,	$N_{sg} = 21$	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	$T_{gd}' = 0$	N,	$T_{gd} = 0$	N
Normaalkracht in de draadboog:	$T_{db}' = 0$	N,	$T_{db} = 0$	N
Normaalkracht in de gording:	$N_{db}' = 0$	N,	$N_{db} = 0$	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	$N_{rg}' = 0$	N,	$N_{rg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	$N_{li}' = 0$	N,	$N_{li} = 0$	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 21 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{119602} + \frac{442}{2865} + \frac{0}{525} = 0.154$$

controle: 0.154 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{434.9} + \frac{442}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 42.4 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 42.4 / 275.0 = 0.154$$

controle: 0.154 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8386 \quad C_2 = -0.032$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 55.683$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 21151 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,darel.LT} = 0.3680 \quad \lambda_{b,darel.z} = 0.8056$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6089$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6586 \quad \chi_{iy} = 0.4679$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 441.78, \quad M_2 = 441.78, \quad M_s = -220.89, \quad M_{kip} = -55.22, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,darel.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,darel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,darel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.55$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(|441.8| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.062 + 0.000 = 0.062$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(|441.8| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.154 + 0.000 = 0.154$$

controle: 0.154 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 838
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAAcAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.03 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.03 / 21.33 = 0.05$$

controle: 0.05 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.34E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.03 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.03 / 21.33 = 0.05$$

controle: 0.05 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 21 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{119602} + \frac{331}{2865} + \frac{0}{525} = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{434.9} + \frac{331}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 31.8 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 31.8 / 275.0 = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8386 C2 = -0.032
 kiplengte L = 640 mm
 correctiefactor C = 55.683
 kipmoment Mcr = 21151 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3680 lambdarel.z = 0.8056
 factor phiLT = 0.6089
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6586 Chiy = 0.4679

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 331.25, M2 = 331.25, Ms = -165.62, Mkip = -41.41, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.468 * 119602 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|331.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.046 + 0.000 = 0.046 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.659 * 119602 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|331.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.116 + 0.000 = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 840
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.77 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.77 / 21.33 = 0.04$$

controle: $0.04 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.34E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.77 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.77 / 21.33 = 0.04$$

controle: $0.04 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.13.5 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk}/2 * \tan(30^\circ) = 3.20/2 * \tan(30^\circ) = 0.92 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.20 * 0.92/2 = 1.5 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * \text{ph} + \text{kapoppervlak} = 3.20 * 3.20 + 1.5 = 11.7 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdk} = 3200 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 11.7 / 3.200 + 2112 = 2588 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

$$\begin{aligned} \text{- Maatgevend moment: } M_{yrdk} &= 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdk}^2 \\ &= 1/8 * 1.00 * 2588 * 3.200^2 = 3313 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- controle : $62430 \text{ Nm} > 1.0 * 3313 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 2012 \text{ N}$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} \cdot h_{rd}}{(b_{rd} - 2 \cdot (a_{hs} + t_{hs})) \cdot n_{hs}} \\ &= \frac{2012 \cdot 400}{(220 - 2 \cdot (55 + 10)) \cdot 2} = 4471 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 \cdot n_{hs}) = 2012 / (2 \cdot 2) = 503 \text{ N}$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 \cdot d_{sp}^2 = \pi/4 \cdot 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(4471^2 + 2 \cdot 503^2)^{1/2}}{113} = 39.7 \text{ N/mm}^2$$

- controle : 39.7 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay up wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.4: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay up wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3200 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3200 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	F _{vk} = -947	N (-526	N)
Vert. gevel belasting	Q _{rd} = 2588	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	F _{hk} = 2010	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	R _f = 2012	N (1600	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	F _{hrd} = 2012	N	

6.13.6 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	-526 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 375)	: Fegk' =	375 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 13685)	: Gfund =	13685 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.200 * 2588)	: Grand =	8282 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	21816 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)		
= 1600 * (0.300 + 0.100 + 0.600)	=	1600 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B		
= 21816 * 0.5 * 0.975	=	10634 Nm
		----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp =	12233 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp =	-9034 Nm
---	------	----------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 12233 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -9034 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 21816 N | < 76173 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 1600 N < 3596 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 3.20 * 4.50/2 = 1008 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 250 * 3.20 = 0 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 1008 N

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 1008 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 13685 N
 - Eigen gewicht randfundering = 3.200 * 2588 : Grand = 8282 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 22975 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{22975}{\pi/4 * 1100^2} = 0.024 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (100 + 600) = 0.011 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.024 - 0.011 = 0.014 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$
 waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.453$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.453} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.055 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.453 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.055 + 0.017 = 0.072$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.072 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1100*600 mm voldoen
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay up wind)

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 846
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.14 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

6.14.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)= 140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 3.20 * 4.50/2 =	1008 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 250 * 3.20 =	0 N
	----- +
	Totaal = 1008 N
- Windbelasting = 3.20 * 4.50/2 * (-0.20 - (+0.2)) * (1.00 * 533) =	-1534 N
	----- +
	Fvk' = -526 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)= 140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 3.20 * 4.50/2 =	1008 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 250 * 3.20 =	0 N
	----- +
	Totaal = 1008 N
- Windbelasting = 3.20 * 4.50/2 * (-0.20 - (+0.2)) * (1.28 * 533) =	-1955 N
	----- +
	Fvk = -947 N

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Windstuwdruk + onderdruk:
 Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.10
 - Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:

$$Q_w, \text{kgk} = \text{oplegfactor} * \text{hohkgk} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}$$

$$= 1.10 * 3.200 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.28 * 533 = 1195.0 \text{ N/m}$$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.

$$F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met schermraden aan de kopgevels.

$$F_{sd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.

$$F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.

$$F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:

$$F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} =$$

$$= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$$
- Totale belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:

$$F_{br}, \text{kgk} = F_{br} = 0 \quad \quad \quad \text{N} \text{ ("Hoog" scherm).}$$
- Aangrijpingspunt: hbr = 3.100 meter boven de voet

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- $M_{wl}, \text{kgk} = \gamma * Q_{kgwl} * \text{kgcons} * \text{hohkgk} =$

$$= 1.00 * 250 * 0.400 \text{ m} * 3.200 \text{ m} = 320 \text{ Nm}$$
- Aangrijpingspunt: hcons = 2.720 meter boven de voet

6.14.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 1912 + 0 + 0 + 0 + 100 = 2012 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 1500 + 0 + 0 + 0 + 100 = 1600 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 3824 + 0 + 0 + 0 - 2012 = 1812 \quad N
 \end{aligned}$$

6.14.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	2012	=	2012 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	2012 - 3824	=	-1812 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-1812 - 0	=	-1812 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-1812 - 657	=	-1155 N
	Qbor = Qoor - For	=	-1155 - 0	=	-1155 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-1155 - 538	=	-1692 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-1692 - 0	=	-1692 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-1692 - 119	=	-1812 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 1.684 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	1195 * 1.68/2 * (3.20-1.68)	=	1525 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,gk	=	1525 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

NEd	My.Ed	947	1525
-----	-----	-----	-----
Nc.Rd	My.C.Rd	405455	12292

UCsterkte = ----- + ----- = 0.126

controle: 0.126 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

NEd	My.Ed	947	1525
-----	-----	-----	-----
A	Wpl.y	1494.8	53.341

Sigma: ----- + ----- = 29.2 N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 29.2 / 235.0 = 0.124

controle: 0.124 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 850
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

Totaal: u1-gk = 2.78 mm
(analoog in gebruikstoestand: u1-gk' = 2.18 mm)

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 851
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de gootkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u_{2-gk}' = u_{1-gk}' = 2.18 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
(conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned} - u_{toel-gk} &= h/150 < 30.0 \text{ mm} \\ - 3200/150 &= 21.33 \text{ mm, dus: } u_{toel-gk} = 21.33 \text{ mm} \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 2.2 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Venlo-warenhuizen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Q_{max} = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot):

$$Q_{max} = (q_{dek} + q_{sneeuw}) \cdot h_{ohkgk} + Q_{goot} = (140 + 0) \cdot 3.20 + 70 = 518 \text{ N/m}$$

- dt, v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot
 $v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / (650 - 100 \cdot 4) = 18.00 \text{ mm}$, dus: $dt, v = 18.00 \text{ mm}$

- dt, ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:
 $ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / 150 = 30.00 \text{ mm}$, dus: $dt, ve = 30.00 \text{ mm}$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{18.00} = 36.9 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4500 / 4500 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 315.0 \text{ E9} / 36.9 \text{ E9} = 8.54$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{315.0 \text{ E9}} = 3.51 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 8.54 - 2W3 \cdot 8.54 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 8.54 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.44$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*8.54/1.00}{(4 + 2W3*8.54/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*8.54/1.00^2}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 0.94 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*8.54/1.00}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 1.03
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{lg} > C1$; $30.00 / 3.51 = 8.54 > 1.44$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

6.14.4 Controle van de kopgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

- $Q_w, \text{kgg} = \text{kgghohmax} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}(\text{ongereducerd})$
 $= 1.925 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.28 * 533 = 654 \text{ N/m}$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	$N_{sg}' = 1$	N,	$N_{sg} = 21$	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	$T_{gd}' = 0$	N,	$T_{gd} = 0$	N
Normaalkracht in de draadboog:	$T_{db}' = 0$	N,	$T_{db} = 0$	N
Normaalkracht in de gording:	$N_{db}' = 0$	N,	$N_{db} = 0$	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	$N_{rg}' = 0$	N,	$N_{rg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	$N_{li}' = 0$	N,	$N_{li} = 0$	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 21 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{0}{119602} + \frac{442}{2865} + \frac{0}{525} = 0.154$$

controle: 0.154 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{0}{434.9} + \frac{442}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 42.4 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 42.4 / 275.0 = 0.154$$

controle: 0.154 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8386 \quad C_2 = -0.032$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 55.683$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 21151 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL} = 0.3680 \quad \lambda_{b,dareL,z} = 0.8056$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6089$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6586 \quad \chi_{iy} = 0.4679$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 441.78, \quad M_2 = 441.78, \quad M_s = -220.89, \quad M_{kip} = -55.22, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy,2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL,y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,b} = \min(K_{yy,2}, K_{yy,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz,2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL,z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz,3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy,b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL,z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL,z}, K_{zz,2}), \max(K_{zz,2}, K_{zz,3}))$$

$$K_{zy,b} = 1.00$$

$$K_{yz,b} = K_{zz,b} = 0.55$$

$$UC_{stab,1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{yz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(|441.8| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.062 + 0.000 = 0.062$$

$$UC_{stab,2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{zz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(|441.8| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.154 + 0.000 = 0.154$$

controle: 0.154 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 855
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.03 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.03 / 21.33 = 0.05$$

controle: 0.05 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.34E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.03 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.03 / 21.33 = 0.05$$

controle: 0.05 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 21 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{119602} + \frac{331}{2865} + \frac{0}{525} = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{434.9} + \frac{331}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 31.8 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 31.8 / 275.0 = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8386 C2 = -0.032
 kiplengte L = 640 mm
 correctiefactor C = 55.683
 kipmoment Mcr = 21151 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3680 lambdarel.z = 0.8056
 factor phiLT = 0.6089
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6586 Chiy = 0.4679

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 331.25, M2 = 331.25, Ms = -165.62, Mkip = -41.41, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.468 * 119602 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|331.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.046 + 0.000 = 0.046 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.659 * 119602 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|331.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.116 + 0.000 = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 857
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAAcAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.77 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.77 / 21.33 = 0.04$$

controle: $0.04 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.34E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.77 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.77 / 21.33 = 0.04$$

controle: $0.04 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.14.5 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk}/2 * \tan(30^\circ) = 3.20/2 * \tan(30^\circ) = 0.92 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.20 * 0.92/2 = 1.5 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * \text{ph} + \text{kapoppervlak} = 3.20 * 3.20 + 1.5 = 11.7 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdek} = 3200 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 11.7 / 3.200 + 2112 = 2588 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

$$\begin{aligned} \text{- Maatgevend moment: } M_{yrdk} &= 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdek}^2 \\ &= 1/8 * 1.00 * 2588 * 3.200^2 = 3313 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- controle : $62430 \text{ Nm} > 1.0 * 3313 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 2012 \text{ N}$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{2012 * 400}{(220 - 2*(55 + 10)) * 2} = 4471 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 2012 / (2 * 2) = 503 \text{ N}$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (As) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(4471^2 + 2 * 503^2)^{1/2}}{113} = 39.7 \text{ N/mm}^2$$

- controle : 39.7 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3200 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3200 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = -947	N (-526	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2588	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 2010	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 2012	N (1600	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 2012	N	

6.14.6 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	-526 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 375)	: Fegk' =	375 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 13685)	: Gfund =	13685 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.200 * 2588)	: Grand =	8282 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	21816 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 1600 * (0.300 + 0.100 + 0.600)	= 1600 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 21816 * 0.5 * 0.975	= 10634 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 12233 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -9034 Nm
---	---------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 12233 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -9034 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 21816 N | < 76173 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 1600 N < 3596 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 3.20 * 4.50/2 = 1008 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 250 * 3.20 = 0 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 1008 N

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 1008 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 13685 N
 - Eigen gewicht randfundering = 3.200 * 2588 : Grand = 8282 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 22975 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{22975}{\pi/4 * 1100^2} = 0.024 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (100 + 600) = 0.011 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.024 - 0.011 = 0.014 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$
 waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.453 \text{ m}$

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.453} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.055 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15^{*}365}{1}\right) = 0.010 * 0.453 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.055 + 0.017 = 0.072 \text{ m}$

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100 \text{ m}$

Controle zetting: $0.072 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1100*600 mm voldoen
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay down wind)

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 863
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

6.15 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

6.15.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 3.20 * 4.50/2	=	1008 N	
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 250 * 3.20	=	0 N	
		----- +	
	Totaal =	1008 N	
- Windbelasting = 3.20 * 4.50/2 * (-0.20 - (-0.2)) * (1.00 * 533)	=	0 N	
		----- +	
	Fvk' =	1008 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.02 * 140)=	143 N/m ²		
- Neerwaartse belasting per kolom = 143 * 3.20 * 4.50/2	=	1029 N	
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 250 * 3.20	=	0 N	
		----- +	
	Totaal =	1029 N	
- Windbelasting = 3.20 * 4.50/2 * (-0.20 - (-0.2)) * (1.28 * 533)	=	0 N	
		----- +	
	Fvk =	1029 N	

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Windstuwdruk + onderdruk:
 Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.10
 - Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:

$$Q_w, kgk = \text{oplegfactor} * \text{hohkgk} * (0.7 - (-0.2)) * \gamma * q_{wind}$$

$$= 1.10 * 3.200 \text{ m} * (0.7 - (-0.2)) * 1.28 * 533 = 2151.0 \text{ N/m}$$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 $F_{gd}, kgk = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermraden aan de kopgevels.
 $F_{sd}, kgk = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 $F_{rl}, kgk = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 $F_{ab}, kgk = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:

$$F_{or}, kgk = F_{or} + F_{hv}, kgk + F_{rl}, kgk + F_{ab}, kgk =$$

$$= 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N = 0 \quad \quad \quad N$$
- Totale belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 $F_{br}, kgk = F_{br} = 0 \quad \quad \quad N$ ("Hoog" scherm).
 - Aangrijpingspunt: hbr = 3.100 meter boven de voet

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- $M_{wl}, kgk = \gamma * Q_{kgwl} * kgcons * \text{hohkgk} =$

$$= 1.02 * 250 * 0.400 \text{ m} * 3.200 \text{ m} = 327 \text{ Nm}$$
- Aangrijpingspunt: hcons = 2.720 meter boven de voet

6.15.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 3442 + 0 + 0 + 0 + 102 = 3544 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 2699 + 0 + 0 + 0 + 100 = 2799 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 6883 + 0 + 0 + 0 - 3544 = 3339 \quad N
 \end{aligned}$$

6.15.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	3544	=	3544 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	3544 - 6883	=	-3339 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-3339 - 0	=	-3339 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-3339 - -1183	=	-2156 N
	Qbor = Qoor - For	=	-2156 - 0	=	-2156 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-2156 - 968	=	-3124 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-3124 - 0	=	-3124 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-3124 - 215	=	-3339 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 1.647 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	2151 * 1.65/2 * (3.20-1.65)	=	2751 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,gk	=	2751 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-1029|}{405455} + \frac{|2751|}{12292} = 0.226$$

controle: 0.226 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-1029|}{1494.8} + \frac{|2751|}{53.341} = 52.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 52.3 / 235.0 = 0.222$$

controle: 0.222 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (0.88 - 0.2) * (|-1029| / (0.615 * 405455 / 1.0))) = 0.40 \\ Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-1029| / (0.615 * 405455 / 1.0))) = 0.40 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-1029| / (0.615 * 405455 / 1.0) + 0.40 * |2750.8| / (1.00 * 12292.2 / 1.0) \\ &= 0.004 + 0.090 = 0.094 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-1029| / (0.615 * 405455 / 1.0) + 0.24 * |2750.8| / (1.00 * 12292.2 / 1.0) \\ &= 0.004 + 0.054 = 0.058 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.094, 0.058) = 0.094$$

controle: 0.094 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelgootkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{2.151 \cdot 3200^4}{1.24 \cdot 2.1E5 \cdot 226.6E4} = 5.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.24; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1-gk = 5.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1-gk' = 3.92 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2-gk' = \frac{nygk'}{nygk'-1} \cdot u1-gk' \\
 & - \text{Vergrotingsfactor: } - \frac{nygk'}{nygk'-1} = \frac{458624}{|-1008|} = 455.0 \\
 & \quad \quad \quad - \frac{nygk'}{nygk'-1} = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2-gk' = 1.00 \cdot 3.92 = 3.93 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - \text{utoel-gk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 3200/150 = 21.33 \text{ mm, dus: } \text{utoel-gk} = 21.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 3.9 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Venlo-warenhuizen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Q_{max} = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot):

$$Q_{max} = (q_{dek} + q_{sneeuw}) \cdot h_{ohkgk} + Q_{goot} = (140 + 0) \cdot 3.20 + 70 = 518 \text{ N/m}$$

- dt, v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot
 $v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / (650 - 100 \cdot 4) = 18.00 \text{ mm}$, dus: $dt, v = 18.00 \text{ mm}$

- dt, ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:
 $ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / 150 = 30.00 \text{ mm}$, dus: $dt, ve = 30.00 \text{ mm}$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{18.00} = 36.9 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4500 / 4500 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 315.0 \text{ E9} / 36.9 \text{ E9} = 8.54$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{315.0 \text{ E9}} = 3.51 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 8.54 - 2W3 \cdot 8.54 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 8.54 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.44$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*8.54/1.00}{(4 + 2W3*8.54/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*8.54/1.00^2}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 0.94 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*8.54/1.00}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 1.03
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{lg} > C1$; $30.00 / 3.51 = 8.54 > 1.44$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.6 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

6.15.4 Controle van de kopgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

- $Q_w, \text{kgg} = \text{kgghohmax} * (0.7 - (-0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}(\text{ongereducerd})$
 $= 1.925 \text{ m} * (0.7 - (-0.2)) * 1.28 * 533 = 1176 \text{ N/m}$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	$N_{sg}' = 70$	N,	$N_{sg} = 72$	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	$T_{gd}' = 0$	N,	$T_{gd} = 0$	N
Normaalkracht in de draadboog:	$T_{db}' = 0$	N,	$T_{db} = 0$	N
Normaalkracht in de gording:	$N_{db}' = 0$	N,	$N_{db} = 0$	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	$N_{rg}' = 0$	N,	$N_{rg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	$N_{li}' = 0$	N,	$N_{li} = 0$	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 72 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{119602} + \frac{795}{2865} + \frac{0}{525} = 0.278$$

controle: 0.278 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{434.9} + \frac{795}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 76.3 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 76.3 / 275.0 = 0.278$$

controle: 0.278 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8386 \quad C_2 = -0.032$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 55.683$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 21151 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,darel.LT} = 0.3680 \quad \lambda_{b,darel.z} = 0.8056$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6089$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6586 \quad \chi_{iy} = 0.4679$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 795.20$, $M_2 = 795.20$, $M_s = -397.60$, $M_{kip} = -99.40$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,darel.z} / (C_{mLT} - 0.25)) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.55 - 0.25)) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25)) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25)) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,darel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,darel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.55$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(|795.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.111 + 0.000 = 0.111$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(|795.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.278 + 0.000 = 0.278$$

controle: 0.278 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 871
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.86 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.86 / 21.33 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.34E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.86 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.86 / 21.33 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 72 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{119602} + \frac{596}{2865} + \frac{0}{525} = 0.208$$

controle: 0.208 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{434.9} + \frac{596}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 57.2 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 57.2 / 275.0 = 0.208$$

controle: 0.208 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8386 \quad C2 = -0.032 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 55.683 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 21151 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \text{lambda}rel.LT = 0.3680 \quad \text{lambda}rel.z = 0.8056 \\ \text{factor} \quad \text{phi}LT = 0.6089 \\ \text{correctiefactor} \quad \text{Chi}LT = 1.0000 \quad \text{Chiz} = 0.6586 \quad \text{Chiy} = 0.4679$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 596.24$, $M2 = 596.24$, $Ms = -298.12$, $Mkip = -74.53$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \text{lambda}rel.y * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \text{Min}(Kyy.2, Kyy.3) = \text{Min}(0.40, 0.40) = 0.40 \\ Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \text{lambda}rel.z / (\text{CmLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (\text{CmLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambda}rel.z < 0.4, \text{Min}(0.6 + \text{lambda}rel.z, Kzz.2), \text{Max}(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\text{Chi}y * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.468 * 119602 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|596.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.083 + 0.000 = 0.083 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\text{Chiz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.659 * 119602 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|596.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.208 + 0.000 = 0.208$$

controle: 0.208 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 873
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAAcAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.39 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.39 / 21.33 = 0.07$$

controle: 0.07 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.34E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.39 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.39 / 21.33 = 0.07$$

controle: 0.07 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.15.5 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk}/2 * \tan(30^\circ) = 3.20/2 * \tan(30^\circ) = 0.92 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.20 * 0.92/2 = 1.5 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * \text{ph} + \text{kapoppervlak} = 3.20 * 3.20 + 1.5 = 11.7 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdek} = 3200 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 11.7 / 3.200 + 2112 = 2588 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

$$\begin{aligned} \text{- Maatgevend moment: } M_{yrdk} &= 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdek}^2 \\ &= 1/8 * 1.02 * 2588 * 3.200^2 = 3383 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- controle : $62430 \text{ Nm} > 1.0 * 3383 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 3544 \text{ N}$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{3544 * 400}{(220 - 2*(55 + 10)) * 2} = 7875 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 3544 / (2 * 2) = 886 \text{ N}$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (As) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(7875^2 + 2 * 886^2)^{1/2}}{113} = 69.8 \text{ N/mm}^2$$

- controle : 69.8 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3200 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3200 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = 1029	N (1008	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2588	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 1237	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 3544	N (2799	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 3544	N	

6.15.6 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	1008 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 375)	: Fegk' =	375 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 13685)	: Gfund =	13685 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.200 * 2588)	: Grand =	8282 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	23350 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 2799 * (0.300 + 0.100 + 0.600)	= 2799 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 23350 * 0.5 * 0.975	= 11381 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 14181 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -8582 Nm
---	---------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 14181 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -8582 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 23350 N | < 76173 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 2799 N < 3596 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 3.20 * 4.50/2 = 1008 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 250 * 3.20 = 0 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 1008 N

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 1008 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 13685 N
 - Eigen gewicht randfundering = 3.200 * 2588 : Grand = 8282 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 22975 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{22975}{\pi/4 * 1100^2} = 0.024 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (100 + 600) = 0.011 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.024 - 0.011 = 0.014 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$
 waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.453$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.453} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.055 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15^{*}365}{1}\right) = 0.010 * 0.453 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.055 + 0.017 = 0.072$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.072 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1100*600 mm voldoen
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (C_{pi} negative, C_{pe} 1st bay up wind)

6.16 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

6.16.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek ($1.00 \cdot 140$) = 140 N/m^2
 - Neerwaartse belasting per kolom = $140 \cdot 3.20 \cdot 4.50/2 = 1008 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 \cdot 250 \cdot 3.20 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 1008 N
 - Windbelasting = $3.20 \cdot 4.50/2 \cdot (-1.03 - (+0.2)) \cdot (1.00 \cdot 533) = -4711 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk' = -3703 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek ($1.00 \cdot 140$) = 140 N/m^2
 - Neerwaartse belasting per kolom = $140 \cdot 3.20 \cdot 4.50/2 = 1008 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 \cdot 250 \cdot 3.20 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 1008 N
 - Windbelasting = $3.20 \cdot 4.50/2 \cdot (-1.03 - (+0.2)) \cdot (1.28 \cdot 533) = -6007 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk = -4999 N

- Windvormfactoren op het dak bij wind op de kopgevel, positie kopgevelkolom:

$cpe(x) = -0.2 - 1.2 \cdot e^{(-1.5 \cdot x/h)}$ NEN13031, tabel B1
 Positie $x = 0$: $cpe.k1 = -0.2 - 1.2 \cdot e^{(-1.5 \cdot 0/3.500)} = -1.400$
 Positie $x = 0.5 \cdot vak_e$: $cpe.k2 = -0.2 - 1.2 \cdot e^{(-1.5 \cdot 0.5 \cdot 4.500 / 3.500)} = -0.658$
 Gemiddeld kopgevelkolom: $cpe,kg = (-1.400 + -0.658)/2 = -1.029$

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Windstuwdruk + onderdruk:
 Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.10
 - Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:

$$Q_w, kgk = \text{oplegfactor} * \text{hohkgk} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}$$

$$= 1.10 * 3.200 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.28 * 533 = 1195.0 \text{ N/m}$$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.

$$F_{gd}, kgk = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met schermraden aan de kopgevels.

$$F_{sd}, kgk = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.

$$F_{rl}, kgk = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.

$$F_{ab}, kgk = 0 \text{ N}$$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:

$$F_{or}, kgk = F_{or} + F_{hv}, kgk + F_{rl}, kgk + F_{ab}, kgk =$$

$$= 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N = 0 \quad \quad \quad N$$
- Totale belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:

$$F_{br}, kgk = F_{br} = 0 \quad \quad \quad N \text{ ("Hoog" scherm).}$$
- Aangrijpingspunt: hbr = 3.100 meter boven de voet

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- $M_{wl}, kgk = \gamma * Q_{kgwl} * kgcons * \text{hohkgk} =$

$$= 1.00 * 250 * 0.400 \text{ m} * 3.200 \text{ m} = 320 \text{ Nm}$$
- Aangrijpingspunt: hcons = 2.720 meter boven de voet

6.16.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 1912 + 0 + 0 + 0 + 100 = 2012 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 1500 + 0 + 0 + 0 + 100 = 1600 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 3824 + 0 + 0 + 0 - 2012 = 1812 \quad N
 \end{aligned}$$

6.16.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	2012	=	2012 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	2012 - 3824	=	-1812 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-1812 - 0	=	-1812 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-1812 - 657	=	-1155 N
	Qbor = Qoor - For	=	-1155 - 0	=	-1155 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-1155 - 538	=	-1692 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-1692 - 0	=	-1692 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-1692 - 119	=	-1812 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 1.684 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	1195 * 1.68/2 * (3.20-1.68)	=	1525 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,gk	=	1525 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

NEd	My.Ed	4999	1525
-----	-----	-----	-----
Nc.Rd	My.C.Rd	405455	12292

UCsterkte = ----- + ----- = 0.136

controle: 0.136 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

NEd	My.Ed	4999	1525
-----	-----	-----	-----
A	Wpl.y	1494.8	53.341

Sigma: ----- + ----- = 31.9 N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 31.9 / 235.0 = 0.136

controle: 0.136 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 883
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

Totaal: u1-gk = 2.78 mm
(analoog in gebruikstoestand: u1-gk' = 2.18 mm)

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 884
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de gootkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.

Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u_{2-gk}' = u_{1-gk}' = 2.18 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
(conform artikel 11.2.4.1.)

$$- u_{toel-gk} = h/150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$- 3200/150 = 21.33 \text{ mm, dus: } u_{toel-gk} = 21.33 \text{ mm}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 2.2 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Venlo-warenhuizen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Q_{max} = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot):

$$Q_{max} = (q_{dek} + q_{sneeuw}) \cdot h_{ohkgk} + Q_{goot} = (140 + 0) \cdot 3.20 + 70 = 518 \text{ N/m}$$

- dt, v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot
 $v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / (650 - 100 \cdot 4) = 18.00 \text{ mm}$, dus: $dt, v = 18.00 \text{ mm}$

- dt, ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:
 $ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / 150 = 30.00 \text{ mm}$, dus: $dt, ve = 30.00 \text{ mm}$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{18.00} = 36.9 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4500 / 4500 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 315.0 \text{ E9} / 36.9 \text{ E9} = 8.54$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{315.0 \text{ E9}} = 3.51 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 8.54 - 2W3 \cdot 8.54 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 8.54 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.44$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*8.54/1.00}{(4 + 2W3*8.54/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*8.54/1.00^2}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 0.94 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*8.54/1.00}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 1.03
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{lg} > C1$; $30.00 / 3.51 = 8.54 > 1.44$

geldt: $EI_{yg} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.7 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

6.16.4 Controle van de kopgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

- $Q_w, \text{kgg} = \text{kgghohmax} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}(\text{ongereducerd})$
 $= 1.925 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.28 * 533 = 654 \text{ N/m}$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	$N_{sg}' = 137$	N,	$N_{sg} = 194$	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	$T_{gd}' = 0$	N,	$T_{gd} = 0$	N
Normaalkracht in de draadboog:	$T_{db}' = 0$	N,	$T_{db} = 0$	N
Normaalkracht in de gording:	$N_{db}' = 0$	N,	$N_{db} = 0$	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	$N_{rg}' = 0$	N,	$N_{rg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	$N_{li}' = 0$	N,	$N_{li} = 0$	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 194 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{119602} + \frac{442}{2865} + \frac{0}{525} = 0.154$$

controle: 0.154 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{434.9} + \frac{442}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 42.4 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 42.4 / 275.0 = 0.154$$

controle: 0.154 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8386 \quad C_2 = -0.032$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 55.683$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 21151 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,darel.LT} = 0.3680 \quad \lambda_{b,darel.z} = 0.8056$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6089$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6586 \quad \chi_{iy} = 0.4679$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 441.78, \quad M_2 = 441.78, \quad M_s = -220.89, \quad M_{kip} = -55.22, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,darel.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,darel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,darel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.55$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(|441.8| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.062 + 0.000 = 0.062$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(|441.8| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.154 + 0.000 = 0.154$$

controle: 0.154 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 888
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAAcAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.03 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.03 / 21.33 = 0.05$$

controle: $0.05 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.34E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.03 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.03 / 21.33 = 0.05$$

controle: $0.05 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 194 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{119602} + \frac{331}{2865} + \frac{0}{525} = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{434.9} + \frac{331}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 31.8 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 31.8 / 275.0 = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8386 C2 = -0.032
 kiplengte L = 640 mm
 correctiefactor C = 55.683
 kipmoment Mcr = 21151 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3680 lambdarel.z = 0.8056
 factor phiLT = 0.6089
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6586 Chiy = 0.4679

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 331.25, M2 = 331.25, Ms = -165.62, Mkip = -41.41, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.468 * 119602 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|331.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.046 + 0.000 = 0.046 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.659 * 119602 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|331.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.116 + 0.000 = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 890
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.77 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.77 / 21.33 = 0.04$$

controle: 0.04 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.34E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.77 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.77 / 21.33 = 0.04$$

controle: 0.04 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.16.5 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk}/2 * \tan(30^\circ) = 3.20/2 * \tan(30^\circ) = 0.92 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.20 * 0.92/2 = 1.5 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * \text{ph} + \text{kapoppervlak} = 3.20 * 3.20 + 1.5 = 11.7 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdek} = 3200 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 11.7 / 3.200 + 2112 = 2588 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilatatie's en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

$$\begin{aligned} \text{- Maatgevend moment: } M_{yrdk} &= 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdek}^2 \\ &= 1/8 * 1.00 * 2588 * 3.200^2 = 3313 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- controle : $62430 \text{ Nm} > 1.0 * 3313 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 2012 \text{ N}$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} \cdot h_{rd}}{(b_{rd} - 2 \cdot (a_{hs} + t_{hs})) \cdot n_{hs}} \\ &= \frac{2012 \cdot 400}{(220 - 2 \cdot (55 + 10)) \cdot 2} = 4471 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 \cdot n_{hs}) = 2012 / (2 \cdot 2) = 503 \text{ N}$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 \cdot d_{sp}^2 = \pi/4 \cdot 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(4471^2 + 2 \cdot 503^2)^{1/2}}{113} = 39.7 \text{ N/mm}^2$$

- controle : 39.7 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3200 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3200 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = -4999	N (-3703 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2588	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 995	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 2012	N (1600 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 2012	N

6.16.6 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = -3703 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 375)	: Fegk' = 375 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 13685)	: Gfund = 13685 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.200 * 2588)	: Grand = 8282 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 18639 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 1600 * (0.300 + 0.100 + 0.600)	= 1600 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 18639 * 0.5 * 0.975	= 9085 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 10685 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -7485 Nm
---	---------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 10685 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -7485 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 18639 N | < 76173 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 1600 N < 3596 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 140 * 3.20 * 4.50/2 = 1008 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 250 * 3.20 = 0 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 1008 N

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 1008 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 13685 N
 - Eigen gewicht randfundering = 3.200 * 2588 : Grand = 8282 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 22975 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{22975}{\pi/4 * 1100^2} = 0.024 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (100 + 600) = 0.011 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.024 - 0.011 = 0.014 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$
 waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.453$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.453} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.055 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.453 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.055 + 0.017 = 0.072 \text{ m}$

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100 \text{ m}$

Controle zetting: $0.072 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1100*600 mm voldoen bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

6.17 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

6.17.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties (1.00 * 100)	=	100 N/m ²
----- +		
Totaal :	240 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 3.20 * 4.50/2	=	1728 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 250 * 3.20	=	800 N
- Belasting servicerail = 1.00 * 18000 / 2	=	9000 N
----- +		
Totaal =	11528 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.15 * 140)=	161 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.28 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties (1.15 * 100)	=	115 N/m ²
----- +		
Totaal :	275 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 275 * 3.20 * 4.50/2	=	1983 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.15 * 250 * 3.20	=	918 N
- Belasting servicerail = 1.28 * 18000 / 2	=	11475 N
----- +		
Totaal =	14376 N	

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, \text{kgk} = 0$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de kopgevels.
 - $F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Schermdraden: Hoog (aantal scherminstallaties: 1)

Trekkracht per scherm wordt berekend door sommatie van de krachten van de mechaniekdraden na het omkeerwiel, de kunststof geleidedraad en de stalen geleidedraad:

$$[1] \text{ 1e scherm bovenrand} = 1.5 \times 3300 + 12 \times 150 + 2 \times 1000 = 8750 \text{ N}$$

De schermdraadkrachten worden als volgt verdeeld over de posities van de bovenrand en de onderrand van de tralieligger:

Positie	Kracht	Bovenrand	Onderrand
[1] 1e scherm bovenrand	= 8750 N	x 1.0	x 0.0

Trekkrachten van scherminstallaties per gevelkolom:

Positie	gebruiksoestand	rekentoestand
Positie bovenrand	$F_{br}' = 8750 \text{ N} \times 1.148$	$F_{br} = 10041 \text{ N}$
Positie onderrand	$F_{or}' = 0 \text{ N} \times 1.148$	$F_{or} = 0 \text{ N}$
Totaal trekkracht	$F_s' = 8750 \text{ N}$	$F_s = 10041 \text{ N}$

- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 - $F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 - $F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N} + 0 \text{ N} + 0 \text{ N} + 0 \text{ N} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, \text{kgk} = F_{br} = 10041 \text{ N}$ ("Hoog" scherm).
 - Aangrijpingspunt: $h_{br} = 3.100$ meter boven de voet

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- $M_{wl}, \text{kgk} = \gamma \cdot Q_{kgwl}' \cdot \text{kgcons} \cdot h_{ohkgk} = 1.15 \cdot 250 \cdot 0.400 \text{ m} \cdot 3.200 \text{ m} = 367 \text{ Nm}$
- Aangrijpingspunt: $h_{cons} = 2.720$ meter boven de voet

6.17.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 0 + 0 + 0 + 314 + 115 = 429 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 0 + 0 + 0 + 273 + 100 = 373 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 0 + 0 + 0 + 10041 - 429 = 9612 \quad N
 \end{aligned}$$

6.17.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	429	=	429 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	429 - 0	=	429 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	429 - 0	=	429 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	429 - 0	=	429 N
	Qbor = Qoor - For	=	429 - 0	=	429 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	429 - 0	=	429 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	429 - 10041	=	-9612 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-9612 - 0	=	-9612 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen ter plaatse van de bovenrand van de vakwerkligger op een afstand van 3.100 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	0 * 3.10/2 * (3.20-3.10)	=	0 Nm
- Leidingen + inhoud	: 367 Nm * (3.20-3.10) / 3.20	=	11 Nm
- Draden t.p.v. onderrand	: 0 * (3.20-2.65) * 3.10/3.20	=	0 Nm
- Scherm t.p.v. bovenrand	: 10041 * 3.10/3.20 * (3.20-3.10)	=	973 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,gk =		984 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

NEd	My.Ed	-14376	984
-----	-----	-----	-----
Nc.Rd	My.c.Rd	405455	12292

UCsterkte = ----- + ----- = 0.116

controle: 0.116 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

NEd	My.Ed	-14376	984
-----	-----	-----	-----
A	Wpl.y	1494.8	53.341

Sigma: ----- + ----- = 28.1 N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 28.1 / 235.0 = 0.119

controle: 0.119 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

Ky.2 = Cmy * (1.0 + (lambdarel.y - 0.2) * (|NEd| / (Chi*y*NRk/1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + (0.88 - 0.2) * (|-14376| / (0.615 * 405455 / 1.0))) = 0.42
 Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|NEd| / (Chi*y*NRk/1.0)))
 = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-14376| / (0.615 * 405455 / 1.0))) = 0.42
 Ky.b = Min(Ky.2, Ky.3) = Min(0.42, 0.42) = 0.42
 Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.25

UCstab.1 = |NEd| / (Chi*y*NRk/1.0) + Ky.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk/1.0)
 = |-14376| / (0.615 * 405455 / 1.0) + 0.42 * |984.2| / (1.00 * 12292.2 / 1.0)
 = 0.058 + 0.033 = 0.091
 UCstab.2 = |NEd| / (Chi*z*NRk/1.0) + Kz.b * |My.Ed| / (1.00 * My.Rk/1.0)
 = |-14376| / (0.615 * 405455 / 1.0) + 0.25 * |984.2| / (1.00 * 12292.2 / 1.0)
 = 0.058 + 0.020 = 0.078

Maatgevend: UCstab.b = max(UCstab.1, UCstab.2) = max(0.091, 0.078) = 0.091

controle: 0.091 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelgootkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 3200^4}{1.24 \cdot 2.1E5 \cdot 226.6E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \quad \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.24; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{- Leidingen: } \frac{367200}{16 \cdot 2.1E5 \cdot 227E4} \cdot (3200^2 - 4 \cdot (2720 - 3200)^2) = 0.49 \text{ mm} \\
 & \text{- Draden t.p.v. onderrand: } \frac{0 \cdot 550}{48 \cdot 2.1E5 \cdot 227E4} \cdot (3 \cdot 3200^2 - 4 \cdot 550^2) = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{- Scherm t.p.v. bovenrand: } \frac{6885 \cdot 100}{48 \cdot 2.1E5 \cdot 227E4} \cdot (3 \cdot 3200^2 - 4 \cdot 100^2) = 0.92 \text{ mm} \\
 & \quad \text{Totaal: } u1-gk = 1.42 \text{ mm} \\
 & \quad \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1-gk' = 1.24 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u2-gk' = \frac{nygk'}{nygk'-1} \cdot u1-gk' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } -nygk' = 458624 / |-11528| = 39.78 \\
 & \quad -nygk'/nygk'-1 = 1.03
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$\text{- } u2-gk' = 1.03 \cdot 1.24 = 1.27 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } utoel-gk = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & \text{- } 3200/150 = 21.33 \text{ mm, dus: } utoel-gk = 21.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$\text{- controle: } 1.3 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Venlo-warenhuizen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Q_{max} = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot):

$$Q_{max} = (q_{dek} + q_{sneeuw}) \cdot h_{ohkgk} + Q_{goot} = (140 + 0) \cdot 3.20 + 70 = 518 \text{ N/m}$$

- dt, v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot
 $v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / (650 - 100 \cdot 4) = 18.00 \text{ mm}$, dus: $dt, v = 18.00 \text{ mm}$

- dt, ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:
 $ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$
 $4500 / 150 = 30.00 \text{ mm}$, dus: $dt, ve = 30.00 \text{ mm}$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{18.00} = 36.9 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4500 / 4500 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 315.0 \text{ E9} / 36.9 \text{ E9} = 8.54$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{518 \cdot 10^{-3} \cdot 4500^4}{315.0 \text{ E9}} = 3.51 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 8.54 - 2W3 \cdot 8.54 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 8.54 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.44$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*8.54/1.00}{(4 + 2W3*8.54/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*8.54/1.00^2}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 0.94 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*8.54/1.00}{3 + 2W3*8.54/1.00} = 1.03
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{lg} > C1$; $30.00 / 3.51 = 8.54 > 1.44$

geldt: $EI_{ykg} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK100*100*4.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.8 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

6.17.4 Controle van de kopgevelgordingen:

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 104	N,	Nsg = 119	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 119 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{0}{119602} + \frac{0}{2865} + \frac{0}{525} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{0}{434.9} + \frac{0}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 56.148$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 21328 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL,T} = 0.3665 \quad \lambda_{b,dareL,z} = 0.8056$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6079$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6586 \quad \chi_{iy} = 0.4679$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy,2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL,y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,b} = \min(K_{yy,2}, K_{yy,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz,2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL,z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)) = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zz,3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)) = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy,b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL,z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL,z}, K_{zz,2}), \max(K_{zz,2}, K_{zz,3}))$$

$$K_{zy,b} = 1.00$$

$$K_{yz,b} = K_{zz,b} = 0.40$$

$$UC_{stab,1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{yz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 1.1}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab,2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{zz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 1.1}{(525.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 904
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 119 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{119602} + \frac{0}{2865} + \frac{0}{525} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{434.9} + \frac{0}{10.417} + \frac{0}{1.909} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 640 mm
 correctiefactor C = 56.148
 kipmoment Mcr = 21328 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3665 lambdarel.z = 0.8056
 factor phiLT = 0.6079
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6586 Chiy = 0.4679

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.468 * 119602 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.81 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.659 * 119602 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.468 * 119602 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.659 * 119602 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2864.6 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 1.1|)}{(525.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 906
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(3040 / 150, 30) = 21.33 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 93448 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 21.33 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.17.5 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk}/2 * \tan(30^\circ) = 3.20/2 * \tan(30^\circ) = 0.92 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.20 * 0.92/2 = 1.5 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * \text{ph} + \text{kapoppervlak} = 3.20 * 3.20 + 1.5 = 11.7 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdek} = 3200 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 11.7 / 3.200 + 2112 = 2588 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

$$\begin{aligned} \text{- Maatgevend moment: } M_{yrdk} &= 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdek}^2 \\ &= 1/8 * 1.15 * 2588 * 3.200^2 = 3801 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- controle : $62430 \text{ Nm} > 1.0 * 3801 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 429 \quad N$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{429 * 400}{(220 - 2*(55 + 10)) * 2} = 952 \quad N \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 429 / (2 * 2) = 107 \quad N$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (As) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \quad mm^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(952^2 + 2 * 107^2)^{1/2}}{113} = 8.4 \quad N/mm^2$$

- controle : 8.4 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3200 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3200 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = 14376	N (11528 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2588	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 45	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 429	N (373 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 429	N

6.17.6 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = 11528 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 375)	: Fegk' = 375 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 13685)	: Gfund = 13685 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.200 * 2588)	: Grand = 8282 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 33870 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 373 * (0.300 + 0.100 + 0.600)	= 373 Nm
- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 33870 * 0.5 * 0.975	= 16509 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 16883 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -16136 Nm
---	----------------

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 16883 Nm < 39211 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -16136 Nm < 6062 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 33870 N | < 76173 N, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 373 N < 3596 N, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140) = 140 N/m²
 - Gewasbelasting (0.20 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 240 * 3.20 * 4.50/2 = 1728 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 250 * 3.20 = 1125 N
 ----- +
 Totaal Fsvd1 = 2853 N

 - Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 2853 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 13685 N
 - Eigen gewicht randfundering = 3.200 * 2588 : Grand = 8282 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 24820 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\text{Svd0} = \frac{\text{Fsvd}}{\text{Apoer}} = \frac{24820}{\pi/4 * 1100^2} = 0.026 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (100 + 600) = 0.011 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.026 - 0.011 = 0.016 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$

waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right] \text{ Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poer als functie van de diepte z}$$

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.465 \text{ m}$

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.465} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.061 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 * 365}{1}\right) = 0.010 * 0.465 * 3.738 = 0.017 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.061 + 0.017 = 0.079 \text{ m}$

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100 \text{ m}$

Controle zetting: $0.079 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

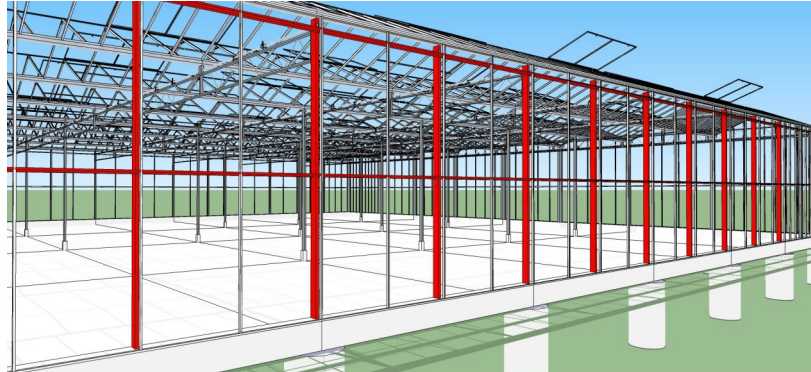
Conclusie:

- Poeren BPRD1100*600 mm voldoen
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Bestand: 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd



De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5



7 Z I J G E V E L S

Kasgegevens:

- Kastype	: Venlo-warenhuis
- Overspanning (l)	: 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Aantal gekoppelde spanten	: 4 (y-richting)
- Vakmaat (v)	: 4.50 m
- Kolomhoogte (h)	: 3.20 m
- Randfundering	: stortbeton 400 * 200 mm
- Funderingstype	: niet-onderheide fundering (op staal)
- Grondsoort	: Klei NPR3860

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de zijgevels en de gevelfunderatie van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $S_k = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1992 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies
 - * NEN-EN 1992-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1992-1-3: Geprefabriceerde betonnen elementen en constructies
- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
- NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
 - * NEN 9997-1: Algemene regels

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de zijgevels wordt verwezen naar TNO rapport: BI-92-0063* "Rekenregels voor de draagconstructie van kop- en zijgevels van Venlowarenhuizen en Breedkapkassen", Delft/1992.

Voor een toelichting op de berekening van de poeren wordt verwezen naar TNO rapport: 93-CON-R0304 "Rekenregels voor de dimensionering en de controle van de poeren van de kolommen, schoorvakken en portaalspanten voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1993

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

7.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Sterkte (B.C.2) : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.2) : 0.38 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.38 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid (B.C.2) : 6.5 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gording 1 (B.C.2):
 - Sterkte : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Momentcap.vert (B.C.7) : 21604 Nm > 1.0 * 6785 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie:
 - Momenten (B.C.2) n : 18510 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal (B.C.3) : | 45534 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal (B.C.2) : 5070 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting (B.C.2) : 0.083 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte (B.C.2) : 163 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

7.1.1 Eindconclusie(s):

- De zijgevels voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Spantkolom (RHBK100*100*3.0 mm, S235 (EN10219)) : voldoet
 - Gordingen:
 - 1 U100*50*2.00 1525 doorgaande ligger : voldoet
 - 2 U100*50*2.00 3050 doorgaande ligger : voldoet
- De zijgevelfundatie voldoet qua sterkte en kantelstabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Randfundering (RH400*200, C20/25 (B25)) : voldoet
 - Poeren (BPRD740*1300) : voldoen
 - Haarspeld (2*RD12-FeB220) : voldoet.

7.1.2 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
 - B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- Met nadruk wordt erop gewezen, dat de TOG kopgevelkolom ook moet voldoen aan de controle van de "gewone" TOG kolom.
- De hoekkolommen zijn niet apart gecontroleerd. Lokale effecten zoals bijvoorbeeld het toepassen van gewasdraadbogen kunnen extra belastingen veroorzaken (zie TNO-rapport BI-92-0063*).
- Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" pantkolommen.
- Als gevolg van uitzetting en krimp van de zijgevels door temperatuurswisselingen kan het bij relatief lange kassen (± 180 m) nodig zijn over een relatief grote lengte extra "smal" glas in de beide uiteinden van de zijgevels toe te passen. Het precieze aantal is afhankelijk van de kolomhoogte van de kas, de gordingafstand, de glasafmetingen, de speling en het toegepaste gootprofiel.
Het onderdeel CASTA/Tuinbouwglas geeft adviezen over de positie van de schoren over de precieze glasinfilling van de gevels, berekend aan de hand van de Europese Kassenbouwnorm EN13031.
- Bij controle van de draagkracht en de zetting van de grond volgens NEN 6740 en NEN 6744 is uitgegaan van een volledig gedraineerde toestand, volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744. In geval van een ongedraineerde toestand, of een niet-volledig gedraineerde toestand, dient een grondmechanisch of geotechnisch adviseur ingeschakeld te worden.

7.2 INVOERGEGEVENS

7.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Venlo-warenhuis
- Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
- Vakmaat (v) : 4.50 m
- Kolomhoogte gevel : 3.20 m
- Kaslengte (L) : 45.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 4

7.2.2 Overige gegevens van de kas:

- Dekhelling (alfa) : 30.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 300 mm
- Funderingstype : niet-onderheide fundering (op staal)
- Spanthoogte (hspan) : 450 mm
- Spantverlaging (vspant) : 100 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1125 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 800 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 750 mm

7.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK100*100*3.0
- Staalsoort kolommen : S235 (EN10219)
- Lengte kolom : 3200 mm

7.3 Gegevens van de zijgevels:

- Spanttkolom (sk) : RHBK100*100*3.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Tabel met gordingprofielen: 2x hoh max 1525 mm (afstand laatste tot goot 150 mm)

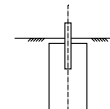
Profiel	positie	oplegging	steun	kip
1 U100*50*2.00, S235 (EN10219)	1525	doorgaande ligger	nee	ja
2 U100*50*2.00, S235 (EN10219)	3050	doorgaande ligger	nee	ja

- Controleberekening gording met normaalkrachten uit:

- koppelprofiel schoorvak: nee
- gewasdraadboog : niet aanwezig
- regenleiding aan draad : niet aanwezig
- belichting aan draad : niet aanwezig

7.4 Gegevens van de fundering van de zijgevels:

- Randfundering : RH400*200 (C20/25 (B25))
- Aantal staven boven : 1
 - Diameter bovenwapening: RD8 -FeB500
 - Randafstand bovenkant : 50 mm
 - Randafstand zijkant : 92 mm
- Aantal staven onder : 1
 - Diameter onderwapening: RD8 -FeB500
 - Randafstand onderkant : 65 mm
 - Randafstand zijkant : 92 mm
- Staaftpositie verticaal : +/- 10 mm tolerantie
- Staaftpositie horizontaal: +/- 10 mm tolerantie
- Poeren : BPRD740*1300 mm (559 liter beton)
 - Haarspeld poeren : 2*RD12-FeB220
 - Min.afstand tot randen : 55 mm
 - Tolerantie randafstand : 10 mm
 - H.o.h. afstand : 4500 mm (hele kolomafstand)
- Grondsoort : Klei NPR3860



7.4.1 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 140 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Spant (Fspant 1e rij) : 2764 N
- Spant (Fspant 2e rij) : 2764 N

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 916
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

7.4.2 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

7.4.3 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basic wind velocity : $V_{50} = 27.0$ m/s reference $V_{15} = 24.9$ m/s
- Basic snowload : $S_K = 700.0$ N/m²
- Berekende afsmeltfactor : $C_t = 1.000$
 - Type kasdek omhulling : Single-layer: 4 mm Soda lime glass
 - Temperatuur onder kasdek: Niet verwarmd
 - Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
 - Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : $R_f = 15$ year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : $A_g R = 0.000 \times g$ m/sec²
(Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: $g_s = 1.30$
- Windstuwdruk (q_{wind}) : 533 N/m² dekkoppervlak
(N.B.: Nokhoogte: $H = 0.300 + 3.200 + 0.5 \times 3.200 \times \tan 30^\circ = 4.424$ m)
Gebouwhoogte: 4.424 m. Eff.hoogte: $z_e = 4.424$ m
- Sneeuwbelasting (q_{sneeuw}) : 423.5 N/m² grondoppervlak
- Installaties : 100 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
- Installaties totaal : 100 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (q_{gewas}) : $0 = \text{Max}(0, 0)$ N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 917
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

7.5 Belastingen op de zijgevels:

- Gevel (qgevel) : 130 N/m² geveloppervlak
- Vert.belast. servicerail : 1800 kg
- Er is bij de berekening van de zijgevels geen rekening gehouden met:
 - Leidingen opgehangen aan de zijgevels.
 - Gewasdraden.
 - Schermdraden.
 - Trekdraden voor de hijsverwarming.
 - Regenleidingdraden.
 - Spandraden voor het ophangen van de belichting.

7.6 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

7.6.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC1 Greenhouse NL;
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 15 jaar: $V_b = 24.9$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

7.6.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 15$
- Shape parameter : $K1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 15$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K1 * \ln(1 / ref)}{1 - K1 * \ln(0.02)} = 24.935 \text{ m/s}$$
- Height ridge : $0.300 + 3.200 + 0.5 * 3.200 * \tan 30^\circ = 4.424$ m
- Reference height : $z_e = 4.424$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 4.424$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.648$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.323$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.370$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 388.609$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.370^{0.5} * 24.935 = 29.2$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 532.522$ N/m²
- 1): geen reductie volgens Eurocode: $C_{dim}; \text{lloodrecht} = 1.00$, $C_{dim}; \text{parallel} = 1.00$

7.6.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 423.5 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 423.5 N/m²)
- Return period: ref = 15
 - Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
 - Reduction with a return period n and V=0.800
EN 13031-1: $R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/15) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 0.756$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
 - Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 0.756 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 423.5 \text{ N/m}^2$

7.6.3.1 Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 30°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Niet verwarmd
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Single-layer: 4 mm Soda lime glass

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = $U_1 / [1/U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = $[20.2634 / ((T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4})] = 70219 \text{ N/m}^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*0.756, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax} / 3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0 * Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)

7.6.4 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
- B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor dekroeden:
 - BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Combinaties voor de goot:
 - BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
 - BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
 - BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

7.6.5 Tabel 7: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen ge- wicht dek a= 140 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 100 N/m ² + 0 N/m ² = 100 N/m ²	Wind- belasting a= 533 N/m ² b= 533 N/m ² c= 533 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 423 N/m ² b= 423 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 6000 N b= 1250 N	Aardbeving AgR = 0.000 [Sd]
1	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	b 1.00(0.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.02(1.00)	1.02(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.02(1.00)	1.02(1.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	b 1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.02(1.00)	0.00(0.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
7	1.15(1.00)	1.15(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.28(1.00)	1.28(1.00)	0.00(0.00)

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exceptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd

(zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 4424	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 3500	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 3500	mm	
- Roof angle	: alpha = 30.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 51200	mm	Ratio h/W = 0.0684
- Greenhouse length	: L = 45000	mm	Ratio h/L = 0.0778
- Bay width gutter to gutter	: S = 3200	mm	Ratio h/S = 1.0938

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 922
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

7.7 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

7.7.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 5913 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 11019 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -10831 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : 33316 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 55 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.083 m < 0.100 m, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 3 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 923
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

7.7.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.38 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.38 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 6.5 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 6039 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 18510 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -1270 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 30162 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 5070 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.083 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 163 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 924
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

7.7.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 6039 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 15153 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -14708 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 45534 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 131 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.083 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 4 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 925
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

7.7.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.19 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.19 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 2.8 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 5913 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 11750 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -1118 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 19621 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 3127 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.077 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 101 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 926
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAGACAACAEQAWAPCA

7.7.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.19 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.19 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 2.8 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 5913 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 11750 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -1118 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 19621 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 3127 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.077 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 101 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 927
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDLBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

7.7.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.39 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.37 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 6.3 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.77 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 6039 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 14832 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : 269 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 22206 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 4441 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.077 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 143 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

7.7.7 B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 21.3 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 21604 Nm > 1.0 * 6785 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting):
 - Momenten NBM : 13006 Nm < 23158 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -12818 Nm < 12025 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal : | 39379 N | < 45597 N, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 55 N < 9787 N, dus: voldoet.
 - Zetting : 0.083 m < 0.100 m, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 2 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

N.B. NBM = Kantelstabiliteit bij neerwaarts bezwijkmodel
OBM = Kantelstabiliteit bij opwaarts bezwijkmodel
(zie TNO-rapport 93-CON-R0304)

7.8 OVERZICHT BELASTINGEN OP DE FUNDERING:

Overzicht belastingen op de randfundering in rekentoestand, tussen haakjes in gebruikstoestand.

Belastingen op de betonnen randfundering:

- Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4500 mm
- Hart op Hart afstand poeren : 4500 mm (hele kolomafstand)

7.8.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 21278 N (9082 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 0 N (0 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 131 N

7.8.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 5853 N (6398 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 4400 N (3451 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 6451 N

7.8.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 24825 N (21278 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 0 N (0 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 153 N

7.8.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = -6998 N (-4151 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 1955 N (1534 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 3997 N

7.8.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = -6998 N (-4151 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 1955 N (1534 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 3997 N

7.8.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = -3786 N (-1735 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 4400 N (3451 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 5653 N

7.8.7 B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 18151 N (15144 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 289 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2336 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4500 mm Rf = 0 N (0 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4500 mm Fhrd = 63 N

7.8.8 Summary of loads at foundation:

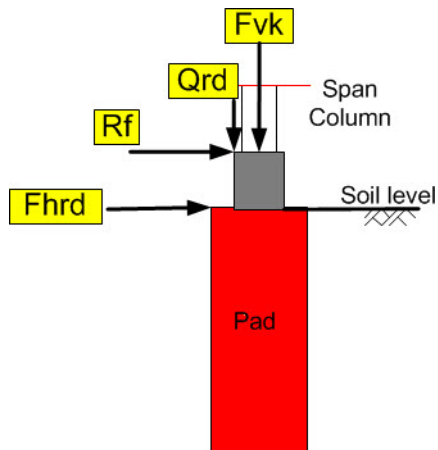


Table: Foundation forces side wall, type concrete beam:

Table	Load V	Load V [N]	Load H	Load H	Load H
Side wall	Fvk ULS	Fvk+Fpsk+	Fhk ULS	Rf ULS	Fhrd ULS
Combination	[N]	Fegk ULS	[N]	[N]	[N]
		-anchor-			
BC1	23475	23800	131	0	131
BC2	7483	7202	2051	4400	6451
BC3	27074	27412	153	0	153
BC4	-5410	-5695	2042	1955	3997
BC5	-5410	-5695	2042	1955	3997
BC6	-1931	-1989	1254	4400	5653
BC7	20648	20997	63	0	63

7.9 PROFIEL-EIGENSCHAPPEN

In dit deel worden alle profiel-eigenschappen weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en de belastingcombinaties.
 (index "y" = "in gootrichting")

7.9.1 Zijgevelspankolommen (RHBK100*100*3.0 mm S235 (EN1021) (index "sk")):

- Oppervlakte : Ask = 1148.5 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.sk = 1789800.5 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.sk = 35796.0 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.sk = 39.5 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.sk = 1789800.5 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.sk = 35796.0 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.sk = 39.5 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.sk = 50.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNZ = 0.0 mm
- Lengte : Lsk = 3.200 m
- Gewicht : Gsk = 28.852 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.sk = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Esk = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gsk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.sk = 35796 (Wply.sk = 41595) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.sk = 35796 (Wplz.sk = 41595) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.sk = 2708185 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.sk = 300652 N
 - NRk.sk = 300652 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.sk = 9370 Nm Mz.c.Rd.sk = 9370 Nm
 - elastisch My.Rk.sk = 9370 Nm Mz.Rk.sk = 9370 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfay = 0.49 alfaz = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoeksk*tsk/Lsk)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 261.8 N/mm²
- Ontwikkelde lengte : Lsk = 392.3 mm
- Omgez. hoeken : nhoek = 4
- Op druk belast : fy-dsk = fy-eq = 261.8 N/mm²
- Op trek belast : fy-tsk = fy-eq = 261.8 N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Slankheid : lambda-y.sk = 3200/39.5 = 81
 - Chixsk = min(0.623 , 1.0) = 0.623
 - Eulerse knikkracht:

$$FEysk = \frac{\pi^2 * E * Iysk}{lkysk^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{3200^2} = 362263 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Slankheid : lambda-z.sk = 3200/39.5 = 81
 - Chizsk = min(0.623 , 1.0) = 0.623
 - Eulerse knikkracht:

$$FEzsk = \frac{\pi^2 * E * Izsk}{lkzsk^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 179E4}{3200^2} = 362263 \text{ N}$$

7.9.2 Zijgevelgording (U100*50*2.00 mm S235 (EN1021) (index "gd1")):

Bij een U- of Omega-profiel zijn de flenzen misschien niet volledig effectief.

Berekening van de effectiviteit van de flenzen vlg. RKP-1990, artikel 7.2.1:

- Plooicoëfficiënt ongesteund plaatveld op druk : $k_{\sigma} = 0.43$ (Tabel 7.2-2)
- Wanddikte : $t_{gd1} = 2.00$ mm
- Flens/profielbreedte : $b_{gd1} = 50.00$ mm
- Slankheid : $\lambda = 1.052 * b/t * (\sigma_e / (E * k_{\sigma}))^{0.5} = 1.052 * 50.00 / 2.00 * (235 / (2.1E5 * 0.43))^{0.5} = 1.342$
- Plooi factor : $\rho_{hbr} = (1 - 0.22/\lambda) / \lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22/1.342) / 1.342 = 0.62$, dus: $\rho_{hbr} = 0.62$
- Eff. profielbreedte : $b_{eff} = 0.62 * 50.0 = 31.2$ mm

Hieruit kunnen de volgende effectieve profieleigenschappen berekend worden:

- Oppervlakte : $A_{gd1} = 311.5$ mm²
- Traagheidsmoment y-as: $I_{y.gd1} = 434113.6$ mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: $W_{y.gd1} = 8682.3$ mm³
- Traagheidsstraal y-as: $i_{y.gd1} = 37.3$ mm
- Traagheidsmoment z-as: $I_{z.gd1} = 26069.6$ mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: $W_{z.gd1} = 604.1$ mm³
- Traagheidsstraal z-as: $i_{z.gd1} = 9.1$ mm
- Neutrale lijn z-as : $e_{z.gd1} = 43.2$ mm
- Versch.neutr lijn y : $e_{Ny} = 0.0$ mm
- z : $e_{Nz} = 6.6$ mm
- Lengte : $L_{gd1} = 4.500$ m
- Gewicht : $G_{gd1} = 11.003$ kg
- Rekenwaarde vloeigrens $f_{y.gd1} = 235.0$ N/mm²
- Elasticiteitsmodulus $E_{gd1} = 210000$ N/mm²
- Afschuivingsmodulus $G_{gd1} = 80769$ N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as $W_{py.gd1} = 8682$ ($W_{ply.gd1} = 8682$) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as $W_{pz.gd1} = 604$ ($W_{plz.gd1} = 604$) mm³
- Torsietraagheidsmoment $I_{t.gd1} = 525$ mm⁴
- Welvingstraagheidsmom. $I_{w.gd1} = 164.8E6$ mm⁶
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht $N_{c.Rd.gd1} = 73196$ N
 - $N_{Rk.gd1} = 73196$ N
 - Moment plastisch $M_{y.c.Rd.gd1} = 2040$ Nm $M_{z.c.Rd.gd1} = 142$ Nm
 - elastisch $M_{y.Rk.gd1} = 2040$ Nm $M_{z.Rk.gd1} = 142$ Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\alpha_{fay} = 0.49$ $\alpha_{faz} = 0.49$
- Vloeigrens:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) ($f_y = 235.0$ N/mm², $f_t = 360.0$ N/mm²)
 - Op druk belast : $f_{y-dgd1} = f_y = 235.0$ N/mm²
 - Op trek belast : $f_{y-tgd1} = f_y = 257.5$ N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kygd1} = l_{gd1} = 4275$ mm (doorgaand = 0.95x systeemplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{ygd1} = 4275/37.3 = 115$
 - $\chi_{ygd1} = \min(0.425, 1.0) = 0.425$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eygd1} = \frac{\pi^2 * E * I_{ygd1}}{l_{kygd1}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 43E4}{4275^2} = 49232 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kzgd1} = l_{gd1} = 750$ mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{zgd1} = 750/9.1 = 82$
 - $\chi_{zgd1} = \min(0.617, 1.0) = 0.617$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ezgd1} = \frac{\pi^2 * E * I_{zgd1}}{l_{kzgd1}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 3E4}{750^2} = 96057 \text{ N}$$

[illegible]

7.9.4 Profieleigenschappen van de (rand)fundering.

7.9.4.1 Materiaalgegevens beton (EN 1992-1-1)

Sterkteklasse : C20/25 (B2)
Karakteristieke kubusdruksterkte: $f_{ck}' = 25.0 \text{ N/mm}^2$
Volumieke massa beton : $smbeton = 2400 \text{ kg/m}^3$
Soortelijk gewicht beton : $sgbeton = 24000 \text{ N/m}^3$

- Rekenwaarde voor de druksterkte (EN 1992-1-1 art. 6.1.1):

$$f_b' = 0.72 * f_{ck}' / 1.2 = 0.72 * 25.0 / 1.2 = 15.0 \text{ N/mm}^2$$

- Rekenwaarde voor de gemiddelde treksterkte (EN 1992-1-1):

$$f_{bm} = 1.4 * \frac{1.05 + 0.05 * f_{ck}'}{y_m} = 1.4 * \frac{1.05 + 0.05 * 25.0}{1.4} = 2.3 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.40$ voor beton)

- Bilineair spanning-rekdiagram (EN 1992-1-1):

- Betonstuk bij het begin van de plastische vervorming: $eb_{pl}' = 1.75E-3$
- Grenswaarde voor betonstuk (breuk): $eb_u' = 3.50E-3$

- Rekenwaarde elasticiteitsmodulus: $E_b = \frac{f_b'}{eb_{pl}'} = \frac{15.0}{1.75E-3} = 8571 \text{ N/mm}^2$
(lange duur effect t.g.v. krimp globaal in rekening gebracht)

7.9.4.2 Betonstaal randfundering

Betonstaalsoort randfundering: FeB500
Karakteristieke waarde van de trek-/druksterkte: $f_{srep} = 1600.0 \text{ N/mm}^2$

- Rekenwaarde van de trek-/druksterkte

$$f_{rds} = f_{srep} / y_m = 1600.0 / 1.15 = 1391.3 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.15$ voor betonstaal)

7.9.4.3 Betonstaal haarspeld

Betonstaalsoort haarspeld: FeB220
Karakteristieke waarde van de trek-/druksterkte: $f_{srep} = 220.0 \text{ N/mm}^2$

- Rekenwaarde van de trek-/druksterkte

$$f_{sps} = f_{srep} / y_m = 220.0 / 1.15 = 191.3 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.15$ voor betonstaal)

7.9.4.4 Rekenwaarde van het scheurmoment

Het scheurmoment (M_r) is het buigend moment, waarbij aan de trekzijde van de fundering de treksterkte van het beton wordt overschreden. Aangezien het scheurmoment van invloed is op het minimum wapeningspercentage (zie 7.9.5) wordt gerekend met de karakteristieke bovengrens van de treksterkte ($1.4 * f_{bm}$):

Verticaal:

$$- M_{r,ver} = 1/6 * b_{rd} * h_{rd}^2 * 1.4 * f_{bm} = 1/6 * 0.200 * 0.400^2 * 1.4 * 2.3E6 = 17173 \text{ Nm}$$

Horizontaal:

$$- M_{r,hor} = 1/6 * h_{rd} * b_{rd}^2 * 1.4 * f_{bm} = 1/6 * 0.400 * 0.200^2 * 1.4 * 2.3E6 = 8587 \text{ Nm}$$

7.9.4.5 Rekenwaarde van het uiterst opneembare verticaal buigend moment van de gescheurde doorsnede

Bij de berekening van de capaciteit van de randfundering wordt uitgegaan van een verticaal belaste betonbalk (x-richting) waarbij conform EN 1992-1-1 wordt verondersteld dat het beton geen trek kan opnemen.

Het uiterst opneembare buigend moment van de gescheurde doorsnede (M_u) treedt op als de trekwapening vloeit en in de uiterste betonvezel de grenswaarde van de betonstuik ($\epsilon_{bu} = 3.5E-3$) optreedt. Voor de eenvoud en de veiligheid is de beperkte invloed van eventuele drukwapening in dit geval verwaarloosd.

De hoogte van de betondrukzone (x_u) volgt uit krachtenevenwicht ($N_u = N_s$) waarbij het spanningsverloop in de gedrukte zone overeenkomt met het bilineaire spanning-rekdiagram voor beton.

$$- \text{Beton: } N_u' = \left(- \frac{1}{2} * b_{rd} * x_u + - \frac{1}{2} * - \frac{1}{2} * b_{rd} * x_u \right) * f_{b'} = 0.75 * b_{rd} * x_u * f_{b'}$$

$$- \text{Staal: } N_s = A_{strek} * f_{rds} \\ \text{waarin } A_{strek} = a_{st} * \pi/4 * d_{st}^2 = 1 * \pi/4 * 8^2 = 50.27 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gelijkstellen: } x_u = \frac{A_{strek} * f_{rds}}{0.75 * b_{rd} * f_{b'}} = \frac{50.27 * 1391.3}{0.75 * 200 * 15.0} = 31.08 \text{ mm}$$

De rekenwaarde van het uiterst opneembare buigend moment volgt uit vermenigvuldiging van de staalkracht (is gelijk aan de betondrukkracht) met de hefboomsarm:

$$M_{u,ver} = A_{strek} * f_{rds} * z_u, \text{ waarin: } z_u = h_{rd} - a_{rd} - t_{rd} - 7/18 * x_u$$

Invullen geeft:

$$- \text{Normaalkracht: } N_s = A_{strek} * f_{rds} = 50.27 * 1391.3 = 69935 \text{ N}$$

$$- \text{Hefboomsarm: } z_u = h_{rd} - (a_{rd} + d_{st}/2) - t_{vrd} - 7/18 * x_u \\ = 400 - (65 + 8/2) - 10 - 7/18 * 31.08 = 309 \text{ mm}$$

$$- \text{Uiterst opneembaar moment: } M_{u,ver} = N_s * z_u = 69935 \text{ N} * 0.309 \text{ m} = 21604 \text{ Nm}$$

7.9.4.6 Minimum wapeningspercentage (EN 1992-1-1)

Tenzij instorting ten gevolge van brosse breuk uitgesloten is, moet de hoeveelheid op trek belast betonstaal in de maatgevende doorsnede zo zijn, dat voldaan wordt aan de voorwaarde:

$$M_{u,ver} > M_{r,ver} \text{ of } M_{u,ver} > 1.5 * M_{d,ver}$$

waarbij:

$M_{u,ver}$ = het uiterst opneembare buigend moment volgens 7.9.5

$M_{r,ver}$ = de rekenwaarde van het scheurmoment volgens 7.9.4

$M_{d,ver}$ = de rekenwaarde van het optredende maximale moment.

Het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,ver}$) is groter dan het moment waarbij scheurvorming optreedt ($M_{r,ver}$).

$$M_{u,ver} = 21604 \text{ Nm} > M_{r,ver} = 17173 \text{ Nm}$$

Kortom, de gescheurde betondoorsnede zonder meenamen van de wapening is sterker dan de ongescheurde doorsnede zonder meenamen van de wapening. Dit betekent dat conform EN 1992-1-1, aan de minimum wapeningseis is voldaan. Bij de toetsing van de doorsnede behoeft derhalve "slechts" te worden voldaan aan de voorwaarde dat het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,ver}$) tenminste gelijk is aan het maximale buigend moment volgend uit de belastingen ($M_{u,ver} > 1.0 * M_{d,ver}$) (zie hoofdstukken van de diverse belastingcombinaties).

7.9.4.7 Rekenwaarde van het uiterst opneembare horizontaal buigend moment van de gescheurde doorsnede (EN 1992-1-1)

Overeenkomstig hoofdstuk 7.94.5 kan de capaciteit van horizontaal belaste betonbalk (y-richting) berekend worden:

De hoogte van de betondrukzone (x_u) volgt uit krachtenevenwicht ($N_u = N_s$) waarbij het spanningsverloop in de gedrukte zone overeenkomt met het bilineaire spanning-rekdiagram voor beton.

$$\begin{aligned}
 - \text{Beton: } N_u' &= \left(\frac{1}{2} * h_{rd} * x_u + \frac{1}{2} * \frac{1}{2} * h_{rd} * x_u \right) * f_b' = 0.75 * h_{rd} * x_u * f_b' \\
 - \text{Staal: } N_s &= A_{strek} * f_{rds} \\
 \text{waarin } A_{strek} &= \pi/4 * (d_{st}^2 + d_{sd}^2) = \pi/4 * (8^2 + 8^2) = 100.53 \text{ mm}^2 \\
 \text{Gelijkstellen: } x_u &= \frac{A_{strek} * f_{rds}}{0.75 * h_{rd} * f_b'} = \frac{100.53 * 1391.3}{0.75 * 400 * 15.0} = 31.08 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

De rekenwaarde van het uiterst opneembare buigend moment volgt uit vermenigvuldiging van de staalkracht (is gelijk aan de betondrukkracht) met de hefboomsarm:

Invullen geeft:

$$\begin{aligned}
 - \text{Normaalkracht: } N_s &= A_{strek} * f_{rds} = 100.53 * 1391.3 = 1E+5 \text{ N} \\
 - \text{Hefboomsarm: } z_u &= b_{rd} - (a_{tzrd} + d_{st}/2) - t_{hrd} - 7/18 * x_u \\
 &= 200 - (92 + 8/2) - 10 - 7/18 * 31.08 = 82 \text{ mm} \\
 - \text{Uiterst opneembaar moment: } M_{u,hor} &= N_s * z_u = 1E+5 \text{ N} * 0.082 \text{ m} = 11457 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

7.9.4.8 Minimum wapeningspercentage

Tenzij instorting ten gevolge van brosse breuk uitgesloten is, moet de hoeveelheid op trek belast betonstaal in de maatgevende doorsnede zo zijn, dat voldaan wordt aan de voorwaarde:

$$M_{u,hor} > M_{r,hor} \text{ of } M_{u,hor} > 1.5 * M_{d,hor}$$

waarbij:

$$\begin{aligned}
 M_{u,hor} &= \text{het uiterst opneembare buigend moment volgens 7.9.5} \\
 M_{r,hor} &= \text{de rekenwaarde van het scheurmoment volgens 7.9.4} \\
 M_{d,hor} &= \text{de rekenwaarde van het optredende maximale moment.}
 \end{aligned}$$

Het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,hor}$) is groter dan het moment waarbij scheurvorming optreedt ($M_{r,hor}$).

$$M_{u,hor} = 11457 \text{ Nm} > M_{r,hor} = 8587 \text{ Nm}$$

Kortom, de gescheurde betonddoorsnede zonder meenamen van de wapening is sterker dan de ongescheurde doorsnede zonder meenamen van de wapening. Dit betekent dat conform EN 1992-1-1, aan de minimum wapeningseis is voldaan. Bij de toetsing van de doorsnede behoeft derhalve "slechts" te worden voldaan aan de voorwaarde dat het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,hor}$) tenminste gelijk is aan het maximale buigend moment volgend uit de belastingen ($M_{u,hor} > 1.0 * M_{d,hor}$) (zie hoofdstukken van de diverse belastingcombinaties).

7.9.4.9 Profieleigenschappen van de fundatie

In dit deel worden alle profieleigenschappen van de fundatie weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en belastingcombinaties. Hierbij gaat het hoofdzakelijk om de kantelstabiliteit bij neerwaartse belasting (7.9.2), en de kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (7.9.3). De berekeningen zijn opgezet in gebruikstoestand, met dien verstande, dat de grondspanningen niet groter mogen worden dan de toelaatbare grondspanning.

7.9.4.91 Algemene eigenschappen:

a) Eigenschappen van de grond (zie ook TNO-rapport BI-87-02):

- Grondsoort : Klei NPR3860
- Volumiek gewicht grond : $\gamma_g = 15.0$ in kN/m^3
- Inwendige wrijvingshoek : $\phi_i = 20.0$ in graden
- Cohesie : $c_0 = 4000$ in N/m^2
- Toelaatbare spanning : $\sigma_{gr} = 0.070$ in N/mm^2
- Prim. samendrukkingsindex : $C_{ceff} = 0.750$
- Sec. samendrukkingsindex : $C_{infe} = 0.010$
- Volumiek gewicht verzadigd : $\gamma_{gsat} = 15$ in kN/m^3
- Poriëngetal (NEN 6744) : $e_{porie} = 2.3$
- Bedding : $k = 20$ in MN/m^3 ($k=20000 \text{ kN/m}^3$)
- Neutrale gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{n-1} = 1 - \sin(20.0^\circ) = 0.66$
- Passieve gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{p-1} = [\tan(45^\circ + 0.5 \cdot 20.0^\circ)]^2 = 2.04$
- Actieve gronddrukcoëfficiënt : $\lambda_{a-1} = [\tan(45^\circ - 0.5 \cdot 20.0^\circ)]^2 = 0.49$

b) Eigenschappen van de randfundering:

- Eigen gewicht van de poer ($\gamma_g = 24000 \text{ N/m}^3$):
 - $G_{fund} = \pi/4 \cdot d^2 \cdot \gamma_g = 13419 \text{ N}$
- Liëniek gewicht van de randbalk ($\gamma_g = 24000 \text{ N/m}^3$):
 - $Q_{rand} = 0.400 \cdot 0.200 \cdot 24000 = 1920 \text{ N/m}$

Daar het rekenen met een ronde poer tamelijk gecompliceerd is, wordt gerekend met een poer met een vierkant grondvlak. Hierbij wordt er voor gezorgd dat het oppervlak van de vierkante poer gelijk is aan die van de ronde poer (dus ook de inhoud van de poer is hetzelfde):

$$B = (\pi/4 \cdot d_{poer}^2)^{1/2} = (\pi/4 \cdot d^2)^{1/2} = 655.8 \text{ mm}$$

Voor de eenvoud in de formules wordt overgegaan op verkorte symbolen:

- Hoogte van de poer $H = h_{poer} = h_{bp} = 1300 \text{ mm}$
- Diepte van de poer $D = D_{poer} = (h_{rd} - f_h) = 400 - 300 = 100 \text{ mm}$

7.9.4.92 Kantelstabiliteit neerwaarts bezwijkmodel (NBM) (in gebruikstoestand):

Dit bezwijkmodel treedt uitsluitend op bij neerwaartse belasting op de poer. De poeren worden verondersteld te willen kantelen om het linkerbenedenpunt A, uitgaande van een horizontale kracht ter plaatse van de kolomverankering Fhk', werkend van links naar rechts. Dit kantelen wordt versterkt door de verticale neerwaartse belasting Fvp'. Ten gevolge van dit kantelen ontstaat bij het rechterkopvlak opstuwing van grond, dus overwegend passieve gronddruk en bij het linkerkopvlak een overwegend actieve gronddruk.

De kanteling van de poeren wordt tegengegaan door de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (Mwz; Fvz; Fhz), het verschil in gronddruk tegen het linker- (Fha; Mha), respectievelijk het rechterkopvlak (Fhp; Mhp) van de poer, de wrijving van de grond tegen het linker- (Fva) en rechterkopvlak (Fvp) en de gronddruk tegen de onderkant van de poer (Fvo; Mvo).

$$Mp_neerw = Mwz + Mhp - Mha + Fvp \cdot B + Mvo \quad (\text{linksom} = +)$$

$$Fv_neerw = Fvz + Fva + Fvp + Fvo \quad (\text{opwaarts} = +)$$

$$Fh_neerw = Fhz + Fhp - Fha \quad (\text{van rechts naar links} = +)$$

- a) Het berekenen van de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (Mwz, Fvz en Fhz) gaat als volgt.

Op een vlakje 0 op een afstand R van het draaipunt A werkt de neutrale gronddruk Sn. Bij draaiing van het vlakje om punt A ontstaat er een wrijvingskracht Fw, die loodrecht op de straal R is gericht en de draaiing tegenwerkt. Bij de berekening van de wrijvingskracht Fw wordt rekening gehouden met de afstand van vlakje 0 tot draaipunt A (R/Rmax). Met behulp van de cosinus en de sinus kan de verticale en de horizontale component bepaald worden. Vermenigvuldiging van Fw met de straal R geeft het tegenwerkend koppel Mw. Door nu het gehele oppervlak van beide zijwanden op deze manier af te tasten kunnen Mwz, Fvz en Fhz bepaald worden.

- Moment t.g.v. wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale hefboomsarm ten opzichte van het draaipunt A:

$$- R_{\max} = (B^2 + H^2)^{1/2} = (655.8^2 + 1300^2)^{1/2} = 1456 \text{ mm}$$

Maximale schuifspanning ter hoogte van het draaipunt A:

$$\begin{aligned} - T_{nA} &= sg \cdot (D + H) \cdot \lambda_{n-1} \cdot \tan(\phi_i) + c_0 \\ &= 15 \text{ E-6} \cdot (100 + 1300) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{ E-3} = 9.03 \text{ E-3 N/mm}^2 \end{aligned}$$

De totale momentcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de beide zijwanden van de poer kan door integratie bepaald worden. Uitschrijven resulteert in de volgende formule:

$$\begin{aligned}
 - M_{wz} &= \frac{2 \cdot H \cdot B}{R_{\max}} \cdot \left[T_n A \cdot \left(\frac{B^2}{3} + \frac{H^2}{3} \right) - s_g \cdot H \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) \cdot \left(\frac{B^2}{6} + \frac{H^2}{4} \right) \right] \\
 &= \frac{2 \cdot 1300 \cdot 655.8}{1456} \cdot \left[9.03 \text{E-}3 \cdot \left(\frac{655.8^2}{3} + \frac{1300^2}{3} \right) - 15 \text{E-}6 \cdot \tan(20^\circ) \cdot \left(\frac{655.8^2}{6} + \frac{1300^2}{4} \right) \right] = 4770 \text{E}3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- De verticale kracht ten gevolge van de wrijving tegen de zijvlakken van de poer kan op een soortgelijke manier bepaald worden.

Maximale schuifspanning op halve hoogte van de poer (centrum C):

$$\begin{aligned}
 - T_{nC} &= s_g \cdot (D + H/2) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 15 \text{E-}6 \cdot (100 + 1300/2) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{E-}3 = 6.69 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned}
 - F_{vz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_{nC} \cdot 0.5 \cdot B / R_{\max} \\
 &= 2 \cdot 1300 \cdot 655.8 \cdot 6.69 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 655.8 / 1456 = 2571 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Horizontale kracht ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale schuifspanning op 1/3-hoogte vanaf de bovenkant van de poer:

$$\begin{aligned}
 - T_{nD} &= s_g \cdot (D + H/3) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 15 \text{E-}6 \cdot (100 + 1300/3) \cdot 0.66 \cdot \tan(20^\circ) + 4 \text{E-}3 = 5.92 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned}
 - F_{hz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_{nD} \cdot 0.5 \cdot H / R_{\max} \\
 &= 2 \cdot 1300 \cdot 655.8 \cdot 5.92 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 1300 / 1456 = 4503 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- b) Het bepalen van de horizontale normaal- en de verticale schuifkrachten op het linker- en rechterkopvlak (F_{ha}, F_{va}, F_{hp} en F_{vp}) gaat als volgt.

Als de poer in de richting van de horizontale kracht op het punt staat te gaan draaien, dan wordt de grond aan de rechterzijde opgestuikt en aan de andere zijde losgelaten. Aan de zijde waar de grond wordt opgestuikt ontwikkelt de passieve gronddruk zich het best aan de bovenzijde van de poer, die het meest zijdelings verplaatst. Het niveau van de poer ter hoogte van het draaipunt verplaatst zijdelings niet, derhalve ontwikkelt zich aldaar de neutrale gronddruk. Tussen de passieve gronddruk aan de bovenzijde van de poer en de neutrale gronddruk aan de onderzijde van de poer wordt rechtlijnig geïnterpoleerd.

In formules:

- Rechts = passieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van passieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{hp} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/4) + \lambda_{p-p} * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 15 \text{ E-6} * 655.8 * 1300^2 * [0.66 * (100 /2 + 1300/4) \\
 &\quad + 2.04 * (100 + 1300/4)] = 6171 \text{ E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{vp} &= B * H * [T_{nC} + sg * (\lambda_{p-p} - \lambda_{n-n}) * \tan(\phi_i) * (D/2 + H/6)] \\
 &= 655.8 * 1300 * [6.69 \text{ E-3} + 15 \text{ E-6} * (2.04 - 0.66) * \tan(20^\circ) \\
 &\quad * (100 /2 + 1300/6)] = 7422 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{hp} &= sg * B * H * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/3) + \lambda_{p-p} * (D/2 + H/6)] \\
 &= 15 \text{ E-6} * 655.8 * 1300 * [0.66 * (100 /2 + 1300/3) \\
 &\quad + 2.04 * (100 /2 + 1300/6)] = 11022 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Aan de tegenovergelegen linkerzijde ontwikkelt zich iets dergelijks, nl. aan de bovenzijde komt de poer het meest vrij van de grond (actieve gronddruk), terwijl ook hier de poer ter hoogte van het draaipunt niet zijdelings verplaatst (neutrale gronddruk).

In formules:

- Links = actieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van actieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{ha} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_{n-n} * (D/2 + H/4) + \lambda_{a-a} * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 15 \text{ E-6} * 655.8 * 1300^2 * [0.66 * (100 /2 + 1300/4) \\
 &\quad + 0.49 * (100 + 1300/4)] = 2522 \text{ E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{va} &= B * H * [T_{nC} + sg * (\lambda_{a-a} - \lambda_{n-n}) * \tan(\phi_i) * (D/2 + H/6)] \\
 &= 655.8 * 1300 * [6.69 \text{ E-3} + 15 \text{ E-6} * (0.49 - 0.66) * \tan(20^\circ) \\
 &\quad * (100 /2 + 1300/6)] = 5499 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{ha} &= s_g * B * H * [\lambda_n * (D/2 + H/3) + \lambda_a * (D/2 + H/6)] \\
 &= 15E-6 * 655.8 * 1300 * [0.66 * (100/2 + 1300/3) \\
 &\quad + 0.49 * (100/2 + 1300/6)] = 5739 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c) Het berekenen van de maximale toelaatbare gronddruk tegen de onderkant van de poer (F_{vo} ; M_{vo}) gaat als volgt.

Er wordt vanuit gegaan, dat de poer ten gevolge van de overheersende neerwaartse kracht zoveel "zakt", dat overal tegen de onderkant van de poer de maximale grondspanning optreedt.

- Verticale kracht ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

$$- F_{vo} = S_{gr} * B^2 = 0.070 * 655.8^2 = 30106 \text{ N}$$

- Moment (rechtsom) ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

$$- M_{vo} = 1/2 * S_{gr} * B^3 = 1/2 * 0.070 * (655.8)^3 = 9872 \text{ E3 Nmm}$$

d) Met behulp van de afgeleide grootheden kan de kantelstabiliteit van de poeren bij een resulterende neerwaartse belasting worden afgeleid:

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned}
 - M_{p_neerw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + F_{vp} * B + M_{vo} \\
 &= 4770 + 6171 - 2522 + 7422 * 0.6558 + 9872 = 23158 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie (opwaarts = +):

$$\begin{aligned}
 - F_{v_neerw} &= F_{vz} + F_{va} + F_{vp} + F_{vo} \\
 &= 2571 + 5499 + 7422 + 30106 = 45597 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned}
 - F_{h_neerw} &= F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \\
 &= 4503 + 11022 - 5739 = 9787 \text{ N}
 \end{aligned}$$

In principe is een veel grotere horizontale oplegreactie mogelijk, namelijk $F_{h_max} = S_{gr} * B * H$. In dat geval treden echter ontoelaatbare horizontale verplaatsingen ($> 5,0 \text{ mm}$) op.

7.9.4.93 Kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (in gebruikstoestand):

Op analoge wijze kan de kantelstabiliteit van de poeren worden berekend bij opwaarts bezwijken. Dit treedt altijd op bij een resulterende opwaartse belasting maar kan ook optreden bij een geringe neerwaartse belasting. De poeren worden alleen nu verondersteld te willen kantelen om het rechterbenedenpunt B. Ten gevolge van de opwaartse belasting vervalt de gronddruk tegen de onderkant van de poer.

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned} - M_{p_opw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + F_{va} \cdot B \\ &= 4770 + 6171 - 2522 + 5499 \cdot 0.6558 = 12025 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie (opwaarts = +):

$$\begin{aligned} - F_{v_opw} &= F_{vz} + F_{va} + F_{vp} \\ &= 2571 + 5499 + 7422 = 15492 \text{ N} \end{aligned}$$

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned} - F_{h_opw} &= F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \\ &= 4503 + 11022 - 5739 = 9787 \text{ N} \end{aligned}$$

7.9.4.10 Maximale neerwaartse draagkracht volgens NEN 6744:

Bij de berekening van de maximale neerwaartse draagkracht volgens NEN 6744 wordt uitgegaan van een gedraineerde toestand volgens artikel 5.2.3. van NEN 6744.

a) Draagkrachtfactoren:

De draagkrachtfactoren volgens art. 5.2.3.3 van NEN 6744 zijn uitsluitend afhankelijk van de hoek van inwendige wrijving van de grond:

- Draagkrachtfactor voor de invloed van de gronddekking/diepte:

$$N_q = \exp[\pi \cdot \tan(\phi_i)] \cdot \tan(\pi/4 + \phi_i/2)^2 = 6.4$$

- Draagkrachtfactor voor de invloed van de cohesie:

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan(\phi_i)} = 14.8$$

- Draagkrachtfactor voor de invloed van het effectieve volumieke gewicht van de grond onder het funderingsoppervlak:

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\phi_i) = 3.9$$

b) Vormfactoren:

De vormfactoren volgens artikel 5.2.3.3 van NEN 6744 zijn afhankelijk van de voornoemde draagkrachtfactoren en van de vorm van het funderingsoppervlak. Voor een cirkelvormig of vierkant element geldt: $B_{eff} = L_{eff} = 1$

- Gronddekking/diepte: $s_q = 1 + 1.0 \cdot \sin(\phi_i) = 1.34$

- Invloed cohesie: $s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = 1.4$

- Eff. vol. gewicht: $s_{\gamma} = 1 - 0.3 \cdot 1.0 = 0.7$

c) Rekenwaarde van de (maximale) neerwaartse draagkracht (art. 5.2.3.3):

Voor de berekening in de gedraineerde toestand van de rekenwaarde van de maximale funderingsdruk loodrecht op het funderingsoppervlak gelden de volgende formules (art. 5.2.3.3 van NEN 6744):

- Cohesie: $S_{maxcd} = C_o * N_c * s_c = 0.083 \text{ N/mm}^2$
- Gronddekking: $S_{maxqd} = s_g * (D_{poer} + h_{poer}) * N_q * s_q = 0.180 \text{ N/mm}^2$
- Vol. gewicht: $S_{maxgd} = 0.5 * s_g * d_{poer} * N_{gamma} * s_{gamma} = 0.015 \text{ N/mm}^2$

Voor de totale maximale funderingsdruk geldt aldus:

$$S_{maxgrd} = S_{maxcd} + S_{maxqd} + S_{maxgd} = 0.279 \text{ N/mm}^2$$

Uitgaande van een volledig effectief funderingsoppervlak (dat wil o.a. zeggen: een centriscche neerwaartse belasting) geldt de volgende rekenwaarde van de draagkracht in gedraineerde toestand:

$$F_{maxgrd} = 0.25 * \pi * d_{poer}^2 * S_{maxgrd} = 119999 \text{ N}$$

Er wordt een extra veiligheidsfactor 1.5 in rekening gebracht onder andere voor niet-volledige effectiviteit van de poer (excentriciteiten) en een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond:

$$F_{maxgr} = \frac{F_{maxgrd}}{\gamma_{mag}} = \frac{119999}{1.5} = 79999 \text{ N}$$

d) Bepaling van de maatgevende neerwaartse draagkracht (zie ook 2.2):

$$F_{v_neerw} = \min(F_{maxgr}, F_{v_neerw}) = \min(79999, 45597) = 45597 \text{ N}$$

7.10 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

7.10.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspankolommen (trek = +):

a) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat
 (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (0.00 * 423) =	0 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	240 N/m ²	
- Neerwaartse belasting gevel = 240 * 12.80 / 2 * 4.50	=	6912 N
- E.g. goot bij de gevel = (4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50	=	788 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 / 2	=	1382 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 4.50	=	0 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00*0	=	0 N
----- +		
Totaal =		9082 N
Fvg' = -N' =		9082 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.00 * 423) =	423 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	663 N/m ²	
- Neerwaartse belasting gevel = 663 * 12.80 / 2 * 4.50	=	19108 N
- E.g. goot bij de gevel = (4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50	=	788 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 / 2	=	1382 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 4.50	=	0 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00*0	=	0 N
----- +		
Totaal =		21278 N
Fvg = -N =		21278 N

7.10.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $240 * 12.80 * 4.50 = 13824 \text{ N}$
- Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N}$
- Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 = 2764 \text{ N}$

----- +
Totaal = 17848 N
Fvk' = -N' = 17848 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $663 * 12.80 * 4.50 = 38216 \text{ N}$
- Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N}$
- Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 = 2764 \text{ N}$

----- +
Totaal = 42240 N
Fvk = -N = 42240 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Bij afwezigheid van wind speelt alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand een rol (rekentoestand):

- initiële scheefstand: $F_h = 1/258 * |42240| * 4 = 654 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

$F_{h,tot}' = 1/258 * |17848| * 4 = 277 \text{ N}$

$F_{hk}' = 277 / (4 + 1) = 55 \text{ N}$, $F_{hk} = 654 / (4 + 1) = 131 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale scheefstand van de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (druk) in de fundering van de rechter zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

- $F_{psk}' = 277 * \frac{2.88}{4 * 12.80} = 16 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, z_{gk} = 0$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, z_{gk} = F_{or} + F_{hv}, z_{gk} + F_{rl}, z_{gk} + F_{ab}, z_{gk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, z_{gk} = 0 \text{ N}$

- c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:
- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

7.10.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

	$\frac{1}{2}$	$h-h_{gd}$	$h-h_{or}$	$h-h_{br}$	M_{wl}	
- fundering: $R_f =$	$-\frac{1}{2}Q_w \cdot h$	$+\frac{h-h_{gd}}{h} \cdot F_{gd}$	$+\frac{h-h_{or}}{h} \cdot F_{or}$	$+\frac{h-h_{br}}{h} \cdot F_{br}$	$+\frac{M_{wl}}{h}$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
analoog in gebruikstoestand:						
$R_f' =$	0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
- goot: $R_g =$	$Q_w \cdot h$	$+ F_{gd}$	$+ F_{or}$	$+ F_{br}$	$- R_f$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$- 0$	$= 0 \quad \quad \quad \text{N}$

7.10.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	0 - 0	=	0 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbor = Qoor - For	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	0 - 0	=	0 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 3.200 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned} \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 0 & * 3.20/2 * (3.20-3.20) = 0 \text{ Nm} \\ \text{Totaal: } M_{\max, sk} & = 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\text{UCsterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-21278|}{300652} + \frac{|0|}{9370} = 0.071$$

controle: $0.071 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-21278|}{1148.5} + \frac{|0|}{41.595} = 18.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{UCspanning} = \text{Sigma}/f_y = 18.5 / 235.0 = 0.079$$

controle: $0.079 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} \text{Ky.2} &= \text{Cmy} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (\text{Chiy} * \text{NRk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.86 - 0.2) * (|-21278| / (0.623 * 300652 / 1.0))) = 0.97 \\ \text{Ky.3} &= \text{Cmy} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (\text{Chiy} * \text{NRk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-21278| / (0.623 * 300652 / 1.0))) = 0.98 \\ \text{Ky.b} &= \text{Min}(\text{Ky.2}, \text{Ky.3}) = \text{Min}(0.97, 0.98) = 0.97 \\ \text{Kz.b} &= 0.6 * \text{Ky.b} = 0.58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.1} &= |N_{Ed}| / (\text{Chiy} * \text{NRk} / 1.0) + \text{Ky.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * \text{My.Rk} / 1.0) \\ &= |-21278| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.97 * |0.0| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.114 + 0.000 = 0.114 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.2} &= |N_{Ed}| / (\text{Chiz} * \text{NRk} / 1.0) + \text{Kz.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * \text{My.Rk} / 1.0) \\ &= |-21278| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.114 + 0.000 = 0.114 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: UCstab.b} = \max(\text{UCstab.1}, \text{UCstab.2}) = \max(0.114, 0.114) = 0.114$$

controle: $0.114 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{5} \quad 0.000 \cdot 3200 \\
 - \text{Windstuwdruk + onderdruk: } & \frac{384}{5} \cdot \frac{1.24 \cdot 2.1E5 \cdot 179.0E4}{3200} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.24; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 - u2\text{-sk}' &= \frac{nysk'}{nysk'-1} \cdot u1\text{-sk}' \\
 - \text{Vergrotingsfactor: } & - nysk' = 362263 \quad / \quad |-9082| = 39.89 \\
 & - nysk'/nysk'-1 = 1.03
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2\text{-sk}' = 1.03 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 - \text{utoel-sk} &= h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 - 3200/150 &= 21.33 \text{ mm, dus: } \text{utoel-sk} = 21.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.1 : a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

7.10.5 Controle van de zijgevelgordingen:

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 0	N,	Nsg = 0	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{73196} + \frac{0}{2040} + \frac{0}{142} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{311.5} + \frac{0}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 235.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 600 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 195.15$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 21986 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.3046 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 0.8729$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5720$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6166 \quad \chi_{iy} = 0.4247$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.40$$

$$UC_{stab.1} = |N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{yy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{yz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.425 * 73196 / 1.0)$$

$$+ 0.40 * (|0.0| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.40 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab.2} = |N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{zy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{zz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.617 * 73196 / 1.0)$$

$$+ 1.00 * (|0.0| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.40 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 950
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{73196} + \frac{0}{2040} + \frac{0}{142} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{311.5} + \frac{0}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 235.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 600 mm
 correctiefactor C = 195.15
 kipmoment Mcr = 21986 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3046 lambdarel.z = 0.8729
 factor phiLT = 0.5720
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6166 Chiy = 0.4247

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.425 * 73196 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.617 * 73196 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 952
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

7.10.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.5 * 3.2 = 14.4 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4500 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 3.200 + 1920 = 2336 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.00 * 2336 * 4.500^2 = 5913 \text{ Nm}$

- controle : $21604 \text{ Nm} > 1.0 * 5913 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 0 + 131 = 131 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{131 * 400}{(200 - 2*(55 + 10)) * 2} = 374 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd}/(2*n_{hs}) = 131/(2*2) = 33 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(374^2 + 2 * 33^2)^{1/2}}{113} = 3.3 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $3.3 \text{ N/mm}^2 < 191 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4500 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4500 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = 21278	N (9082	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2336	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 131	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 0	N (0	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 131	N	

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $11019 \text{ Nm} < 23158 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-10831 \text{ Nm} < 12025 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|33316 \text{ N}| < 45597 \text{ N}$, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $55 \text{ N} < 9787 \text{ N}$, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

Verticale belasting per zijgevel per vakmaat:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Eigen gewicht dek } (1.00 * 140) = 140 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Installaties } (1.00 * 100) = 100 \text{ N/m}^2 \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & \quad \text{Totaal : } 240 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Neerwaartse belasting gevel} = 240 * 12.80 / 2 * 4.50 = 6912 \text{ N} \\
 & - \text{E.g. goot bij de gevel} = (4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht van het spant} = 1.00 * 2764 / 2 = 1382 \text{ N} \\
 & - \text{E.g. leidingen (incl. inhoud)} = 1.00 * 0 * 4.50 = 0 \text{ N} \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & \quad \text{Totaal} = 9082 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Verticale belasting per zijgevelspantkolom:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Fsvd1} = 9082 - 0 = 9082 \text{ N} \\
 & - \text{Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)} : \text{Fsvd1} = 9082 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht paal, poer en grond} : \text{Gfund} = 13419 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht randfundering} = 4.500 * 2336 : \text{Grand} = 10512 \text{ N} \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & - \text{Vert. belasting per :} \quad \text{Fsvd} = 33012 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\begin{aligned}
 & \text{Fsvd} \quad 33012 \\
 \text{Svd0} = & \text{-----} = 0.077 \text{ N/mm}^2 \\
 & \text{Apoer} \quad \pi/4 * 740^2
 \end{aligned}$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svod0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (100 + 1300) = 0.021 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svod0} = 0.077 - 0.021 = 0.056 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svod}(z)$
 waarin:

$$\text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right]$$

Afname van de toename van de verticale effectieve spanning onder de fundatie-poor als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.346$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.346} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.070 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.346 * 3.738 = 0.013 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.070 + 0.013 = 0.083$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.083 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD740*1300 mm voldoen
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

7.11 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

7.11.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspantkolommen (trek = +):

a) Berekening van de (gemiddelde) windfactor op het dek bij de zijgevel:

- Windfactor 1e kaphelft: $(+0.3 - (-0.3)) = 0.6$
 - Windfactor 2e kaphelft: $(-1.0 - (-0.3)) = -0.7$
 - Windfactor 3e kaphelft: $(-0.7 - (-0.3)) = -0.4$
 ----- +
 Gemiddelde windfactor = $-0.7 / 4 = -0.17$

b) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:
 - Eigen gewicht dek $(1.00 * 140) = 140 \text{ N/m}^2$
 - Gewasbelasting $(1.00 * 0) = 0 \text{ N/m}^2$
 - Installaties $(1.00 * 100) = 100 \text{ N/m}^2$
 ----- +
 Totaal : 240 N/m^2
 - Neerwaartse belasting gevel = $240 * 12.80 / 2 * 4.50 = 6912 \text{ N}$
 - E.g. goot bij de gevel = $(4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 / 2 = 1382 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $1.00 * 0 * 4.50 = 0 \text{ N}$
 - Transportlast = $0.00 * \max(1250, 1000) + 1.00 * 0 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 9082 N
 - Windbelasting = $12.80/2 * 4.50 * (-0.17) * (1.00 * 533) = -2684 \text{ N}$
 ----- +
 Fvg' = -N' = 6398 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek $(1.02 * 140) = 143 \text{ N/m}^2$
 - Gewasbelasting $(1.28 * 0) = 0 \text{ N/m}^2$
 - Installaties $(1.02 * 100) = 102 \text{ N/m}^2$
 ----- +
 Totaal : 245 N/m^2
 - Neerwaartse belasting gevel = $245 * 12.80 / 2 * 4.50 = 7059 \text{ N}$
 - E.g. goot bij de gevel = $(4+1)/2 * 1.02 * 70 * 4.50 = 804 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.02 * 2764 / 2 = 1411 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $1.02 * 0 * 4.50 = 0 \text{ N}$
 - Transportlast = $0.00 * \max(1250, 1000) + 1.02 * 0 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 9275 N
 - Windbelasting = $12.80/2 * 4.50 * (-0.17) * (1.28 * 533) = -3422 \text{ N}$
 ----- +
 Fvg = -N = 5853 N

7.11.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):
 In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $240 * 12.80 * 4.50 = 13824 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 = 2764 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 17848 N

- Windbelasting:
 $= 12.80 * 4.50 * ((-0.40 - 0.40)/2 - (-0.30)) * (1.00 * 533) = -3067 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk' = -N' = 14781 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $245 * 12.80 * 4.50 = 14118 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.02 * 70 * 4.50 = 1287 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.02 * 2764 = 2823 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 18228 N

- Windbelasting = $12.80 * 4.50 * (-0.2 - (-0.3)) * (1.28 * 533) = -3911 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk = -N = 14317 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Kaphoogte = $3.20/2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m}$

- Wvdek(links) = $wvfa + wvfc + wvfm * nMkap + wvfe = +0.300 - 0.70 - 0.400 * 0 - 0.40 = -0.800$
 - Wvdek(rechts) = $wvfb + wvfd + wvfn * nMkap + wvff = -1.000 - 0.50 - 0.400 * 0 - 0.40 = -1.900$

----- -
 Horizontale (wind)krachten door asymmetrie: Wvhor = +1.100

Windwrijving:

- Aantal kappen met krachtcoëfficiënt:
 $nKapCpf = \max(0, nKap - \max.mid.kap) = \max(0, 4 * 4 - 4) = 12$
 $Cfr,1 = Cpf,h * \tan(\alpha) = 0.03 * \tan(30.0) = 0.017$
 - Wvmid (wind) = $Cfr,1 * nKapCpf * bkap / hkap = 0.017 * 12 * 3200 / 924 = +0.720$

----- +
 Totale horizontale (wind)krachten: Wvdek = +1.820

Fhw,dek = $1.8 * 1.28 * 533 * 0.92 * 4.50 = 5137 \text{ N}$
 Fhw,gevel = $(0.6 + 0.3) * 1.28 * 533 * 3.20 * 4.50 = 8799 \text{ N}$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet bij druk rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

- wind Fh = $5137 + 0.5 * 8799 * 3.2 / (3.2 - 0.10 - 0.45/2) = 10034 \text{ N}$
 - initiële scheefstand: Fh = $1/258 * |14317| * 4 = 222 \text{ N}$

----- +
 Totale hor. kracht in spanrichting: Fh,tot = 10256 N

Fhk = $10256 / (4 + 1) = 2051 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

Fh,tot' = $7870 + 1/258 * |14781| * 4 = 8099 \text{ N}$

Fhk' = $8099 / (4 + 1) = 1620 \text{ N}$, Fhk = $10256 / (4 + 1) = 2051 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale windbelasting op de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (trek) in de fundering van de linker zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

2.88
 - Fpsk' = $-8099 * \frac{2.88}{4 * 12.80} = -455 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Windstuwdruk + onderdruk:
 Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.00
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_{w,zgk} = \text{oplegfactor} * h_{0,zgk} * (0.6 - (-0.3)) * \gamma * q_{wind}$
 $= 1.00 * 4.500 \text{ m} * (0.6 - (-0.3)) * 1.28 * 533 = 2749.8 \text{ N/m}$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de zijgevels.
 - $F_{gd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab,zgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or,zgk} = F_{or} + F_{hv,zgk} + F_{rl,zgk} + F_{ab,zgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N = 0 \quad \quad \quad N$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br,zgk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 961
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

7.11.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 4400 + 0 + 0 + 0 + 0 = 4400 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 3451 + 0 + 0 + 0 + 0 = 3451 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 8799 + 0 + 0 + 0 - 4400 = 4400 \quad N
 \end{aligned}$$

7.11.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	4400	=	4400 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	4400 - 8799	=	-4400 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-4400 - 0	=	-4400 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-4400 - -1512	=	-2887 N
	Qbor = Qoor - For	=	-2887 - 0	=	-2887 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-2887 - 1237	=	-4125 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-4125 - 0	=	-4125 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-4125 - 275	=	-4400 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 1.600 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	2750 * 1.60/2 * (3.20-1.60)	=	3520 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,sk	=	3520 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-5853|}{300652} + \frac{|3520|}{9370} = 0.395$$

controle: 0.395 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-5853|}{1148.5} + \frac{|3520|}{41.595} = 89.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 89.7 / 235.0 = 0.382$$

controle: 0.382 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.86 - 0.2) * (|-5853| / (0.623 * 300652 / 1.0))) = 0.92 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-5853| / (0.623 * 300652 / 1.0))) = 0.92 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.92, 0.92) = 0.92 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-5853| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.92 * |3519.8| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.031 + 0.345 = 0.376 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-5853| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.55 * |3519.8| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.031 + 0.207 = 0.238 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.376, 0.238) = 0.376$$

controle: 0.376 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{2.750^4}{1.24 \cdot 2.1E5 \cdot 179.0E4} = 8.09 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.24; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = 8.09 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = 6.34 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & u2\text{-sk}' = \frac{nysk'}{nysk' - 1} \cdot u1\text{-sk}' \\
 & \text{Vergrotingsfactor: } - \frac{nysk'}{nysk' - 1} = 1.02 \\
 & \text{Vergrotingsfactor: } - \frac{nysk'}{nysk' - 1} = 1.02
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$u2\text{-sk}' = 1.02 \cdot 6.34 = 6.46 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{utoel-sk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & 3200/150 = 21.33 \text{ mm, dus: } \text{utoel-sk} = 21.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$\text{controle: } 6.5 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

7.11.5 Controle van de zijgevelgordingen:

- a) Berekening van de krachtsverdeling:

$$\begin{aligned}
 & \text{Windstuwdruk + onderdruk:} \\
 & \text{Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:} \\
 & \text{De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.} \\
 & Q_w, zgg = zgg_{hmax} \cdot (0.6 - (-0.3)) \cdot \gamma \cdot q_{wind}(\text{ongereducerd}) \\
 & = 1.925 \text{ m} \cdot (0.6 - (-0.3)) \cdot 1.28 \cdot 533 = 1176 \text{ N/m} \\
 & \text{Normaalkracht tgv scheefstand: } N_{sg}' = 0 \quad N, \quad N_{sg} = 0 \quad N \\
 & \text{Normaalkracht tgv gewasdraadboog:} \\
 & \text{Trekkracht op de gevel per draad: } T_{gd}' = 0 \quad N, \quad T_{gd} = 0 \quad N \\
 & \text{Normaalkracht in de draadboog: } T_{db}' = 0 \quad N, \quad T_{db} = 0 \quad N \\
 & \text{Normaalkracht in de gording: } N_{db}' = 0 \quad N, \quad N_{db} = 0 \quad N \\
 & \text{Normaalkracht tgv regenleiding: } N_{rg}' = 0 \quad N, \quad N_{rg} = 0 \quad N \\
 & \text{Normaalkracht tgv belichting aan draad: } N_{li}' = 0 \quad N, \quad N_{li} = 0 \quad N
 \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{73196} + \frac{1573}{2040} + \frac{0}{142} = 0.771$$

controle: 0.771 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{311.5} + \frac{1573}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 181.1 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 181.1 / 235.0 = 0.771$$

controle: 0.771 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.5959 \quad C_2 = -0.013$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 600 \text{ mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 170.60$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 19220 \text{ Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.3258 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 0.8729$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5839$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6166 \quad \chi_{iy} = 0.4247$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 1572.55$, $M_2 = 1572.55$, $M_s = -786.27$, $M_{kip} = 262.09$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.67 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.67 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.67$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{(|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|)}{(\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0)} + K_{yz.b} * \frac{(|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|)}{(M_{z.Rk} / 1.0)} = 0 + 0.40 * \frac{(|1572.5| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.67 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.308 + 0.000 = 0.308$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{(|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|)}{(\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0)} + K_{zz.b} * \frac{(|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|)}{(M_{z.Rk} / 1.0)} = 0 + 1.00 * \frac{(|1572.5| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.67 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.771 + 0.000 = 0.771$$

controle: 0.771 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 965
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 6.97 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 6.97 / 30.00 = 0.23$$

controle: 0.23 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 \quad / (Ned' + 0.00001) = 4.92E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 6.97 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 6.97 / 30.00 = 0.23$$

controle: 0.23 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{73196} + \frac{941}{2040} + \frac{0}{142} = 0.461$$

controle: 0.461 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{311.5} + \frac{941}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 108.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 108.4 / 235.0 = 0.461$$

controle: 0.461 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.5959 \quad C2 = -0.013 \\ \text{kiplengte} \quad L = 600 \text{ mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 170.60 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 19220 \text{ Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{brel.LT} = 0.3258 \quad \lambda_{brel.z} = 0.8729 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5839 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6166 \quad \chi_{iy} = 0.4247$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 940.95$, $M2 = 940.95$, $Ms = -470.48$, $Mkip = 156.83$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{brel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.67 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.67 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{brel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{brel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.67$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.425 * 73196 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|941.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.67 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.184 + 0.000 = 0.184 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.617 * 73196 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|941.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.67 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.461 + 0.000 = 0.461$$

controle: 0.461 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 967
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 4.17 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 4.17 / 30.00 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 \quad / (Ned' + 0.00001) = 4.92E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 4.17 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 4.17 / 30.00 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

7.11.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.5 * 3.2 = 14.4 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4500 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 3.200 + 1920 = 2336 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.02 * 2336 * 4.500^2 = 6039 \text{ Nm}$

- controle : $21604 \text{ Nm} > 1.0 * 6039 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 4400 + 2051 = 6451 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{6451 * 400}{(200 - 2*(55 + 10)) * 2} = 18431 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 6451 / (2 * 2) = 1613 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(18431^2 + 2 * 1613^2)^{1/2}}{113} = 163.3 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $163.3 \text{ N/mm}^2 < 191 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4500 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4500 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = 5853	N (6398	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2336	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 2051	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 4400	N (3451	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 6451	N	

7.11.7 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neer = +) $F_{vk}' = F_{vg}' + F_{psk}' = 5943 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de gevelkolom ($1.00 \cdot 289$) : $F_{egk}' = 289 \text{ N}$
 - Eigen gewicht poer ($1.00 \cdot 13419$) : $G_{fund} = 13419 \text{ N}$
 - Gewicht fundering en gevel ($1.00 \cdot 4.500 \cdot 2336$) : $G_{rand} = 10512 \text{ N}$
 ----- +
 - Vert. belasting per poer: $F_{vp} = 30162 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $M_{hp} = (R_f' + F_{hk}') \cdot (f_h + D + H)$
 $= (3451 + 1620) \cdot (0.300 + 0.100 + 1.300) = 8620 \text{ Nm}$
 - Verticaal : $M_{vp} = |F_{vp}| \cdot 0.5 \cdot B$
 $= |30162| \cdot 0.5 \cdot 0.656 = 9890 \text{ Nm}$
 ----- +
 - Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} + M_{vp} \quad M_p = 18510 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} - M_{vp} \quad M_p = -1270 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $18510 \text{ Nm} < 23158 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-1270 \text{ Nm} < 12025 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|30162 \text{ N}| < 45597 \text{ N}$, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $5070 \text{ N} < 9787 \text{ N}$, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

Verticale belasting per zijgevel per vakmaat:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Eigen gewicht dek } (1.00 * 140) = 140 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Gewasbelasting } (0.20 * 0) = 0 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Installaties } (1.00 * 100) = 100 \text{ N/m}^2 \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & \quad \text{Totaal : } 240 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Neerwaartse belasting gevel} = 240 * 12.80 / 2 * 4.50 = 6912 \text{ N} \\
 & - \text{E.g. goot bij de gevel} = (4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht van het spant} = 1.00 * 2764 / 2 = 1382 \text{ N} \\
 & - \text{E.g. leidingen (incl. inhoud)} = 1.00 * 0 * 4.50 = 0 \text{ N} \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & \quad \text{Totaal} = 9082 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Verticale belasting per zijgevelspantkolom:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Fsvd1} = 9082 - 0 = 9082 \text{ N} \\
 & - \text{Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)} : \text{Fsvd1} = 9082 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht paal, poer en grond} : \text{Gfund} = 13419 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht randfundering} = 4.500 * 2336 : \text{Grand} = 10512 \text{ N} \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & - \text{Vert. belasting per :} \quad \text{Fsvd} = 33012 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\begin{aligned}
 & \text{Fsvd} \quad 33012 \\
 \text{Svd0} &= \text{-----} = \text{-----} = 0.077 \text{ N/mm}^2 \\
 & \text{Apoer} \quad \pi/4 * 740^2
 \end{aligned}$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svd0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (100 + 1300) = 0.021 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svd0} = 0.077 - 0.021 = 0.056 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svd}(z)$

waarin:

$$\begin{aligned}
 \text{dSvd}(z) &= \text{dSvd0} * \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.5 * \text{dpoer}}{z} \right)^{1.5}} \right] \quad \text{Afname van de toename van de} \\
 & \quad \text{verticale effectieve spanning} \\
 & \quad \text{onder de fundatie-poer} \\
 & \quad \text{als functie van de diepte } z
 \end{aligned}$$

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.346$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.346} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.070 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.346 * 3.738 = 0.013 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.070 + 0.013 = 0.083$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.083 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD740*1300 mm voldoen bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

7.12 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

7.12.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspankolommen (trek = +):

a) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat

(neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)=	140 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.00 * 423) =	423 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 100) =	100 N/m ²	
----- +		
Totaal :	663 N/m ²	
- Neerwaartse belasting gevel = 663 * 12.80 / 2 * 4.50	=	19108 N
- E.g. goot bij de gevel = (4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50	=	788 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 / 2	=	1382 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 4.50	=	0 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.00*0	=	0 N
----- +		
Totaal =	21278 N	
Fvg' = -N' =	21278 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.02 * 140)=	143 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.28 * 423) =	540 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(1.28 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.02 * 100) =	102 N/m ²	
----- +		
Totaal :	785 N/m ²	
- Neerwaartse belasting gevel = 785 * 12.80 / 2 * 4.50	=	22609 N
- E.g. goot bij de gevel = (4+1)/2 * 1.02 * 70 * 4.50	=	804 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.02 * 2764 / 2	=	1411 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.02 * 0 * 4.50	=	0 N
- Transportlast = 0.00 * max(1250 , 1000) + 1.02*0	=	0 N
----- +		
Totaal =	24825 N	
Fvg = -N =	24825 N	

7.12.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $663 * 12.80 * 4.50 = 38216 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 = 2764 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 42240 N
 Fvk' = -N' = 42240 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $785 * 12.80 * 4.50 = 45218 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.02 * 70 * 4.50 = 1287 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.02 * 2764 = 2823 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 49328 N
 Fvk = -N = 49328 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Bij afwezigheid van wind speelt alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand een rol (rekentoestand):

- initiële scheefstand: $F_h = 1/258 * |49328| * 4 = 764 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

$F_{h,tot}' = 1/258 * |42240| * 4 = 654 \text{ N}$

$F_{hk}' = 654 / (4 + 1) = 131 \text{ N}$, $F_{hk} = 764 / (4 + 1) = 153 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale scheefstand van de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (druk) in de fundering van de rechter zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

- $F_{psk}' = 654 * \frac{2.88}{4 * 12.80} = 37 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, z_{gk} = 0$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de zijgevels.
 - $F_{gd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, z_{gk} = F_{or} + F_{hv}, z_{gk} + F_{rl}, z_{gk} + F_{ab}, z_{gk} =$
 $= 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} = 0 \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, z_{gk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:
 - Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

7.12.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

	$\frac{1}{2}$	$\frac{h-h_{gd}}{h}$	$\frac{h-h_{or}}{h}$	$\frac{h-h_{br}}{h}$	$\frac{M_{wl}}{h}$	
- fundering: $R_f =$	$-\frac{1}{2}Q_w \cdot h$	$+\frac{h-h_{gd}}{h}F_{gd}$	$+\frac{h-h_{or}}{h}F_{or}$	$+\frac{h-h_{br}}{h}F_{br}$	$+\frac{M_{wl}}{h}$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
analoog in gebruikstoestand:						
$R_f' =$	0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
- goot: $R_g =$	$Q_w \cdot h$	$+ F_{gd}$	$+ F_{or}$	$+ F_{br}$	$- R_f$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$- 0$	N

7.12.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	0 - 0	=	0 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbor = Qoor - For	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	0 - 0	=	0 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 3.200 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned} \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 0 & * 3.20/2 * (3.20-3.20) = 0 \text{ Nm} \\ \text{Totaal: } M_{\max, sk} & = 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\text{UCsterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-24825|}{300652} + \frac{|0|}{9370} = 0.083$$

controle: 0.083 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma} = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-24825|}{1148.5} + \frac{|0|}{41.595} = 21.6 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{UCspanning} = \text{Sigma}/f_y = 21.6 / 235.0 = 0.092$$

controle: 0.092 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} \text{Ky.2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,dare,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.86 - 0.2) * (|-24825| / (0.623 * 300652 / 1.0))) = 0.98 \\ \text{Ky.3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-24825| / (0.623 * 300652 / 1.0))) = 1.00 \\ \text{Ky.b} &= \min(\text{Ky.2}, \text{Ky.3}) = \min(0.98, 1.00) = 0.98 \\ \text{Kz.b} &= 0.6 * \text{Ky.b} = 0.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + \text{Ky.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-24825| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.98 * |0.0| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.133 + 0.000 = 0.133 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + \text{Kz.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-24825| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.59 * |0.0| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.133 + 0.000 = 0.133 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: UCstab.b} = \max(\text{UCstab.1}, \text{UCstab.2}) = \max(0.133, 0.133) = 0.133$$

controle: 0.133 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 3200^4}{1.24 \cdot 2.1E5 \cdot 179.0E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.24; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1-sk = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1-sk' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2-sk' = \frac{nysk'}{nysk'-1} \cdot u1-sk' \\
 & - \text{Vergrotingsfactor: } - nysk' = 362263 / |-21278| = 17.03 \\
 & \quad - nysk'/nysk'-1 = 1.06
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2-sk' = 1.06 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - \text{utoel-sk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 3200/150 = 21.33 \text{ mm, dus: } \text{utoel-sk} = 21.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.3 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

7.12.5 Controle van de zijgevelgordingen:

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 0	N,	Nsg = 0	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{73196} + \frac{0}{2040} + \frac{0}{142} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{311.5} + \frac{0}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 235.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 600 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 195.15$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 21986 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.3046 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 0.8729$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5720$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6166 \quad \chi_{iy} = 0.4247$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.40$$

$$UC_{stab.1} = |N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{yy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{yz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.425 * 73196 / 1.0)$$

$$+ 0.40 * (|0.0| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.40 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab.2} = |N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{zy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{zz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.617 * 73196 / 1.0)$$

$$+ 1.00 * (|0.0| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.40 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 979
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{73196} + \frac{0}{2040} + \frac{0}{142} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{311.5} + \frac{0}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 235.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 600 mm
 correctiefactor C = 195.15
 kipmoment Mcr = 21986 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3046 lambdarel.z = 0.8729
 factor phiLT = 0.5720
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6166 Chiy = 0.4247

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.425 * 73196 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.617 * 73196 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 981
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

7.12.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.5 * 3.2 = 14.4 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4500 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 3.200 + 1920 = 2336 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.02 * 2336 * 4.500^2 = 6039 \text{ Nm}$

- controle : $21604 \text{ Nm} > 1.0 * 6039 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 0 + 153 = 153 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{153 * 400}{(200 - 2*(55 + 10)) * 2} = 437 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 153 / (2 * 2) = 38 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(437^2 + 2 * 38^2)^{1/2}}{113} = 3.9 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $3.9 \text{ N/mm}^2 < 191 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4500 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4500 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = 24825	N (21278 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2336	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 153	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 0	N (0 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 153	N

7.12.7 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neer = +) $F_{vk}' = F_{vg}' + F_{psk}' = 21314 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00×289) : $F_{egk}' = 289 \text{ N}$
 - Eigen gewicht poer (1.00×13419) : $G_{fund} = 13419 \text{ N}$
 - Gewicht fundering en gevel ($1.00 \times 4.500 \times 2336$) : $G_{rand} = 10512 \text{ N}$
 ----- +
 - Vert. belasting per poer: $F_{vp} = 45534 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $M_{hp} = (R_f' + F_{hk}') \times (f_h + D + H)$
 $= (0 + 131) \times (0.300 + 0.100 + 1.300) = 222 \text{ Nm}$
 - Verticaal : $M_{vp} = |F_{vp}| \times 0.5 \times B$
 $= |45534| \times 0.5 \times 0.656 = 14931 \text{ Nm}$
 ----- +
 - Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} + M_{vp} = 15153 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} - M_{vp} = -14708 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $15153 \text{ Nm} < 23158 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-14708 \text{ Nm} < 12025 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|45534 \text{ N}| < 45597 \text{ N}$, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $131 \text{ N} < 9787 \text{ N}$, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

Verticale belasting per zijgevel per vakmaat:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140) = 140 N/m²
 - Gewasbelasting (0.20 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting gevel = 240 * 12.80 / 2 * 4.50 = 6912 N
 - E.g. goot bij de gevel = (4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 / 2 = 1382 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 4.50 = 0 N
 ----- +
 Totaal = 9082 N

Verticale belasting per zijgevelspantkolom:

- Fsvd1 = 9082 - 0 = 9082 N
 - Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 9082 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 13419 N
 - Eigen gewicht randfundering = 4.500 * 2336 : Grand = 10512 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 33012 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$Svd0 = \frac{Fsvd}{Apoer} = \frac{33012}{\pi/4 * 740^2} = 0.077 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$Svod0 = sg * (Dpoer + hpoer) = 0.0000150 * (100 + 1300) = 0.021 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$dSvd0 = Svd0 - Svod0 = 0.077 - 0.021 = 0.056 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $dSvd(z) > 0.20 * Svod(z)$

waarin:

$$dSvd(z) = dSvd0 * \left[1 - \frac{1}{0.5 * dpoer} \left(\frac{z}{1.5} \right)^{1.5} \right]$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.346$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.346} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.070 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.346 * 3.738 = 0.013 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.070 + 0.013 = 0.083$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.083 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD740*1300 mm voldoen
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

7.13 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

7.13.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspantkolommen (trek = +):

a) Berekening van de (gemiddelde) windfactor op het dek bij de zijgevel:

- Windfactor 1e kaphelft: $(+0.3-(+0.2)) = 0.1$
 - Windfactor 2e kaphelft: $(-1.0-(+0.2)) = -1.2$
 - Windfactor 3e kaphelft: $(-0.7-(+0.2)) = -0.9$
 ----- +
 Gemiddelde windfactor = $-2.7 / 4 = -0.68$

b) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek $(1.00 * 140) = 140 \text{ N/m}^2$
 - Neerwaartse belasting gevel = $140 * 12.80 / 2 * 4.50 = 4032 \text{ N}$
 - E.g. goot bij de gevel = $(4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 / 2 = 1382 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 4.50 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 6202 N
 - Windbelasting = $12.80/2 * 4.50 * (-0.68) * (1.00 * 533) = -10352 \text{ N}$
 ----- +
 Fvg' = -N' = -4151 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek $(1.00 * 140) = 140 \text{ N/m}^2$
 - Neerwaartse belasting gevel = $140 * 12.80 / 2 * 4.50 = 4032 \text{ N}$
 - E.g. goot bij de gevel = $(4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 / 2 = 1382 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 4.50 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 6202 N
 - Windbelasting = $12.80/2 * 4.50 * (-0.68) * (1.28 * 533) = -13199 \text{ N}$
 ----- +
 Fvg = -N = -6998 N

7.13.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $140 * 12.80 * 4.50 = 8064 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 = 2764 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 12088 N

- Windbelasting:

= $12.80 * 4.50 * ((-0.40 - 0.40)/2 - (+0.20)) * (1.00 * 533) = -18404 \text{ N}$

----- +
 Fvk' = -N' = -6316 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $140 * 12.80 * 4.50 = 8064 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 = 2764 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 12088 N

- Windbelasting = $12.80 * 4.50 * (-0.2 - (+0.2)) * (1.28 * 533) = -23465 \text{ N}$

----- +
 Fvk = -N = -11377 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Kaphoogte = $3.20/2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m}$

- Wvdek(links) = $wvfa + wvfc + wvfm * nMkap + wvfe = +0.300 - 0.70 - 0.400 * 0 - 0.40 = -0.800$

- Wvdek(rechts) = $wvfb + wvfd + wvfn * nMkap + wvff = -1.000 - 0.50 - 0.400 * 0 - 0.40 = -1.900$

----- -
 Horizontale (wind)krachten door asymmetrie: Wvhor = +1.100

Windwrijving:

- Aantal kappen met krachtcoëfficiënt:

$nKapCpf = \max(0, nKap - \max.mid.kap) = \max(0, 4 * 4 - 4) = 12$

$Cfr,1 = Cpf,h * \tan(\alpha) = 0.03 * \tan(30.0) = 0.017$

- Wvmid (wind) = $Cfr,1 * nKapCpf * bkap / hkap = 0.017 * 12 * 3200 / 924 = +0.720$

----- +
 Totale horizontale (wind)krachten: Wvdek = +1.820

Fhw,dek = $1.8 * 1.28 * 533 * 0.92 * 4.50 = 5137 \text{ N}$

Fhw,gevel = $(0.6 + 0.3) * 1.28 * 533 * 3.20 * 4.50 = 8799 \text{ N}$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet bij druk rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

- wind Fh = $5137 + 0.5 * 8799 * 3.2 / (3.2 - 0.10 - 0.45/2) = 10034 \text{ N}$

- initiële scheefstand: Fh = $1/258 * |-11377| * 4 = 176 \text{ N}$

----- +
 Totale hor. kracht in spanrichting: Fh,tot = 10210 N

Fhk = $10210 / (4 + 1) = 2042 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

Fh,tot' = $7870 + 1/258 * |-6316| * 4 = 7968 \text{ N}$

Fhk' = $7968 / (4 + 1) = 1594 \text{ N}$, Fhk = $10210 / (4 + 1) = 2042 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale windbelasting op de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (trek) in de fundering van de linker zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

2.88
 - Fpsk' = $-7968 * \frac{2.88}{4 * 12.80} = -447 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.00
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_{w,zgk} = \text{oplegfactor} * \text{hohzgk} * (0.6 - (+0.2)) * \gamma * q_{wind}$
 $= 1.00 * 4.500 \text{ m} * (0.6 - (+0.2)) * 1.28 * 533 = 1222.1 \text{ N/m}$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab,zgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or,zgk} = F_{or} + F_{hv,zgk} + F_{rl,zgk} + F_{ab,zgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N = 0 \quad \quad \quad N$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br,zgk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

7.13.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 1955 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1955 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 1534 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1534 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 3911 + 0 + 0 + 0 - 1955 = 1955 \quad N
 \end{aligned}$$

7.13.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	1955	=	1955 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	1955 - 3911	=	-1955 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-1955 - 0	=	-1955 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-1955 - -672	=	-1283 N
	Qbor = Qoor - For	=	-1283 - 0	=	-1283 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-1283 - 550	=	-1833 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-1833 - 0	=	-1833 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-1833 - 122	=	-1955 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 1.600 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	1222 * 1.60/2 * (3.20-1.60)	=	1564 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,sk	=	1564 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

NEd	My.Ed	6998	1564
-----	-----	-----	-----
Nc.Rd	My.C.Rd	300652	9370

UCsterkte = ----- + ----- = 0.190

controle: 0.190 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

NEd	My.Ed	6998	1564
-----	-----	-----	-----
A	Wpl.y	1148.5	41.595

Sigma: ----- + ----- = 43.7 N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 43.7 / 235.0 = 0.186

controle: 0.186 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 992
 SP5 Versie: 3.10
 Versie: 2.01
 ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{array}{rcl}
 & & 4 \\
 & 5 & 1.222 * 3200 \\
 - \text{Windstuwdruk} + \text{onderdruk:} & \text{---} * \text{-----} & = 3.59 \text{ mm} \\
 & 384 & 1.24 * 2.1E5 * 179.0E4 \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.24; zie rapport BI-92-0063*)} & \\
 & & \text{-----} + \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = & 3.59 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = & 2.82 \text{ mm)}
 \end{array}$$

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de spantkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u2-sk' = u1-sk' = 2.82 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
(conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned} - \text{utoel-sk} &= h/150 < 30.0 \text{ mm} \\ - 3200/150 &= 21.33 \text{ mm, dus: utoel-sk} = 21.33 \text{ mm} \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$- \text{controle: } 2.8 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

7.13.5 Controle van de zijgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$\begin{aligned} - Q_w, zgg &= zgg_{hohmax} * (0.6 - (+0.2)) * \gamma * q_{wind}(\text{ongereducerd}) \\ &= 1.925 \text{ m} * (0.6 - (+0.2)) * 1.28 * 533 = 523 \text{ N/m} \end{aligned}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 0	N,	Nsg = 0	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{73196} + \frac{699}{2040} + \frac{0}{142} = 0.343$$

controle: 0.343 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{311.5} + \frac{699}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 80.5 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 80.5 / 235.0 = 0.343$$

controle: 0.343 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.5959 \quad C_2 = -0.013$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 600 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 170.60$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 19220 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.3258 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 0.8729$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5839$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6166 \quad \chi_{iy} = 0.4247$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 698.91$, $M_2 = 698.91$, $M_s = -349.45$, $M_{kip} = 116.48$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.67 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 / (0.67 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.67$$

$$UC_{stab.1} = |N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{yy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{yz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.425 * 73196 / 1.0)$$

$$+ 0.40 * (|698.9| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.67 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.137 + 0.000 = 0.137$$

$$UC_{stab.2} = |N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{zy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{zz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.617 * 73196 / 1.0)$$

$$+ 1.00 * (|698.9| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.67 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.343 + 0.000 = 0.343$$

controle: 0.343 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 995
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAAcAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 3.10 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 3.10 / 30.00 = 0.10$$

controle: $0.10 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 \quad / (Ned' + 0.00001) = 4.92E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 3.10 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 3.10 / 30.00 = 0.10$$

controle: $0.10 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{73196} + \frac{418}{2040} + \frac{0}{142} = 0.205$$

controle: 0.205 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{311.5} + \frac{418}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 48.2 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 48.2 / 235.0 = 0.205$$

controle: 0.205 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.5959 \quad C2 = -0.013 \\ \text{kiplengte} \quad L = 600 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 170.60 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 19220 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \text{lambda}rel.LT = 0.3258 \quad \text{lambda}rel.z = 0.8729 \\ \text{factor} \quad \text{phi}LT = 0.5839 \\ \text{correctiefactor} \quad \text{Chi}LT = 1.0000 \quad \text{Chiz} = 0.6166 \quad \text{Chiy} = 0.4247$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 418.20$, $M2 = 418.20$, $Ms = -209.10$, $Mkip = 69.70$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \text{lambda}rel.y * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \text{Min}(Kyy.2, Kyy.3) = \text{Min}(0.40, 0.40) = 0.40 \\ Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \text{lambda}rel.z / (\text{Cm}LT - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.67 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (\text{Cm}LT - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.67 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambda}rel.z < 0.4, \text{Min}(0.6 + \text{lambda}rel.z, Kzz.2), \text{Max}(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.67$$

$$UCstab.1 = |Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0) + Kyy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0) + Kyz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.425 * 73196 / 1.0) + 0.40 * (|418.2| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.67 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.082 + 0.000 = 0.082 \\ UCstab.2 = |Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0) + Kzy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0) + Kzz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.617 * 73196 / 1.0) + 1.00 * (|418.2| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.67 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.205 + 0.000 = 0.205$$

controle: 0.205 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 997
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.85 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.85 / 30.00 = 0.06$$

controle: 0.06 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 \quad / (Ned' + 0.00001) = 4.92E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.85 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.85 / 30.00 = 0.06$$

controle: 0.06 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

7.13.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.5 * 3.2 = 14.4 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4500 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 3.200 + 1920 = 2336 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.00 * 2336 * 4.500^2 = 5913 \text{ Nm}$

- controle : $21604 \text{ Nm} > 1.0 * 5913 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 1955 + 2042 = 3997 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{3997 * 400}{(200 - 2*(55 + 10)) * 2} = 11421 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 3997 / (2 * 2) = 999 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(11421^2 + 2 * 999^2)^{1/2}}{113} = 101.2 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $101.2 \text{ N/mm}^2 < 191 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4500 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4500 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = -6998	N (-4151 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2336	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 2042	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 1955	N (1534 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 3997	N

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $11750 \text{ Nm} < 23158 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-1118 \text{ Nm} < 12025 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|19621 \text{ N}| < 45597 \text{ N}$, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $3127 \text{ N} < 9787 \text{ N}$, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

Verticale belasting per zijgevel per vakmaat:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting gevel = 140 * 12.80 / 2 * 4.50	= 4032 N
- E.g. goot bij de gevel = (4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50	= 788 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 / 2	= 1382 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 0 * 4.50	= 0 N
	----- +
	Totaal = 6202 N

Verticale belasting per zijgevelspantkolom:

- Fsvd1 = 6202 - 0	= 6202 N
- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 =	6202 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund =	13419 N
- Eigen gewicht randfundering = 4.500 * 2336 : Grand =	10512 N
	----- +
- Vert. belasting per :	Fsvd = 30132 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

Fsvd	30132
Svd0 = -----	= 0.070 N/mm ²
Apoer	pi/4 * 740 ²

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

Svd0 = sg * (Dpoer + hpoer) = 0.0000150 * (100 + 1300) = 0.021 N/mm²

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

dSvd0 = Svd0 - Svod0 = 0.070 - 0.021 = 0.049 N/mm²

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: dSvd(z) > 0.20 * Svod(z)
 waarin:

dSvd(z) = dSvd0 * [1 -	1	Afname van de toename van de
-----	0.5 * dpoer	verticale effectieve spanning
(-----) ^{1.5}	z	onder de fundatie-poor
		als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.343$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.343} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.064 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.343 * 3.738 = 0.013 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.064 + 0.013 = 0.077$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.077 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD740*1300 mm voldoen
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay up wind)

7.14 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

7.14.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspantkolommen (trek = +):

a) Berekening van de (gemiddelde) windfactor op het dek bij de zijgevel:

- Windfactor 1e kaphelft: $(+0.3-(+0.2)) = 0.1$
 - Windfactor 2e kaphelft: $(-1.0-(+0.2)) = -1.2$
 - Windfactor 3e kaphelft: $(-0.7-(+0.2)) = -0.9$
 ----- +
 Gemiddelde windfactor = $-2.7 / 4 = -0.68$

b) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek $(1.00 * 140) = 140 \text{ N/m}^2$
 - Neerwaartse belasting gevel = $140 * 12.80 / 2 * 4.50 = 4032 \text{ N}$
 - E.g. goot bij de gevel = $(4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 / 2 = 1382 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 4.50 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 6202 N
 - Windbelasting = $12.80/2 * 4.50 * (-0.68) * (1.00 * 533) = -10352 \text{ N}$
 ----- +
 Fvg' = -N' = -4151 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek $(1.00 * 140) = 140 \text{ N/m}^2$
 - Neerwaartse belasting gevel = $140 * 12.80 / 2 * 4.50 = 4032 \text{ N}$
 - E.g. goot bij de gevel = $(4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 / 2 = 1382 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 4.50 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 6202 N
 - Windbelasting = $12.80/2 * 4.50 * (-0.68) * (1.28 * 533) = -13199 \text{ N}$
 ----- +
 Fvg = -N = -6998 N

7.14.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):
 In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $140 * 12.80 * 4.50 = 8064 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 = 2764 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 12088 N

- Windbelasting:
 $= 12.80 * 4.50 * ((-0.40 - 0.40)/2 - (+0.20)) * (1.00 * 533) = -18404 \text{ N}$

----- +
 Fvk' = -N' = -6316 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $140 * 12.80 * 4.50 = 8064 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 = 2764 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 12088 N

- Windbelasting = $12.80 * 4.50 * (-0.2 - (+0.2)) * (1.28 * 533) = -23465 \text{ N}$

----- +
 Fvk = -N = -11377 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Kaphoogte = $3.20/2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m}$

- Wvdek(links) = $wvfa + wvfc + wvfm * nMkap + wvfe = +0.300 - 0.70 - 0.400 * 0 - 0.40 = -0.800$

- Wvdek(rechts) = $wvfb + wvfd + wvfn * nMkap + wvff = -1.000 - 0.50 - 0.400 * 0 - 0.40 = -1.900$

----- -
 Horizontale (wind)krachten door asymmetrie: Wvhor = +1.100

Windwrijving:

- Aantal kappen met krachtcoëfficiënt:

$nKapCpf = \max(0, nKap - \max.mid.kap) = \max(0, 4 * 4 - 4) = 12$

$Cfr,1 = Cpf,h * \tan(\alpha) = 0.03 * \tan(30.0) = 0.017$

- Wvmid (wind) = $Cfr,1 * nKapCpf * bkap / hkap = 0.017 * 12 * 3200 / 924 = +0.720$

----- +
 Totale horizontale (wind)krachten: Wvdek = +1.820

Fhw,dek = $1.8 * 1.28 * 533 * 0.92 * 4.50 = 5137 \text{ N}$

Fhw,gevel = $(0.6 + 0.3) * 1.28 * 533 * 3.20 * 4.50 = 8799 \text{ N}$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet bij druk rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

- wind Fh = $5137 + 0.5 * 8799 * 3.2 / (3.2 - 0.10 - 0.45/2) = 10034 \text{ N}$

- initiële scheefstand: Fh = $1/258 * |-11377| * 4 = 176 \text{ N}$

----- +
 Totale hor. kracht in spanrichting: Fh,tot = 10210 N

Fhk = $10210 / (4 + 1) = 2042 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

Fh,tot' = $7870 + 1/258 * |-6316| * 4 = 7968 \text{ N}$

Fhk' = $7968 / (4 + 1) = 1594 \text{ N}$, Fhk = $10210 / (4 + 1) = 2042 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale windbelasting op de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (trek) in de fundering van de linker zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

2.88
 - Fpsk' = $-7968 * \frac{2.88}{4 * 12.80} = -447 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.00
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_{w,zgk} = \text{oplegfactor} * \text{hohzgk} * (0.6 - (+0.2)) * \gamma * q_{wind}$
 $= 1.00 * 4.500 \text{ m} * (0.6 - (+0.2)) * 1.28 * 533 = 1222.1 \text{ N/m}$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab,zgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or,zgk} = F_{or} + F_{hv,zgk} + F_{rl,zgk} + F_{ab,zgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N = 0 \quad \quad \quad N$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br,zgk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

7.14.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 1955 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1955 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 1534 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1534 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 3911 + 0 + 0 + 0 - 1955 = 1955 \quad N
 \end{aligned}$$

7.14.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	1955	=	1955 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	1955 - 3911	=	-1955 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-1955 - 0	=	-1955 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-1955 - -672	=	-1283 N
	Qbor = Qoor - For	=	-1283 - 0	=	-1283 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-1283 - 550	=	-1833 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-1833 - 0	=	-1833 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-1833 - 122	=	-1955 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 1.600 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	1222 * 1.60/2 * (3.20-1.60)	=	1564 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,sk	=	1564 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

NEd	My.Ed	6998	1564
-----	-----	-----	-----
Nc.Rd	My.C.Rd	300652	9370

UCsterkte = ----- + ----- = 0.190

controle: 0.190 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

NEd	My.Ed	6998	1564
-----	-----	-----	-----
A	Wpl.y	1148.5	41.595

Sigma: ----- + ----- = 43.7 N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 43.7 / 235.0 = 0.186

controle: 0.186 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 1008
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPCA

Totaal: u1-sk = 3.59 mm
(analoog in gebruikstoestand: u1-sk' = 2.82 mm)

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de spantkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
 Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u2-sk' = u1-sk' = 2.82 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$- \text{utoel-sk} = h/150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$- 3200/150 = 21.33 \text{ mm, dus: utoel-sk} = 21.33 \text{ mm}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$- \text{controle: } 2.8 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

7.14.5 Controle van de zijgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$- Qw, zgg = zgg_{hohmax} * (0.6 - (+0.2)) * \gamma * q_{wind}(ongereducerd)$$

$$= 1.925 \text{ m} * (0.6 - (+0.2)) * 1.28 * 533 = 523 \text{ N/m}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 0	N,	Nsg = 0	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{73196} + \frac{699}{2040} + \frac{0}{142} = 0.343$$

controle: 0.343 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{311.5} + \frac{699}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 80.5 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 80.5 / 235.0 = 0.343$$

controle: 0.343 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.5959 \quad C_2 = -0.013$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 600 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 170.60$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 19220 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.3258 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 0.8729$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5839$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6166 \quad \chi_{iy} = 0.4247$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 698.91, \quad M_2 = 698.91, \quad M_s = -349.45, \quad M_{kip} = 116.48, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.67 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 / (0.67 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.67$$

$$UC_{stab.1} = |N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{yy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{yz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.425 * 73196 / 1.0)$$

$$+ 0.40 * (|698.91| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.67 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.137 + 0.000 = 0.137$$

$$UC_{stab.2} = |N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{zy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{zz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.617 * 73196 / 1.0)$$

$$+ 1.00 * (|698.91| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.67 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.343 + 0.000 = 0.343$$

controle: 0.343 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 1011
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAAcAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 3.10 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 3.10 / 30.00 = 0.10$$

controle: $0.10 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 \quad / (Ned' + 0.00001) = 4.92E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 3.10 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 3.10 / 30.00 = 0.10$$

controle: $0.10 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{73196} + \frac{418}{2040} + \frac{0}{142} = 0.205$$

controle: 0.205 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{311.5} + \frac{418}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 48.2 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 48.2 / 235.0 = 0.205$$

controle: 0.205 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.5959 \quad C2 = -0.013 \\ \text{kiplengte} \quad L = 600 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 170.60 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 19220 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{brel.LT} = 0.3258 \quad \lambda_{brel.z} = 0.8729 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5839 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6166 \quad \chi_{iy} = 0.4247$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M1 = 418.20$, $M2 = 418.20$, $M_s = -209.10$, $M_{kip} = 69.70$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{brel.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.67 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00 \\ K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.67 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{brel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{brel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3})) \\ K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.67$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|My.Ed| + |Ned * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * e_{Nz}|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.425 * 73196 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|418.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.67 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.082 + 0.000 = 0.082 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|My.Ed| + |Ned * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * e_{Nz}|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.617 * 73196 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|418.2| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.67 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.205 + 0.000 = 0.205$$

controle: 0.205 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 1013
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAAcAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.85 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.85 / 30.00 = 0.06$$

controle: 0.06 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 \quad / (Ned' + 0.00001) = 4.92E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.85 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.85 / 30.00 = 0.06$$

controle: 0.06 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

7.14.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.5 * 3.2 = 14.4 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4500 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 3.200 + 1920 = 2336 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.00 * 2336 * 4.500^2 = 5913 \text{ Nm}$

- controle : $21604 \text{ Nm} > 1.0 * 5913 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 1955 + 2042 = 3997 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{3997 * 400}{(200 - 2*(55 + 10)) * 2} = 11421 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 3997 / (2 * 2) = 999 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(11421^2 + 2 * 999^2)^{1/2}}{113} = 101.2 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $101.2 \text{ N/mm}^2 < 191 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4500 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4500 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = -6998	N (-4151 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2336	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 2042	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 1955	N (1534 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 3997	N

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $11750 \text{ Nm} < 23158 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-1118 \text{ Nm} < 12025 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|19621 \text{ N}| < 45597 \text{ N}$, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $3127 \text{ N} < 9787 \text{ N}$, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

Verticale belasting per zijgevel per vakmaat:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m²
 - Neerwaartse belasting gevel = 140 * 12.80 / 2 * 4.50 = 4032 N
 - E.g. goot bij de gevel = (4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 / 2 = 1382 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 0 * 4.50 = 0 N
 ----- +
 Totaal = 6202 N

Verticale belasting per zijgevelspantkolom:

- Fsvd1 = 6202 - 0 = 6202 N
 - Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 = 6202 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund = 13419 N
 - Eigen gewicht randfundering = 4.500 * 2336 : Grand = 10512 N
 ----- +
 - Vert. belasting per : Fsvd = 30132 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$Svd0 = \frac{Fsvd}{Apoer} = \frac{30132}{\pi/4 * 740^2} = 0.070 \text{ N/mm}^2$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$Svod0 = sg * (Dpoer + hpoer) = 0.0000150 * (100 + 1300) = 0.021 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$dSvd0 = Svd0 - Svod0 = 0.070 - 0.021 = 0.049 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $dSvd(z) > 0.20 * Svod(z)$

waarin:

$$dSvd(z) = dSvd0 * \left[1 - \frac{1}{0.5 * dpoer + z} \right]^{1.5}$$

Afname van de toename van de
 verticale effectieve spanning
 onder de fundatie-poer
 als functie van de diepte z

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.343$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.343} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.064 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15^{*365}}{1}\right) = 0.010 * 0.343 * 3.738 = 0.013 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.064 + 0.013 = 0.077$ m

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100$ m

Controle zetting: $0.077 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD740*1300 mm voldoen
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

7.15 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

7.15.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspantkolommen (trek = +):

a) Berekening van de (gemiddelde) windfactor op het dek bij de zijgevel:

- Windfactor 1e kaphelft: $(-1.1 - (-0.3)) = -0.8$
 - Windfactor 2e kaphelft: $(-1.0 - (-0.3)) = -0.7$
 - Windfactor 3e kaphelft: $(-0.7 - (-0.3)) = -0.4$
 ----- +
 Gemiddelde windfactor = $-2.1 / 4 = -0.52$

b) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek $(1.00 * 140) = 140 \text{ N/m}^2$
 - Neerwaartse belasting gevel = $140 * 12.80 / 2 * 4.50 = 4032 \text{ N}$
 - E.g. goot bij de gevel = $(4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 / 2 = 1382 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 4.50 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 6202 N
 - Windbelasting = $12.80/2 * 4.50 * (-0.52) * (1.00 * 533) = -7937 \text{ N}$
 ----- +
 Fvg' = -N' = -1735 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek $(1.02 * 140) = 143 \text{ N/m}^2$
 - Neerwaartse belasting gevel = $143 * 12.80 / 2 * 4.50 = 4118 \text{ N}$
 - E.g. goot bij de gevel = $(4+1)/2 * 1.02 * 70 * 4.50 = 804 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.02 * 2764 / 2 = 1411 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 4.50 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 6334 N
 - Windbelasting = $12.80/2 * 4.50 * (-0.52) * (1.28 * 533) = -10119 \text{ N}$
 ----- +
 Fvg = -N = -3786 N

7.15.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):
 In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $140 * 12.80 * 4.50 = 8064 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 = 2764 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 12088 N

- Windbelasting:
 $= 12.80 * 4.50 * ((-0.40 - 0.50)/2 - (-0.30)) * (1.00 * 533) = -4601 \text{ N}$
 ----- +
 $F_{vk}' = -N' = 7487 \text{ N}$

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $143 * 12.80 * 4.50 = 8236 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.02 * 70 * 4.50 = 1287 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.02 * 2764 = 2823 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 12345 N

- Windbelasting = $12.80 * 4.50 * (-0.2 - (-0.3)) * (1.28 * 533) = -5866 \text{ N}$
 ----- +
 $F_{vk} = -N = 6479 \text{ N}$

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Kaphoogte = $3.20/2 * \tan 30 = 0.92 \text{ m}$

- Wvdek(links) = $wvfa + wvfc + wvfm * n_{Mkap} + wvfe = -1.070 - 0.70 - 0.400 * 0 - 0.40 = -2.170$
 - Wvdek(rechts) = $wvfb + wvfd + wvfn * n_{Mkap} + wvff = -1.000 - 0.50 - 0.500 * 0 - 0.40 = -1.900$

----- -
 Horizontale (wind)krachten door asymmetrie: Wvhor = -0.270

Windwrijving:

- Aantal kappen met krachtcoëfficiënt:
 $n_{KapCpf} = \max(0, n_{Kap} - \max(\text{mid.kap})) = \max(0, 4 * 4 - 4) = 12$
 $C_{fr,1} = C_{pf,h} * \tan(\alpha) = 0.03 * \tan(30.0) = 0.017$
 - Wvmid (wind) = $C_{fr,1} * n_{KapCpf} * b_{kap} / h_{kap} = 0.017 * 12 * 3200 / 924 = +0.720$

----- +
 Totale horizontale (wind)krachten: Wvdek = +0.450

$F_{hw,dek} = 0.4 * 1.28 * 533 * 0.92 * 4.50 = 1270 \text{ N}$
 $F_{hw,gevel} = (0.6 + 0.3) * 1.28 * 533 * 3.20 * 4.50 = 8799 \text{ N}$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet bij druk rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

- wind $F_h = 1270 + 0.5 * 8799 * 3.2 / (3.2 - 0.10 - 0.45/2) = 6167 \text{ N}$
 - initiële scheefstand: $F_h = 1/258 * |6479| * 4 = 100 \text{ N}$

----- +
 Totale hor. kracht in spanrichting: $F_{h,tot} = 6268 \text{ N}$

$F_{hk} = 6268 / (4 + 1) = 1254 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

$F_{h,tot}' = 4837 + 1/258 * |7487| * 4 = 4953 \text{ N}$

$F_{hk}' = 4953 / (4 + 1) = 991 \text{ N}$, $F_{hk} = 6268 / (4 + 1) = 1254 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale windbelasting op de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (trek) in de fundering van de linker zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

$F_{psk}' = -4953 * \frac{2.88}{4 * 12.80} = -278 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.00
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_{w,zgk} = \text{oplegfactor} * h_{0,zgk} * (0.6 - (-0.3)) * \gamma * q_{wind}$
 $= 1.00 * 4.500 \text{ m} * (0.6 - (-0.3)) * 1.28 * 533 = 2749.8 \text{ N/m}$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab,zgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or,zgk} = F_{or} + F_{hv,zgk} + F_{rl,zgk} + F_{ab,zgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N = 0 \quad \quad \quad N$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br,zgk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

7.15.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 4400 + 0 + 0 + 0 + 0 = 4400 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 3451 + 0 + 0 + 0 + 0 = 3451 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 8799 + 0 + 0 + 0 - 4400 = 4400 \quad N
 \end{aligned}$$

7.15.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	4400	=	4400 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	4400 - 8799	=	-4400 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-4400 - 0	=	-4400 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-4400 - -1512	=	-2887 N
	Qbor = Qoor - For	=	-2887 - 0	=	-2887 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-2887 - 1237	=	-4125 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-4125 - 0	=	-4125 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-4125 - 275	=	-4400 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 1.600 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	2750 * 1.60/2 * (3.20-1.60)	=	3520 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,sk	=	3520 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

NEd	My.Ed	3786	3520
-----	-----	-----	-----
Nc.Rd	My.C.Rd	300652	9370

UCsterkte = ----- + ----- = 0.388

controle: 0.388 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

NEd	My.Ed	3786	3520
-----	-----	-----	-----
A	wpl.y	1148.5	41.595

Sigma: ----- + ----- = 87.9 N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 87.9 / 235.0 = 0.374

controle: 0.374 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{2.750^4}{1.24 \cdot 2.1E5 \cdot 179.0E4} = 8.09 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.24; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = 8.09 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = 6.34 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & u2\text{-sk}' = \frac{nysk'}{nysk' - 1} \cdot u1\text{-sk}' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } - \frac{nysk'}{nysk' - 1} = 1.00 \\
 & \text{- } nysk' = 362263 \quad / \quad |1735| = -209.
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$u2\text{-sk}' = 1.00 \cdot 6.34 = 6.34 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u_{toel}\text{-sk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & \text{- } 3200/150 = 21.33 \text{ mm, dus: } u_{toel}\text{-sk} = 21.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$\text{- controle: } 6.3 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.6 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

7.15.5 Controle van de zijgevelgordingen:

- a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$\begin{aligned}
 & \text{- } Q_w, zgg = zgg_{hmax} \cdot (0.6 - (-0.3)) \cdot \gamma \cdot q_{wind}(\text{ongereducerd}) \\
 & \quad = 1.925 \text{ m} \cdot (0.6 - (-0.3)) \cdot 1.28 \cdot 533 = 1176 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	$N_{sg}' = 0$	N,	$N_{sg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	$T_{gd}' = 0$	N,	$T_{gd} = 0$	N
Normaalkracht in de draadboog:	$T_{db}' = 0$	N,	$T_{db} = 0$	N
Normaalkracht in de gording:	$N_{db}' = 0$	N,	$N_{db} = 0$	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	$N_{rg}' = 0$	N,	$N_{rg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	$N_{li}' = 0$	N,	$N_{li} = 0$	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{0}{73196} + \frac{1573}{2040} + \frac{0}{142} = 0.771$$

controle: 0.771 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{0}{311.5} + \frac{1573}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 181.1 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 181.1 / 235.0 = 0.771$$

controle: 0.771 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.5959 \quad C_2 = -0.013$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 600 \text{ mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 170.60$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 19220 \text{ Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL} = 0.3258 \quad \lambda_{b,dareL,z} = 0.8729$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5839$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6166 \quad \chi_{iy} = 0.4247$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 1572.55$, $M_2 = 1572.55$, $M_s = -786.27$, $M_{kip} = 262.09$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy,2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL,y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,b} = \min(K_{yy,2}, K_{yy,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz,2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL,z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.67 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz,3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.67 - 0.25))) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy,b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL,z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL,z}, K_{zz,2}), \max(K_{zz,2}, K_{zz,3}))$$

$$K_{zy,b} = 1.00$$

$$K_{yz,b} = K_{zz,b} = 0.67$$

$$UC_{stab,1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{yz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(|1572.5| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.67 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.308 + 0.000 = 0.308$$

$$UC_{stab,2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{zz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(|1572.5| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.67 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.771 + 0.000 = 0.771$$

controle: 0.771 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 1026
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAAcAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 6.97 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 6.97 / 30.00 = 0.23$$

controle: 0.23 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 \quad / (Ned' + 0.00001) = 4.92E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 6.97 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 6.97 / 30.00 = 0.23$$

controle: 0.23 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{73196} + \frac{941}{2040} + \frac{0}{142} = 0.461$$

controle: 0.461 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{311.5} + \frac{941}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 108.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 108.4 / 235.0 = 0.461$$

controle: 0.461 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.5959 \quad C2 = -0.013 \\ \text{kiplengte} \quad L = 600 \text{ mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 170.60 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 19220 \text{ Nm} \\ \text{slankheid} \quad \text{lambda}rel.LT = 0.3258 \quad \text{lambda}rel.z = 0.8729 \\ \text{factor} \quad \phi iLT = 0.5839 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi iLT = 1.0000 \quad \chi iz = 0.6166 \quad \chi iy = 0.4247$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 940.95$, $M2 = 940.95$, $Ms = -470.48$, $Mkip = 156.83$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \text{lambda}rel.y * (|Ned| / (\chi iy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi iy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \text{lambda}rel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi iz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.67 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi iz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.67 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambda}rel.z < 0.4, \min(0.6 + \text{lambda}rel.z, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.67$$

$$UCstab.1 = |Ned| / (\chi iy * NRk / 1.0) + Kyy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\chi iLT * My.Rk / 1.0) + Kyz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.425 * 73196 / 1.0) + 0.40 * (|941.0| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.67 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.184 + 0.000 = 0.184 \\ UCstab.2 = |Ned| / (\chi iz * NRk / 1.0) + Kzy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\chi iLT * My.Rk / 1.0) + Kzz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.617 * 73196 / 1.0) + 1.00 * (|941.0| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 2040.3 / 1.0) + 0.67 * (|0.0| + |0.000 * 6.6|) / (142.0 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.461 + 0.000 = 0.461$$

controle: 0.461 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 1028
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAAcAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 4.17 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 4.17 / 30.00 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 \quad / (Ned' + 0.00001) = 4.92E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 4.17 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 4.17 / 30.00 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

7.15.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.5 * 3.2 = 14.4 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4500 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 3.200 + 1920 = 2336 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.02 * 2336 * 4.500^2 = 6039 \text{ Nm}$

- controle : $21604 \text{ Nm} > 1.0 * 6039 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 4400 + 1254 = 5653 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{5653 * 400}{(200 - 2*(55 + 10)) * 2} = 16152 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd}/(2*n_{hs}) = 5653 / (2*2) = 1413 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(16152^2 + 2 * 1413^2)^{1/2}}{113} = 143.1 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $143.1 \text{ N/mm}^2 < 191 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4500 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4500 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = -3786	N (-1735 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2336	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 1254	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 4400	N (3451 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 5653	N

7.15.7 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neer = +) $F_{vk}' = F_{vg}' + F_{psk}' = -2013 \text{ N}$
- Eigen gewicht van de gevelkolom ($1.00 \cdot 289$) : $F_{egk}' = 289 \text{ N}$
- Eigen gewicht poer ($1.00 \cdot 13419$) : $G_{fund} = 13419 \text{ N}$
- Gewicht fundering en gevel ($1.00 \cdot 4.500 \cdot 2336$) : $G_{rand} = 10512 \text{ N}$
- +
- Vert. belasting per poer: $F_{vp} = 22206 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $M_{hp} = (R_f' + F_{hk}') \cdot (f_h + D + H)$
 $= (3451 + 991) \cdot (0.300 + 0.100 + 1.300) = 7550 \text{ Nm}$
- Verticaal : $M_{vp} = |F_{vp}| \cdot 0.5 \cdot B$
 $= |22206| \cdot 0.5 \cdot 0.656 = 7281 \text{ Nm}$
- +
- Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} + M_{vp} \quad M_p = 14832 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} - M_{vp} \quad M_p = 269 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $14832 \text{ Nm} < 23158 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $269 \text{ Nm} < 12025 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|22206 \text{ N}| < 45597 \text{ N}$, dus: voldoet.
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $4441 \text{ N} < 9787 \text{ N}$, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

Verticale belasting per zijgevel per vakmaat:

- Eigen gewicht dek = 140 N/m ²	
- Neerwaartse belasting gevel = 140 * 12.80 / 2 * 4.50	= 4032 N
- E.g. goot bij de gevel = (4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50	= 788 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 / 2	= 1382 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 0.00 * 0 * 4.50	= 0 N
	----- +
	Totaal = 6202 N

Verticale belasting per zijgevelspantkolom:

- Fsvd1 = 6202 - 0	= 6202 N
- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Fsvd1 =	6202 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond : Gfund =	13419 N
- Eigen gewicht randfundering = 4.500 * 2336 : Grand =	10512 N
	----- +
- Vert. belasting per :	Fsvd = 30132 N

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

Fsvd	30132
Svd0 = -----	= 0.070 N/mm ²
Apoer	pi/4 * 740 ²

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

Svd0 = sg * (Dpoer + hpoer) = 0.0000150 * (100 + 1300) = 0.021 N/mm²

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

dSvd0 = Svd0 - Svod0 = 0.070 - 0.021 = 0.049 N/mm²

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: dSvd(z) > 0.20 * Svod(z)

waarin:

dSvd(z) = dSvd0 * [1 -	1	Afname van de toename van de
	-----	verticale effectieve spanning
	0.5 * dpoer	onder de fundatie-poer
	(-----)1.5	als functie van de diepte z
	z	

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.343$ m

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.343} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.064 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.343 * 3.738 = 0.013 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.064 + 0.013 = 0.077 \text{ m}$

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100 \text{ m}$

Controle zetting: $0.077 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD740*1300 mm voldoen
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (C_{pi} negative, C_{pe} 1st bay up wind)

7.16 B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

7.16.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspantkolommen (trek = +):

a) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat

(neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 140)= 140 N/m²
 - Gewasbelasting (1.00 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 100) = 100 N/m²
 ----- +
 Totaal : 240 N/m²
 - Neerwaartse belasting gevel = 240 * 12.80 / 2 * 4.50 = 6912 N
 - E.g. goot bij de gevel = (4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2764 / 2 = 1382 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 4.50 = 0 N
 - Gewicht kasdekreiniger = (1.00 * 2750 * (2*4-1)/4) = 4813 N
 - Transportlast = 1.00 * max(1250 , 1000) + 1.00*0 = 1250 N
 ----- +
 Totaal = 15144 N
 Fvg' = -N' = 15144 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.15 * 140)= 161 N/m²
 - Gewasbelasting (1.28 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.15 * 100) = 115 N/m²
 ----- +
 Totaal : 275 N/m²
 - Neerwaartse belasting gevel = 275 * 12.80 / 2 * 4.50 = 7932 N
 - E.g. goot bij de gevel = (4+1)/2 * 1.15 * 70 * 4.50 = 904 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.15 * 2764 / 2 = 1586 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.15 * 0 * 4.50 = 0 N
 - Gewicht kasdekreiniger = (1.15 * 3506 * (2*4-1)/4) = 6136 N
 - Transportlast = 1.28 * max(1250 , 1000) + 1.15*0 = 1594 N
 ----- +
 Totaal = 18151 N
 Fvg = -N = 18151 N

7.16.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $240 * 12.80 * 4.50 = 13824 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.00 * 70 * 4.50 = 1260 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2764 = 2764 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 17848 N
 Fvk' = -N' = 17848 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $275 * 12.80 * 4.50 = 15863 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $4 * 1.15 * 70 * 4.50 = 1446 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.15 * 2764 = 3172 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 20481 N
 Fvk = -N = 20481 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Bij afwezigheid van wind speelt alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand een rol (rekentoestand):

- initiële scheefstand: $F_h = 1/258 * |20481| * 4 = 317 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

$F_{h,tot}' = 1/258 * |17848| * 4 = 277 \text{ N}$

$F_{hk}' = 277 / (4 + 1) = 55 \text{ N}$, $F_{hk} = 317 / (4 + 1) = 63 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale scheefstand van de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (druk) in de fundering van de rechter zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

- $F_{psk}' = 277 * \frac{2.88}{4 * 12.80} = 16 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, z_{gk} = 0$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de zijgevels.
 - $F_{gd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, z_{gk} = F_{or} + F_{hv}, z_{gk} + F_{rl}, z_{gk} + F_{ab}, z_{gk} =$
 $= 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} = 0 \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, z_{gk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:
 - Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

7.16.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

	$\frac{1}{2}$	$h-h_{gd}$	$h-h_{or}$	$h-h_{br}$	M_{wl}	
- fundering: $R_f =$	$-\frac{1}{2}Q_w \cdot h$	$+\frac{h-h_{gd}}{h} \cdot F_{gd}$	$+\frac{h-h_{or}}{h} \cdot F_{or}$	$+\frac{h-h_{br}}{h} \cdot F_{br}$	$+\frac{M_{wl}}{h}$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
analoog in gebruikstoestand:						
$R_f' =$	0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
- goot: $R_g =$	$Q_w \cdot h$	$+ F_{gd}$	$+ F_{or}$	$+ F_{br}$	$- R_f$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$- 0$	N

7.16.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) (S235 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	0 - 0	=	0 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbor = Qoor - For	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	0 - 0	=	0 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 3.200 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned} \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 0 & * 3.20/2 * (3.20-3.20) = 0 \text{ Nm} \\ \text{Totaal: } M_{\max, sk} & = 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\text{UCsterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-18151|}{300652} + \frac{|0|}{9370} = 0.060$$

controle: $0.060 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-18151|}{1148.5} + \frac{|0|}{41.595} = 15.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{UCspanning} = \text{Sigma}/f_y = 15.8 / 235.0 = 0.067$$

controle: $0.067 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} \text{Ky.2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.86 - 0.2) * (|-18151| / (0.623 * 300652 / 1.0))) = 0.96 \\ \text{Ky.3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-18151| / (0.623 * 300652 / 1.0))) = 0.97 \\ \text{Ky.b} &= \min(\text{Ky.2}, \text{Ky.3}) = \min(0.96, 0.97) = 0.96 \\ \text{Kz.b} &= 0.6 * \text{Ky.b} = 0.57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + \text{Ky.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-18151| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.96 * |0.0| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.097 + 0.000 = 0.097 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + \text{Kz.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-18151| / (0.623 * 300652 / 1.0) + 0.57 * |0.0| / (1.00 * 9370.2 / 1.0) \\ &= 0.097 + 0.000 = 0.097 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: UCstab.b} = \max(\text{UCstab.1}, \text{UCstab.2}) = \max(0.097, 0.097) = 0.097$$

controle: $0.097 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{5} \quad 0.000 \cdot 3200 \\
 - \text{Windstuwdruk + onderdruk: } & \frac{384}{5} \cdot \frac{1.24 \cdot 2.1E5 \cdot 179.0E4}{3200} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.24; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 - u2\text{-sk}' &= \frac{nysk'}{nysk' - 1} \cdot u1\text{-sk}' \\
 - \text{Vergrotingsfactor: } & - nysk' = 362263 / |-15144| = 23.92 \\
 & - nysk' / nysk' - 1 = 1.04
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2\text{-sk}' = 1.04 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 - \text{utoel-sk} &= h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 - 3200/150 &= 21.33 \text{ mm, dus: } \text{utoel-sk} = 21.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 21.3 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK100*100*3.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.7 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

7.16.5 Controle van de zijgevelgordingen:

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 0	N,	Nsg = 0	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0 + 0.262 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{73196} + \frac{0}{2040} + \frac{0}{142} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{311.5} + \frac{0}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 235.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 600 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 195.15$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 21986 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.3046 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 0.8729$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5720$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6166 \quad \chi_{iy} = 0.4247$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25)) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.40 - 0.25)) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25)) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25)) * (0 / (0.617 * 73196 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.40$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 6.6}{(142.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 6.6}{(142.0 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 1040
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*2.00, S235 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0 + 0.738 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{73196} + \frac{0}{2040} + \frac{0}{142} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{311.5} + \frac{0}{8.682} + \frac{0}{0.604} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 235.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 600 mm
 correctiefactor C = 195.15
 kipmoment Mcr = 21986 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3046 lambdarel.z = 0.8729
 factor phiLT = 0.5720
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6166 Chiy = 0.4247

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.22 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.425 * 73196 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.87 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.617 * 73196 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.425 * 73196 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.617 * 73196 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 2040.3 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 6.6|)}{(142.0 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 1042
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAGACAACAEQAWAPCA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4275 / 150, 30) = 30.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 49232 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 30.00 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

7.16.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.5 * 3.2 = 14.4 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4500 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 3.200 + 1920 = 2336 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.15 * 2336 * 4.500^2 = 6785 \text{ Nm}$

- controle : $21604 \text{ Nm} > 1.0 * 6785 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 0 + 63 = 63 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{63 * 400}{(200 - 2*(55 + 10)) * 2} = 181 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd}/(2*n_{hs}) = 63 / (2*2) = 16 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(181^2 + 2 * 16^2)^{1/2}}{113} = 1.6 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $1.6 \text{ N/mm}^2 < 191 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4500 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4500 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = 18151	N (15144 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2336	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 63	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 0	N (0 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 63	N

7.16.7 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neer = +) $F_{vk}' = F_{vg}' + F_{psk}' = 15160 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de gevelkolom ($1.00 \cdot 289$) : $F_{egk}' = 289 \text{ N}$
 - Eigen gewicht poer ($1.00 \cdot 13419$) : $G_{fund} = 13419 \text{ N}$
 - Gewicht fundering en gevel ($1.00 \cdot 4.500 \cdot 2336$) : $G_{rand} = 10512 \text{ N}$
 ----- +
 - Vert. belasting per poer: $F_{vp} = 39379 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $M_{hp} = (R_f' + F_{hk}') \cdot (f_h + D + H)$
 $= (0 + 55) \cdot (0.300 + 0.100 + 1.300) = 94 \text{ Nm}$
 - Verticaal : $M_{vp} = |F_{vp}| \cdot 0.5 \cdot B$
 $= |39379| \cdot 0.5 \cdot 0.656 = 12912 \text{ Nm}$
 ----- +
 - Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} + M_{vp} \quad M_p = 13006 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} - M_{vp} \quad M_p = -12818 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $13006 \text{ Nm} < 23158 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-12818 \text{ Nm} < 12025 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|39379 \text{ N}| < 45597 \text{ N}$, dus: voldoet.
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $55 \text{ N} < 9787 \text{ N}$, dus: voldoet.

d) Controle van de zettingen:

- Berekening van de momentane (lees: permanente) belastingen:

Verticale belasting per zijgevel per vakmaat:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Eigen gewicht dek } (1.00 * 140) = 140 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Gewasbelasting } (0.20 * 0) = 0 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Installaties } (1.00 * 100) = 100 \text{ N/m}^2 \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & \quad \text{Totaal : } 240 \text{ N/m}^2 \\
 & - \text{Neerwaartse belasting gevel} = 240 * 12.80 / 2 * 4.50 = 6912 \text{ N} \\
 & - \text{E.g. goot bij de gevel} = (4+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.50 = 788 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht van het spant} = 1.00 * 2764 / 2 = 1382 \text{ N} \\
 & - \text{E.g. leidingen (incl. inhoud)} = 1.00 * 0 * 4.50 = 0 \text{ N} \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & \quad \text{Totaal} = 9082 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Verticale belasting per zijgevelspantkolom:

$$\begin{aligned}
 & - \text{Fsvd1} = 9082 - 0 = 9082 \text{ N} \\
 & - \text{Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)} : \text{Fsvd1} = 9082 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht paal, poer en grond} : \text{Gfund} = 13419 \text{ N} \\
 & - \text{Eigen gewicht randfundering} = 4.500 * 2336 : \text{Grand} = 10512 \text{ N} \\
 & \quad \text{-----} + \\
 & - \text{Vert. belasting per :} \quad \text{Fsvd} = 33012 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Berekening van de effectieve spanningsverhoging onder de poer:

De resulterende verticale effectieve spanning onder de poer
 t.g.v. de momentane belastingen, bedraagt:

$$\begin{aligned}
 & \text{Fsvd} \quad 33012 \\
 \text{Svd0} = \text{-----} & = \text{-----} = 0.077 \text{ N/mm}^2 \\
 & \text{Apoer} \quad \pi/4 * 740^2
 \end{aligned}$$

De oorspronkelijke verticale effectieve spanning is/was:

$$\text{Svd0} = \text{sg} * (\text{Dpoer} + \text{hpoer}) = 0.0000150 * (100 + 1300) = 0.021 \text{ N/mm}^2$$

De effectieve spanningsverhoging onder de poer, uitgaande van een
 volledig gedraineerde toestand, volgt uit:

$$\text{dSvd0} = \text{Svd0} - \text{Svd0} = 0.077 - 0.021 = 0.056 \text{ N/mm}^2$$

- Berekening van de effectieve zettingsdiepte (NEN 6744 art. 6.1):

Bij het bepalen van de zakking moeten die grondlagen in beschouwing
 zijn genomen, waarbij de toename van de verticale effectieve spanning
 groter is dan 20% van de oorspronkelijke verticale effectieve
 spanning.

In formule: $\text{dSvd}(z) > 0.20 * \text{Svd}(z)$
 waarin:

$$\begin{aligned}
 \text{dSvd}(z) = \text{dSvd0} * [& 1 - \frac{1}{0.5 * \text{dpoer}}] \quad \text{Afname van de toename van de} \\
 & \left(\frac{\text{-----}}{z} \right)^{1.5} \quad \text{verticale effectieve spanning} \\
 & \quad \text{als functie van de diepte } z
 \end{aligned}$$

$S_{vd}(z) = s_g * (z + D_{poer} + h_{poer})$ Idem, voor de oorspronkelijke verticale effectieve spanning.

De effectieve zettingsdiepte is de totale hoogte/diepte van de grondlagen onder de poer, dat volgens bovenstaande definitie in beschouwing moet zijn genomen bij de berekening van de zettingen.

De effectieve zettingsdiepte wordt door middel van een iteratieve nulpuntsbepaling bepaald waarbij moet gelden:

$dS_{vd}(z_{eff}) = 0.20 * S_{vd}(z_{eff})$ geeft: $z_{eff} = 0.346 \text{ m}$

- Bepaling van de resulterende effectieve zetting (NEN 6744 hfdst.6):

De resulterende effectieve zetting kan uiteindelijk worden bepaald door integratie van de samendrukking van de grond onder de poer tot aan de effectieve zettingsdiepte m.b.v. de formule van Terzaghi.

- Berekening van de primaire zetting (art. 6.2):

$$w_{eff1} = \frac{C_{ceff}}{1 + e_{porie}} * \int_0^{z_{eff}} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz =$$

$$= \frac{0.750}{1 + \frac{0.750}{2.3}} * \int_0^{0.346} \ln\left(\frac{S_{vd}(z) + dS_{vd}(z)}{S_{vd}(z)}\right) dz = 0.070 \text{ m}$$

- Berekening van de secundaire zetting over 15 jaar (art. 6.3):

$$w_{eff2} = C_{infe} * z_{eff} * \log\left(\frac{15 \cdot 365}{1}\right) = 0.010 * 0.346 * 3.738 = 0.013 \text{ m}$$

- Totaal (art. 6.1): $w_{eff} = w_{eff1} + w_{eff2} = 0.070 + 0.013 = 0.083 \text{ m}$

Controle van de resulterende effectieve zetting:

Volgens NEN 6740 art. 5.2.2.1 mag de zetting niet groter zijn dan 0.15 m. In diverse gemeenten wordt ook (nog) wel gewerkt met een toelaatbare zetting van 0.10 meter. Mede daarom en omdat uitgegaan is van een gedraineerde toestand, wordt in CASTA/Kassenbouw ook gerekend met een toelaatbare zetting van 0.10 m. Er wordt als het ware een veiligheidsfactor 1.5 op NEN 6740 art. 5.2.2.1 gelegd, met name voor een niet-volledig gedraineerde toestand van de grond.

$w_{toel} = 0.100 \text{ m}$

Controle zetting: $0.083 \text{ m} < 0.100 \text{ m}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD740*1300 mm voldoen
 bij B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Bedrijf: PELECON, CK-210-7
 Project: nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn



(CASTA/Kassenbouw versie 3.10 SP5)

S A M E N V A T T I N G G E C O N T R O L E E R D E P R O F I E L E N

Omschrijving :
 Werkvoorbereider: SE
 Bestand : 21-357_nb-kwekerij-kwakelwei.ckd
 Laatst bewaard : 02-11-2021 08:39

ID: BwDlBwsAAgACAACAEQAWAPcA

Kasgegevens:

- Kastype : Venlo-warenhuis
 - Overspanning (l) : 12.80 m (4 * 3.20 m)
 - Aantal gekoppelde spanten : 4 (y-richting)
 - Vakmaat (v) : 4.50 m
 - Kolomhoogte (h) : 3.20 m
 - Kaslengte (L) : 45.0 m
 - Aantal (nstab) : 2
 - Spanthoogte (hspant) : 450 mm
 - Spantverlaging (vspant) : 100 mm
 - Dekhelling (alfa) : 30.0°

Controleoverzicht kasonderdelen.

1 2D Tralieligger (standaard) voldoet.

Note:

```
+---Onderdelen:-----+--- alle tralies:-----+
| Bovenrand          | RHBK100*40*4.0 S235 |
| Onderrand          | RHBK100*40*4.0 S235 |
| Drukdiagonaal      | 5x VKBK35*3.0 S235  |
| Trekdiagonaal      | 5x VKBK35*3.0 S235  |
| - verbinding       | Gezaagd 2-zijdige las |
| Gootverticaal      | RHBK100*50*3.0 S235 |
| Strip in eerste veld | ST100*10.0 S235      |
| Bouten bovenrand   | 1xM24-8.8            |
| Bouten onderrand    | 1xM16-8.8            |
| Eindplaten bovenrand | ST100*12.0 schotje  |
| Eindplaten onderrand | ST100*12.0            |
+-----+-----+
```

```
+--- Onderdelen -----+--- algemeen -----+
| Opzetkolom          | RHBK80*50*3.0 S235   gat 40 x30 mm |
| - Omschrijving      | zonder certificaat   |
| - Veerstijfheid Nm/rad | Rotatie=5000 horizontaal=6000 |
| Goot staal          | min. eigenschappen  |
| - Stijfheid cmE4     | Iy=52.917 Iz=26.458  |
+-----+-----+
```

2 Kolommen en fundatie voldoen

Note:

```
+---Onderdelen:-----+--- middenvelden -----+
| Kolommen h=3.20 m   | RHBK100*100*3.0 S235 (EN10219) |
| Poeren d=100 mm(467 l)| BPRD1000*600          |
+-----+-----+
```

3 Stabiliteitsverbanden en fundatie in gootrichting voldoen:

Note:

```
+--- Onderdelen -----+--- schoorvakken -----+
| Kolommen h=3.20 m   | RHBK100*100*3.0 S235 (EN10219) |
| Bovenl. koppelbalken | RHBK50*50*2.0 S235 (EN10219) |
| Tussenl.koppelbalken | RHBK50*50*2.0 S235 (EN10219) |
| Schoren             | RD10.0 S235 (EN10219) |
| Onderl. koppelbalken | RHBK80*80*6.0 S235 (EN10219) |
| Poeren (539 l)      | BPRD930*800          |
+-----+-----+
```

Project : nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel:
Bedrijf : PELECON, CK-210-7

Blad 1049
SP5 Versie: 3.10
Versie: 2.01
ID: BwDlBwsAAgACAAcAEQAWAPCA

4 Kopgevels en fundatie voldoen:

Note:

Onderdelen	Kopgevels
Gootkolom	RHBK100*100*4.0 S235 (EN10219)
Gordingen	1 U80*40*3.00 S275 h=1525 doorgaand
	2 U80*40*3.00 S275 h=3050 doorgaand
Randfundering	RH400*220 C20/25 (B25)
- wapening boven/onder	2RD10 -FeB500 / 2RD10 -FeB500
Poeren (570 l)	BPRD1100*600
- haarspeld	2*RD12-FeB220

n.b. g = gesteund profiel; geen normaalkracht in gording
k = gesteund profiel; kipcontrole niet maatgevend

5 Zijgevels en fundatie voldoen:

Note:

Onderdelen	Zijgevels
Zijgevelspantkolom	RHBK100*100*3.0 S235 (EN10219)
Gordingen	1 U100*50*2.0 S235 h=1525 doorgaand
	2 U100*50*2.0 S235 h=3050 doorgaand
Randfundering	RH400*200 C20/25 (B25)
- wapening boven/onder	1RD8 -FeB500 / 1RD8 -FeB500
Poeren (559 l)	BPRD740*1300
- haarspeld	2*RD12-FeB220

n.b. g = gesteund profiel; geen normaalkracht in gording
k = gesteund profiel; kipcontrole niet maatgevend

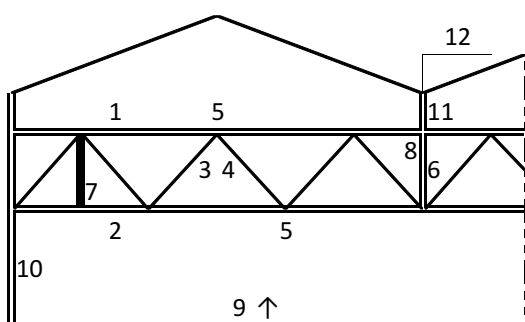
Constructieschetsen

taal: Nederlands

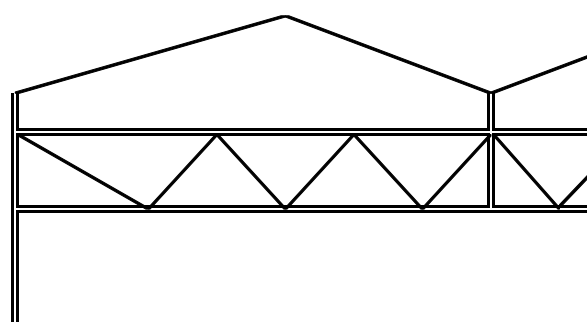
2D tralieligger (standaard)

- fictief getekende diagonalen

1e diagonaal druk
van toepassing



1e diagonaal trek
niet van toepassing

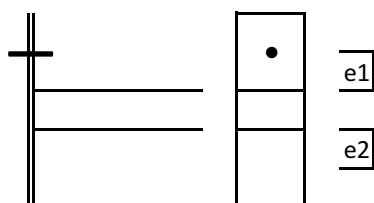


1	bovenrand	S235	RHBK	100/40/4
2	onderrand	S235	RHBK	100/40/4
	aantal diagonalen per kap	8	stuk(s)	
3	drukdiagonalen	S235	RHBK	35/3
4	trekdiagonalen	S235	RHBK	35/3
	plaatsing 1e diagonaal	druk		
5	diagonaal - aansluiting (las)	gezaagd 2 zijdig		
	verstijfde verbinding	nee		
	capaciteit	-		
	drukdiagonalen (las)			
	excentriciteit	0 mm		
	keeldoorsnede	4 mm		
	trekdiagonalen (las)			
	excentriciteit	0 mm		
	keeldoorsnede	4 mm		
6	gootverticaal	S235	RHBK	100/50/3
7	1e veldverticaal	ja	S235	ST 100/10
8	eindplaten	S235	ST	100/12
9	toog	0 mm		
10	zijgevelspantkolom	S235	RHBK	100/100/3
	kolom	S235	C	100/100/3
11	opzetkolom	S235	RHBK	80/50/3
12	goot	staal	AP, t = 3,0	

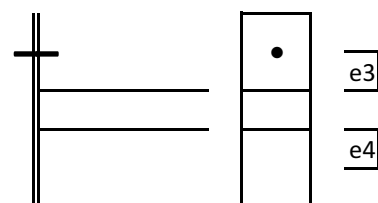
Eindplaten (standaard)

bouten

bout bovenrand



bout onderrand



bout bovenrand		bout onderrand	
boven bovenrand (e1)	1 x M24-8.8	boven onderrand (e3)	1 x M16-8.8
e1	25 mm	e3	25 mm
onder bovenrand (e2)	0 x M16-8.8	onder onderrand (e4)	0 x M16-8.8
e2	0 mm	e4	0 mm

schotjes

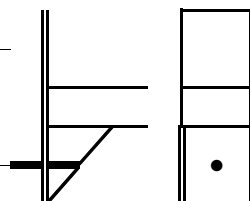
combinaties

0 bouten

0 schotjes

1 bouten

1 schotjes

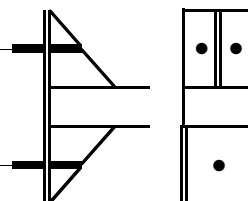


2 bouten

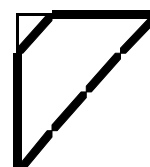
1 schotjes

1 bouten

2 schotjes



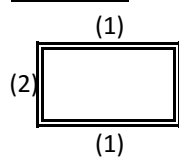
$\sqrt{2} \cdot \text{verlaagd}$



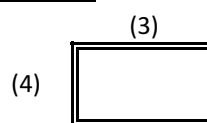
schotjes bovenrand		schotjes onderrand	
aantal	2 stuk(s)	aantal	0 stuk(s)
breedte	50 mm	breedte	-
dikte	5 mm	dikte	-
verlaagd	5 mm	verlaagd	-

lassen

bovenrand



onderrand



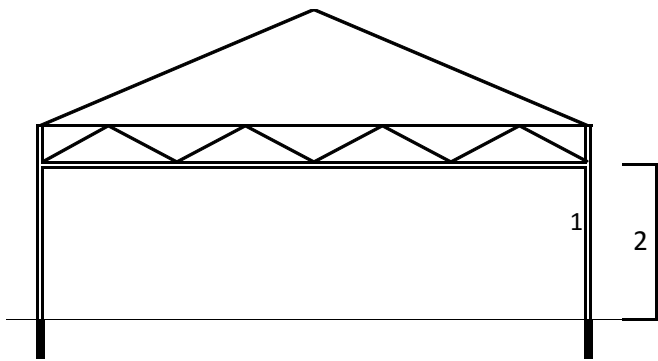
las bovenrand		las onderrand	
horizontaal (1)		horizontaal (3)	
aantal	2 stuk(s)	aantal	1 stuk(s)
keeldoorsnede	4 mm	keeldoorsnede	4 mm
verticaal (2)		verticaal (4)	
aantal	1 stuk(s)	aantal	1 stuk(s)
keeldoorsnede	3 mm	keeldoorsnede	4 mm

Gedeelde tralie (standaard)

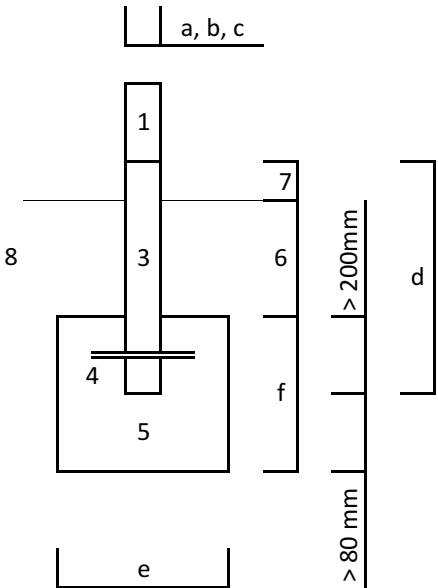


NVT

Kolommen



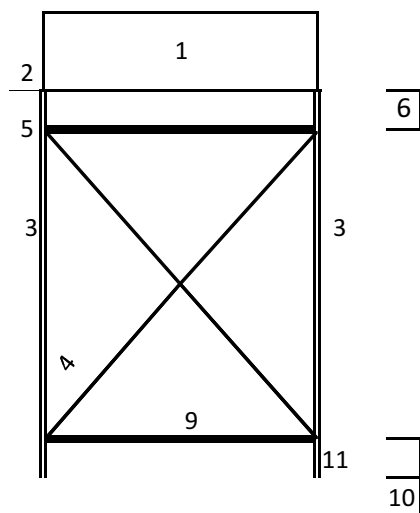
fundering



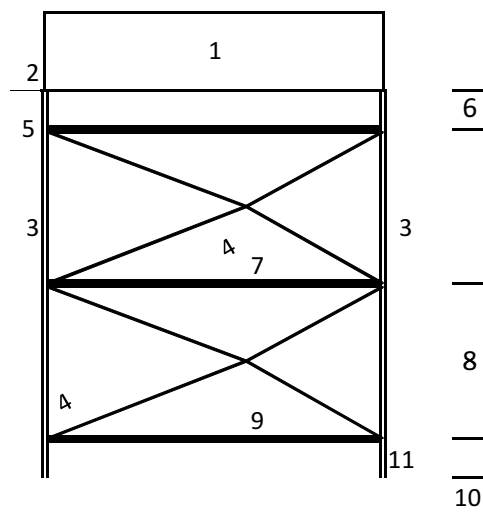
1	kolommen	S235	C	100/100/3
2	hoogte	3,200 m		
3	paal	rechthoekig (RH)		
	a breedte	120 mm		
	b diameter	120 mm	niet van toepassing	
	c hoogte	300 mm		
	d lengte	1000 mm		
4	wapeningstaaf	nee		
5	poer	betonprop rond (BPRD)		
	e diameter	1000 mm		
	f hoogte	600 mm		
6	poerdiepte	400 mm		
7	funderingshoogte	300 mm		
8	grondsoort	klei NPR3860		

Schoorvak

enkel
niet van toepassing

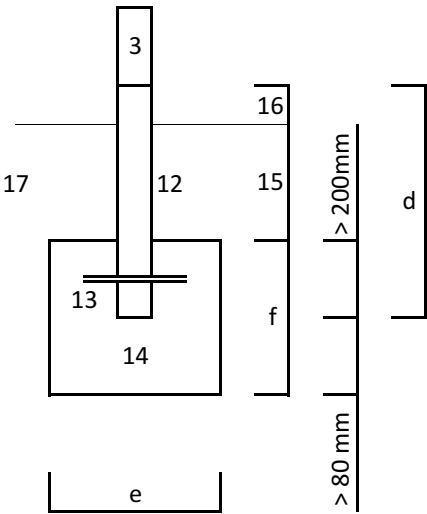


dubbel
van toepassing



enkel/ dubbel	dubbel
aantal	2 stuk(s)
1 dek	
2 goot	staal AP, t = 3,0
3 kolommen	S235 RHBK 100/100/3
4 schoren	S235 RD 10 mm
5 bovenbalk	S235 RHBK 50/50/2
6 schoorverlaging	650 mm
7 tussenbalk	S235 RHBK 50/50/2 van toepassing
8 positie	1275 mm
9 onderbalk	S235 RHBK 80/80/6
10 onderbalkverlaging	0 mm
11 fundering	-

fundering



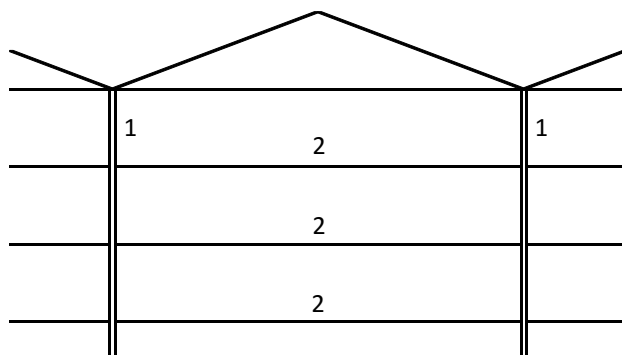
3	kolommen		
12	paal	rechthoekig (RH)	
a	breedte	120 mm	
b	diameter	120 mm	niet van toepassing
c	hoogte	300 mm	
d	lengte	1000 mm	
13	wapeningstaaf	nee	
14	poer	betonprop rond (BPRD)	
e	diameter	930 mm	
f	hoogte	800 mm	
15	poerdiepte	400 mm	onder maaiveld
16	funderingshoogte	300 mm	boven maaiveld
17	grondsoort	klei NPR3860	

Portaalspanten

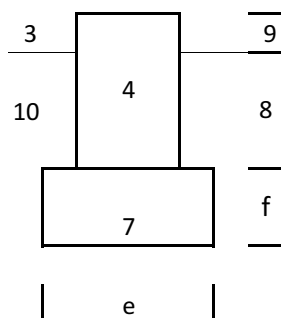


NVT

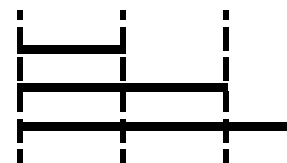
Kopgevel



rand
van toepassing



gordingen

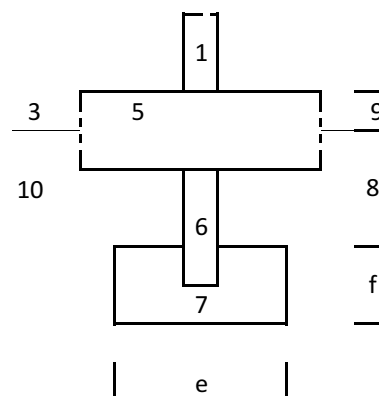


2 steunpunten

3 steunpunten

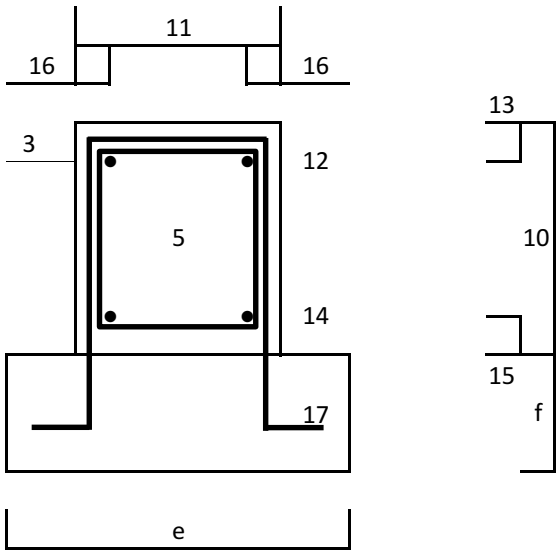
doorgaand

cassettevoet
niet van toepassing



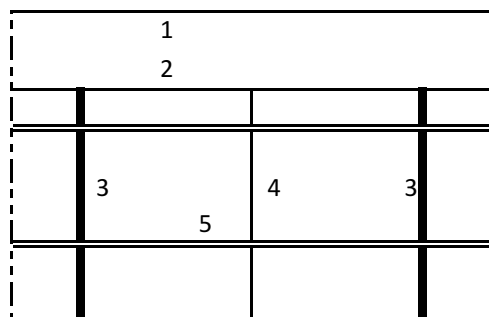
1	gootkolom	S235	RHBK	100/100/4
2	gordingen	S235	RHBK	80/40/3
	aantal	2 stuk(s)		
	steunpunten	doorgaand		
	eindvakmaat	4500 mm		
3	maaiveld			
	fundering	rand		
4	rand	van toepassing		
5	cassettevoet	niet van toepassing		
6	paal	niet van toepassing		
	a breedte	0 mm		
	b diameter	0 mm		
	c hoogte	0 mm		
	d lengte	0 mm		
7	poer	betonprop rond (BPRD)		
	e diameter	1100 mm		
	f hoogte	600 mm		
8	poerdiepte	300 mm	onder maaiveld	
9	funderingshoogte	400 mm	boven maaiveld	
10	grondsoort	klei NPR3860		

wapening rand
van toepassing

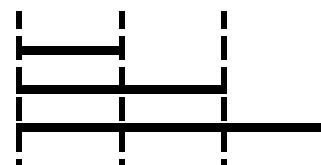


10	hoogte	400 mm
11	breedte	220 mm
	beton	C20/25
	betonstaal	B500B
	wapening	
12	bovenwapening	4 Ø10
13	betondekking	50 mm
14	onderwapening	4 Ø10
15	betondekking	50 mm
16	zijdekkng	50 mm
17	haarspeld	2 Ø12

Zijgevel



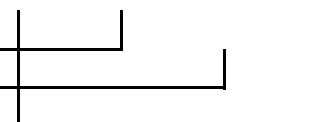
gordingen



2 steunpunten

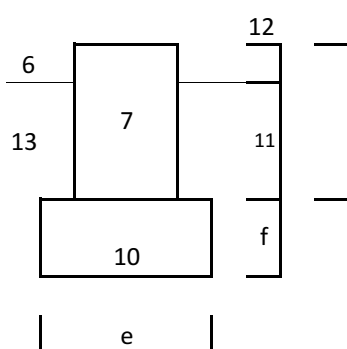
3 steunpunten

doorgaand



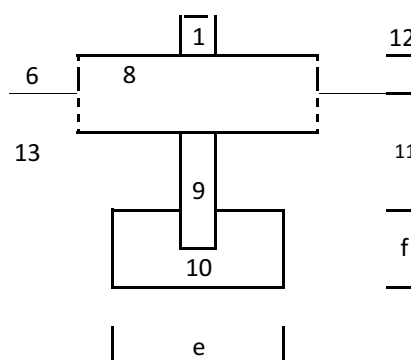
rand

van toepassing



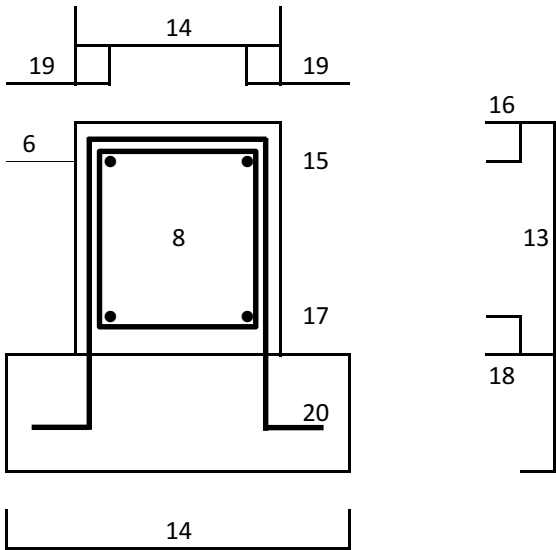
cassettevoet

niet van toepassing

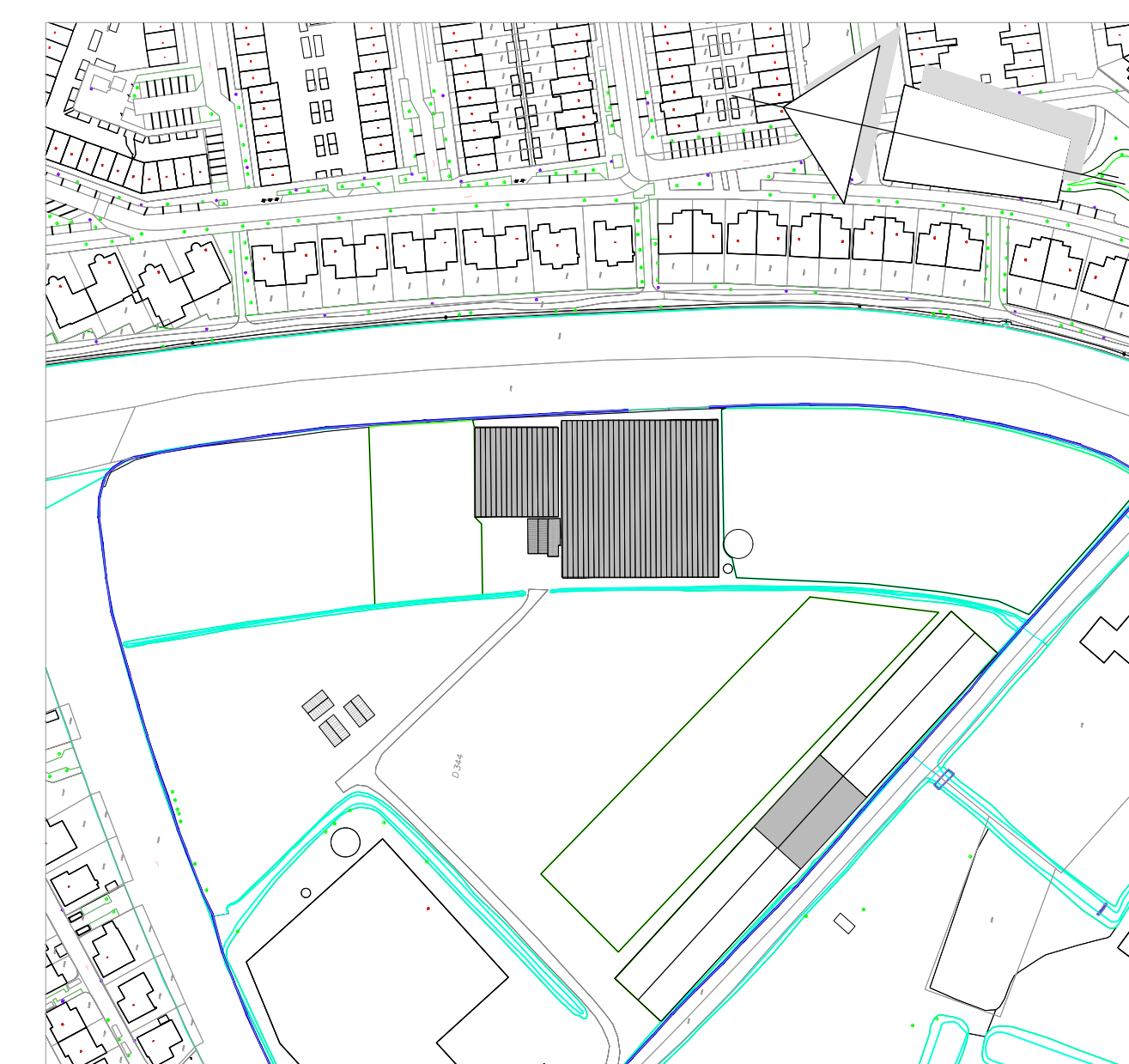
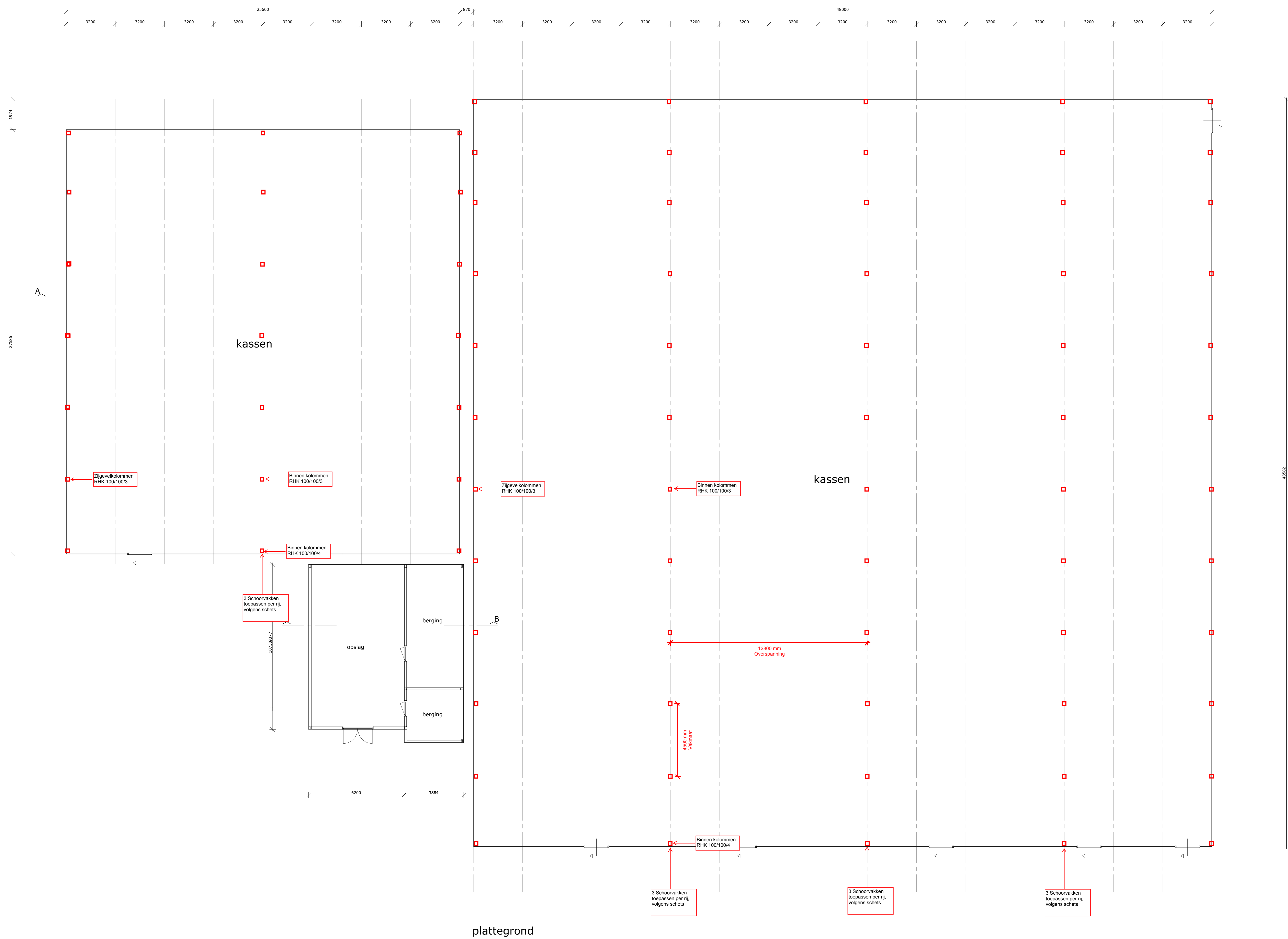


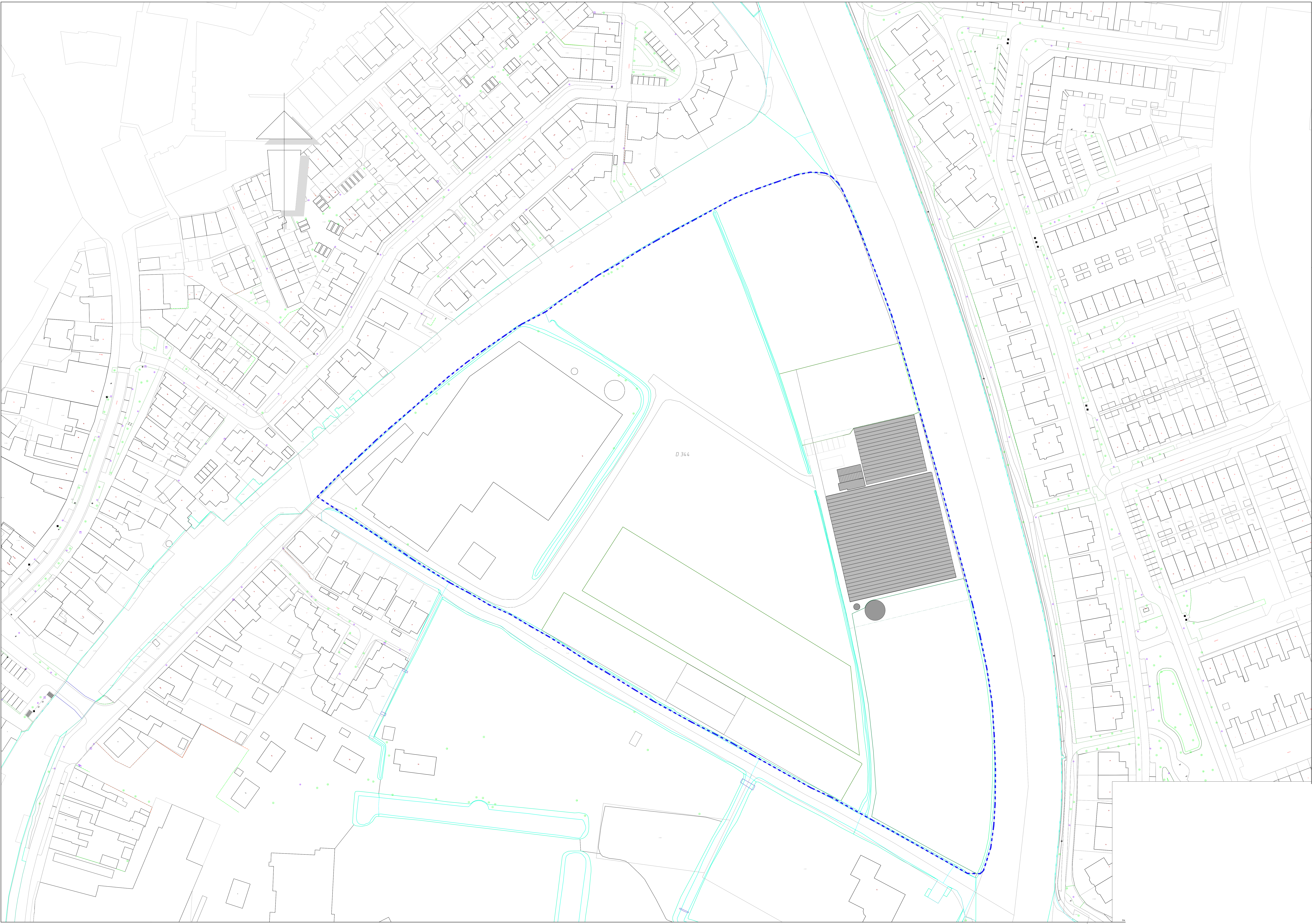
1	dek	
2	goot	
3	zijgevelspantkolom	S235 RHBK 100/100/3
4	tussenkolom	S235 RHBK nvt
5	gordingen	S235 U 100/50/3
	aantal	2 stuk(s)
	steunpunten	doorgaand
6	maaiveld	
	fundering	rand
7	rand	van toepassing
8	cassettevoet	niet van toepassing
9	paal	niet van toepassing
	a breedte	0 mm
	b diameter	0 mm
	c hoogte	0 mm
	d lengte	0 mm
10	poer	betonprop rond (BPRD)
	e diameter	740 mm
	f hoogte	1300 mm
11	poerdiepte	400 mm onder maaiveld
12	funderingshoogte	400 mm boven maaiveld
	afstand poer - poer	gootkolom
13	grondsoort	klei NPR3860

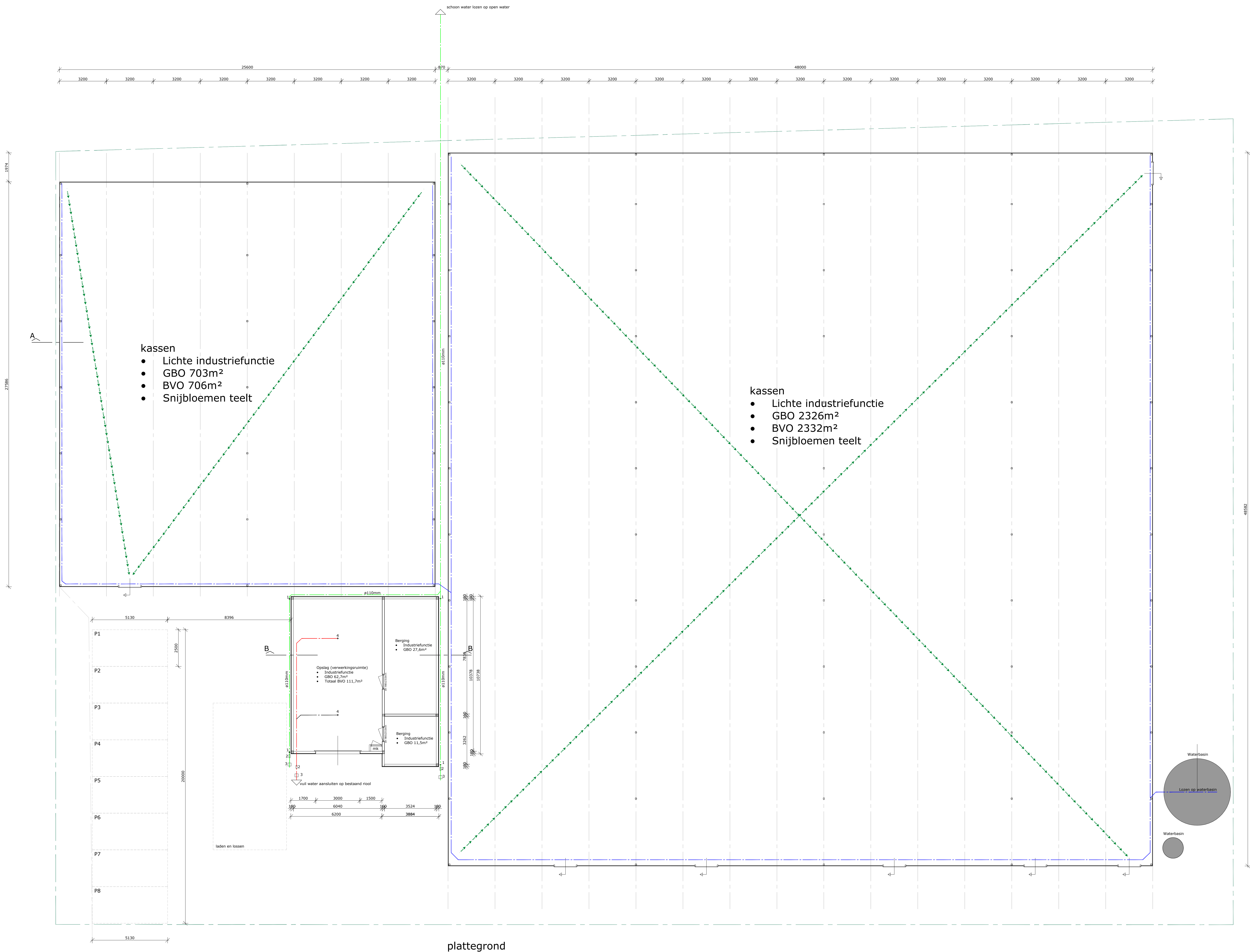
wapening rand
van toepassing



13	hoogte	400 mm
14	breedte	200 mm
	beton	C20/25
	betonstaal	B500B
	wapening	
15	bovenwapening	2 Ø8
16	betondekking	50 mm
17	onderwapening	2 Ø12
18	betondekking	50 mm
19	zijdekkng	50 mm
20	haarspeld	2 Ø12

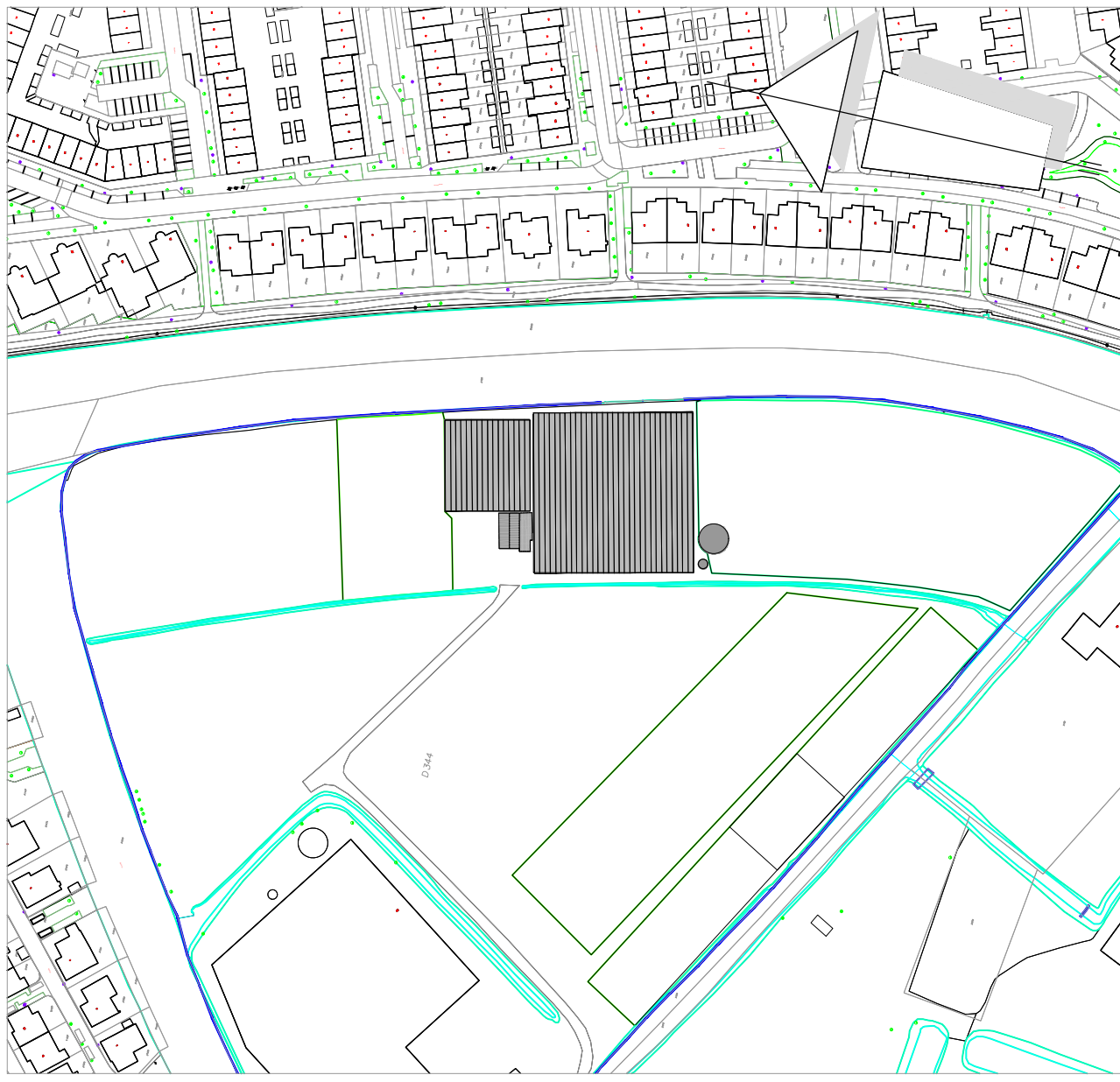


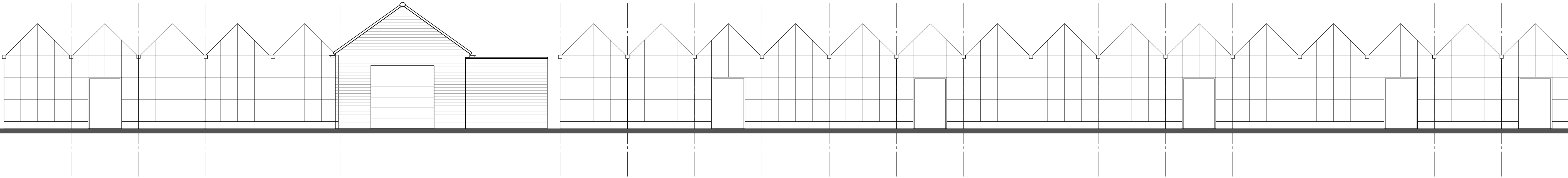




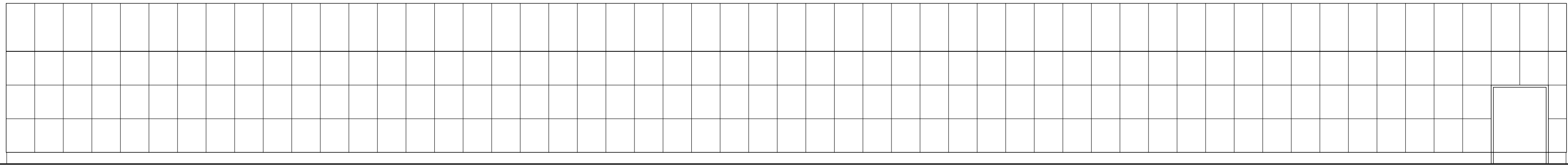
plattegrond

- RENVOOI
- Kassen: Lichte industriefunctie, geen eisen voor brandmeldinstallaties, zie bijlage 1 Bouwbesluit
 - Berging: Industriefunctie. Qua afmetingen en hoogte te klein voor aanbrengen brandmeldinstallaties, zie bijlage 1 Bouwbesluit
 - Vluchten: 1 persoon per 30m², maximaal 60meter
 - Hoofdverlichting of transparantverlichting: Geen eisen
 - Brandlangsheidspeil: Geen eisen
 - Compartimenteringen: Geen eisen
 - Vluchterichting
- RIOLERING
- 1 hwa ø80mm + syphon
 - 2 ontsluitingsstuk
 - 3 flexibele steekmoffen
 - 4 schroefput
- PARKEREN
- Glastuinbouw: Perceel ca 4500m²
Parkeernorm: 4 parkeerplaatsen per hectare glastuinbouw
Aanwezig: 8 parkeerplaatsen, voldoet

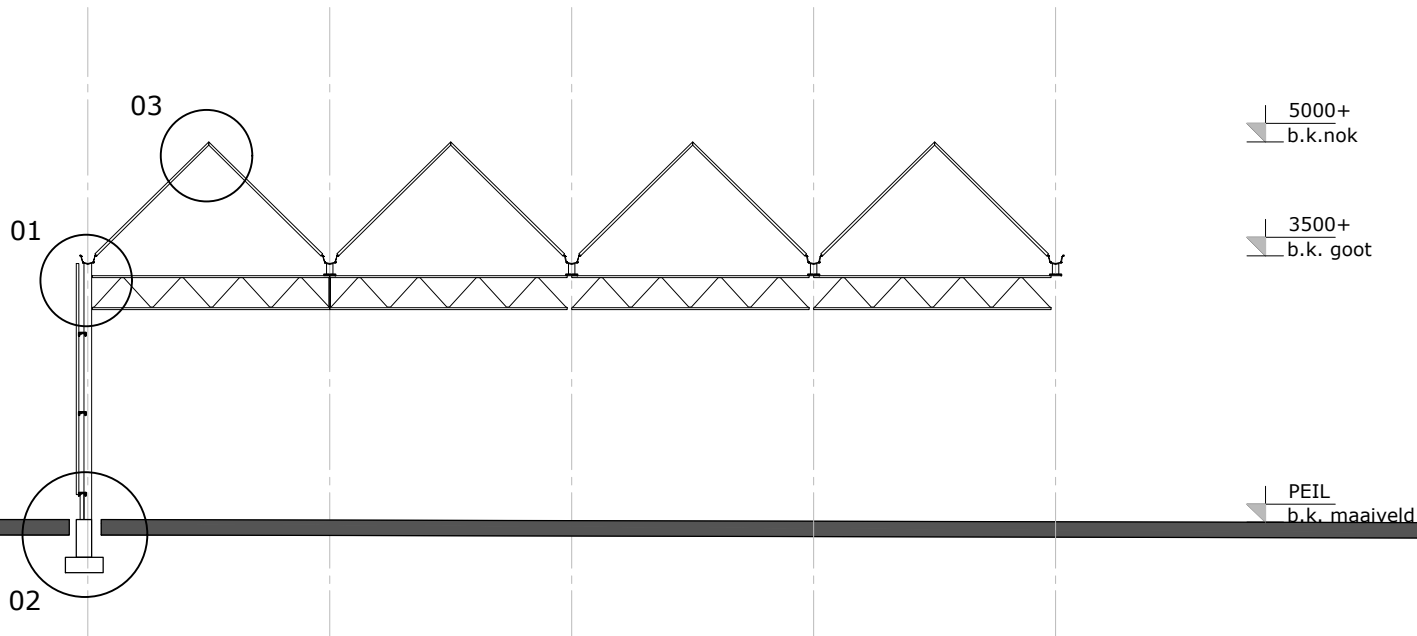




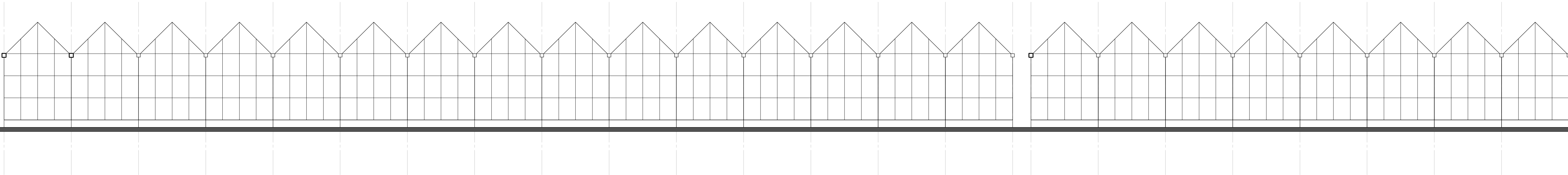
westgevel



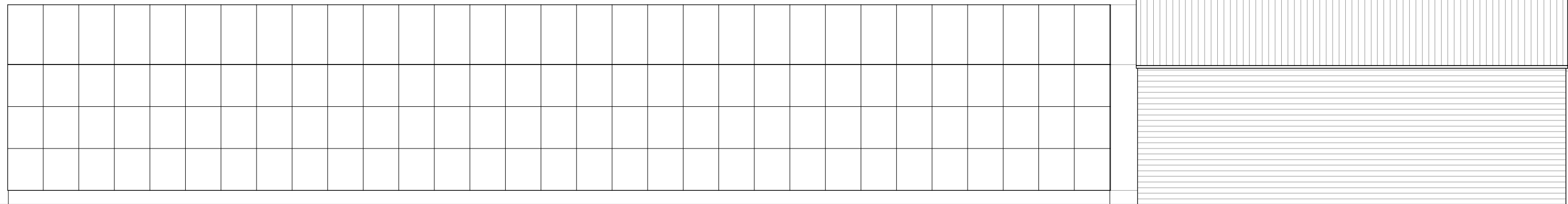
zuidgevel



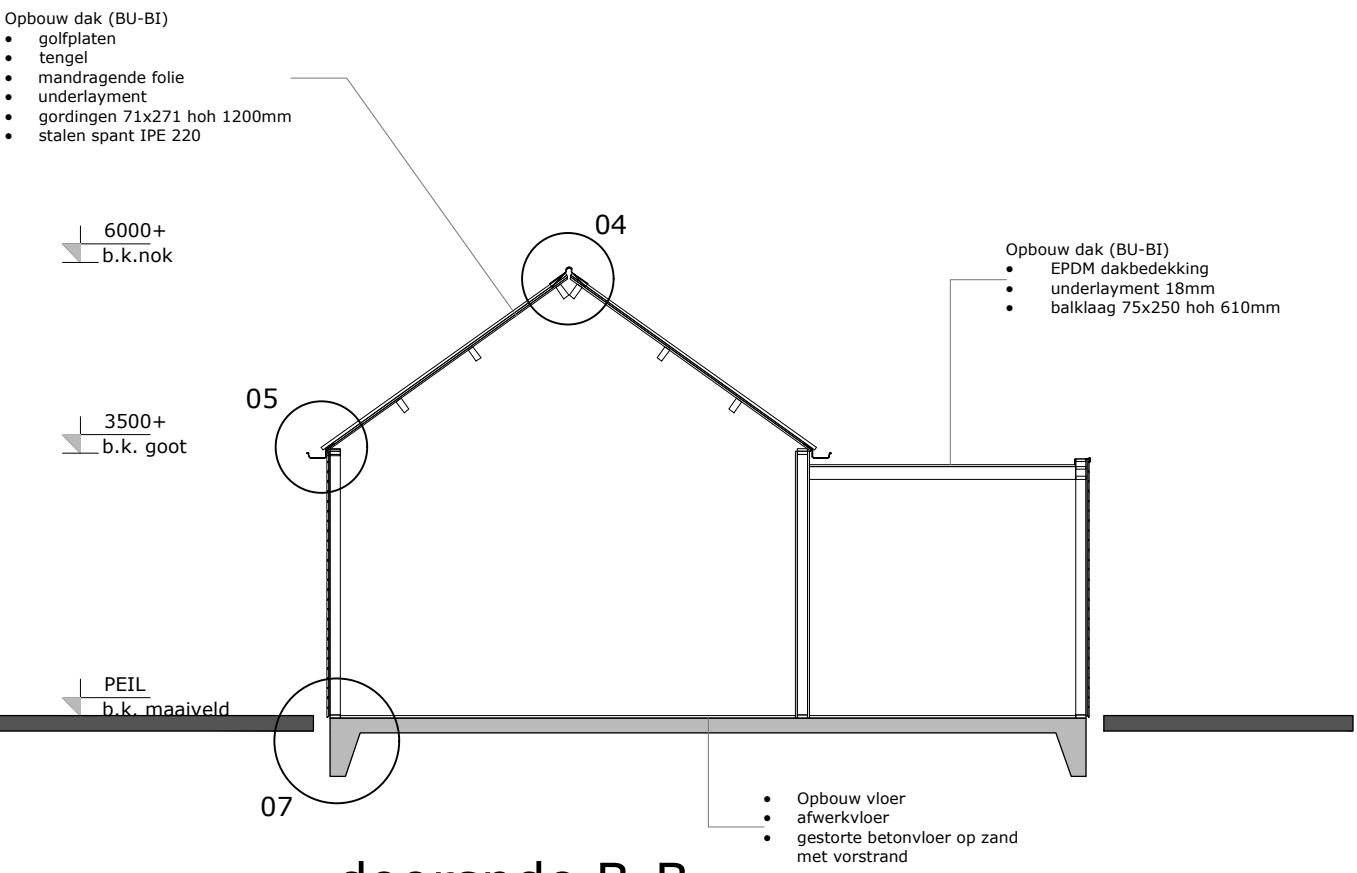
doorsnede A-A



oostgevel



noordgevel



doorsnde B-B

nb kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn



GEMEENTE KATWIJK
Afdeling Veiligheid
Team Vergunningen
Gezien  d.d. 10-02-2022

Behoort bij besluit van
burgemeester en wethouders
van de gemeente Katwijk

d.d. 10-02-2022

no. 2721128

Mij bekend, hoofd cluster
vergunningen, toezicht &
handhaving



Inhoudsopgave

1. Projectomschrijving.....2

2. Uitgangspunten.....3

3. Schetsen.....4

Bijlage A	Belastingoverzicht
Bijlage B	Raamwerkberekening Spant as 2
Bijlage C	Berekening grondspanning vloer
Bijlage D	Constructieschetsen
Bijlage E	tekeningen set architect

Projectomschrijving

Voor een stuk grond gelegen in de kwakelwei te Katwijk aan den Rijn is voorgenomen om een kas en een loods te realiseren. Dit rapport behandelt de constructieve berekeningen benodigd voor het realiseren van de loods. In rapportage SB01 wordt de kas behandeld.

De hoofddraagconstructie van de kas bestaat uit 3 spanten welke worden gemaakt uit IPE's 220. De spanten worden in de uitvoering met moment vaste verbindingen, dit verzorgt tevens de stabiliteit van de constructie in de sterke as van de spanten. In de zwakke as wordt de stabiliteit gewaarborgd door twee windverbanden in de gevels. Door de uitvoering van het dakvlak kan deze tevens als een stijfvlak worden beschouwd.

De vloer wordt gefundeerd op staal met een zand/kleiige ondergrond. Hiervoor is getoetst of de grondspanning ter plaatste van de begane grond vloer niet de 50kN/m^2 overschrijdt. Dit is niet het geval en de grondspanning blijft binnen de gestelde marge.

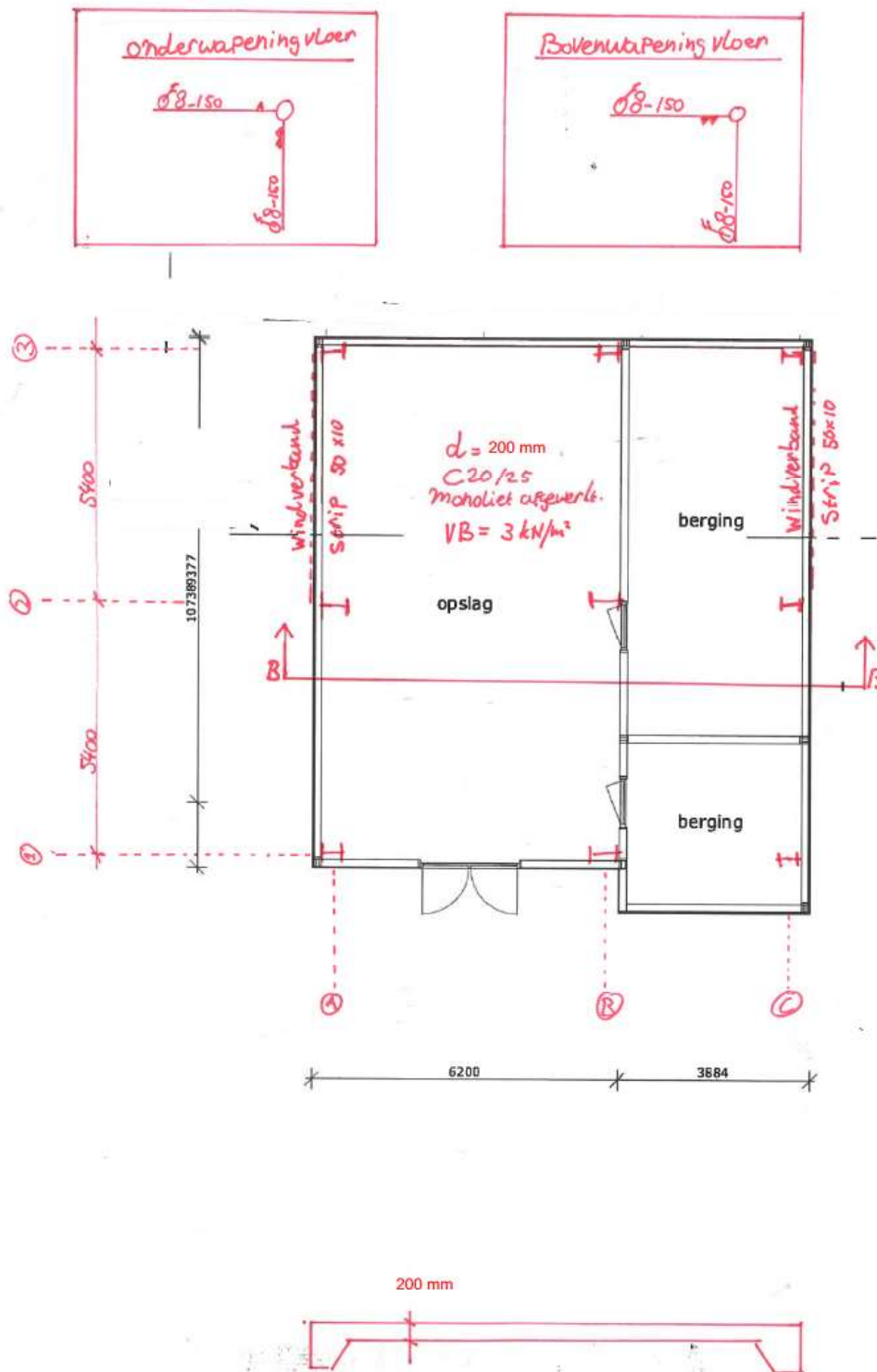


Uitgangspunten

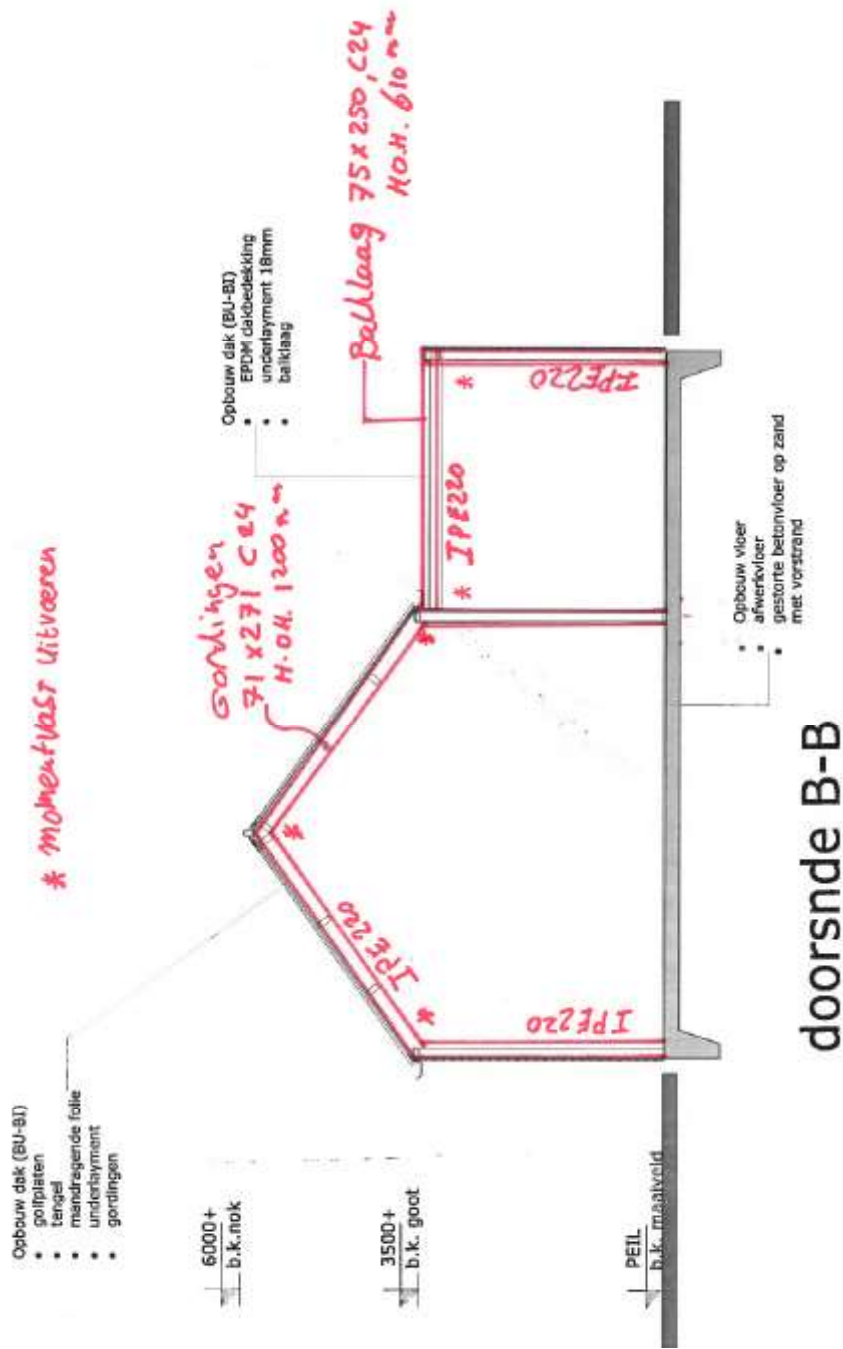
Betonsterkteklasse	Fundering / BG vloeren	C20/25	
Betonstaal	B500A/B		
Staal	S235		
Milieuklasse	Fundering	XC2	c = 35 mm
	Begane grondvloer (monoliet)	XC1	c = 30 mm
Wind	Conform Eurocode 1		
	Windgebied 2; onbebouwd		
Sneeuw	Conform Eurocode 1;		
Betrouwbaarheidsklasse	RC1		
Gevolgklasse	CC1a risicogroep laag.		
Referentieperiode	15 jaar		

Schetsen

Plattegrond loads



Doorsnede loods



Bouwwerk gegevens

Bouwwerkaand.:	Loods
Plaats:	Katwijk aan den Rijn
Hoogte (m):	6,0 m
Breedte (m):	10,0 m
Lengte (m):	10,4 m

Betrouw.b.klasse:	RC 1
Windgebied:	Gebied II
qp:	0,71 kN/m2

Ref. per.:	15 jaar
Omg.:	onbebouwd
(excl. Psi-t)	

Belastingen

Onderdeel	Omschrijving	Permanent	Variabel	Ψ0	Opmerkingen
Kap loods	Balklaag incl beschot	0,60 kN/m2			
	Lichte scheidingswanden				
code:	Variabel		0,56 kN/m2		Sneeuw
	Totaal	0,60 kN/m2	0,56 kN/m2		

Onderdeel	Omschrijving	Permanent	Variabel	Ψ0	Opmerkingen
Platte dak loods	Balklaag incl beschot	0,55 kN/m2			
	Lichte scheidingswanden				
code:	Variabel		0,56 kN/m2		Sneeuw
	Totaal	0,55 kN/m2	0,56 kN/m2		

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Onderdeel....: Loads

Dimensies....: kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)

Datum.....: 27/10/2021

Bestand.....: G:\Projecten\2021.357\Berekeningen\21-357_loads.rww

Belastingbreedte.: 5.400

Rekenmodel.....: 1e-orde-elastisch.

Theorie voor de bepaling van de krachtsverdeling:

Geometrisch lineair.

Fysisch lineair.

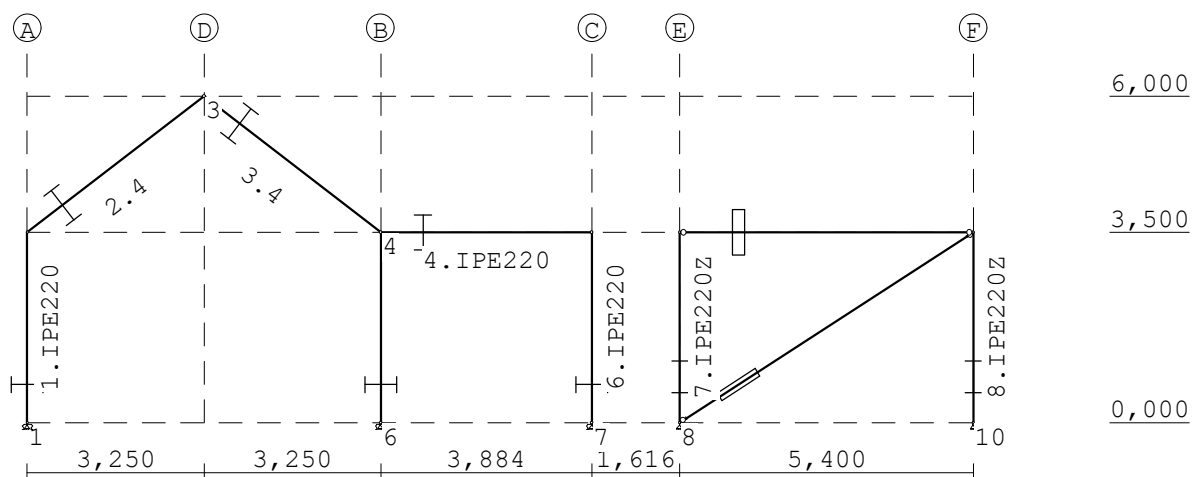
Gunstige werking van de permanente belasting wordt automatisch verwerkt.
 Eigen gewicht van trekstaven is niet meegenomen in de berekening.

De stabiliteit van de gehele constructie kan door de toegepaste trekstaven reken-technisch niet geheel gegarandeerd zijn en dient extra gecontroleerd te worden.

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010,A1:2019	NB:2019(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1/C11:2019	NB:2019(nl)
	NEN-EN 1991-1-3:2003	C1:2009	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-4:2005	C2:2011	NB:2011(nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2011,A1:2016	NB:2016(nl)

GEOMETRIE



STRAMIENLIJNEN

Nr.	Naam	X	Z-min	Z-max
1	A	0.000	0.000	6.000
2	B	6.500	0.000	6.000
3	C	10.384	0.000	6.000
4	D	3.250	0.000	6.000
5	E	12.000	0.000	6.000

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Onderdeel....: Loads

STRAMIENLIJNEN

Nr.	Naam	X	Z-min	Z-max
6	F	17.400	0.000	6.000

NIVEAUS

Nr.	Z	X-min	X-max
1	0.000	0.000	17.400
2	3.500	0.000	17.400
3	6.000	0.000	17.400

MATERIALEN

Mt	Kwaliteit	E-modulus[N/mm2]	S.G.	S.G.verhoogd	Pois.	Uitz. coëff
1	S235	210000	78.5		0.30	1.2000e-05
3	C24	11000	3.5	4.2	1.00	5.0000e-06

Bij de bepaling v.h. e.g. van houten staven is de S.G.verhoogd toegepast.

PROFIELEN [mm]

Prof.	Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Traagheid	Vormf.
1	B*H 71*271	3:C24	1.9241e+04	1.1776e+08	0.00
2	STRIP50*10	1:S235	5.0000e+02	4.1667e+03	0.00
3	IPE220Z	1:S235	3.3400e+03	2.0490e+06	0.00
4	IPE220	1:S235	3.3400e+03	2.7720e+07	0.00

PROFIELEN vervolg [mm]

Prof.	Staaftype	Breedte	Hoogte	e	Type	b1	h1	b2	h2
1	0:Normaal	71	271	135.5	0:RH				
2	1:Trek	50	10	5.0					
3	0:Normaal	110	220	55.0					
4	0:Normaal	110	220	110.0					

PROFIELVORMEN [mm]

1 B*H 71*271



2 STRIP50*10



3 IPE220Z



4 IPE220



Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loads

KNOPEN

Knoop	X	Z	Knoop	X	Z
1	0.000	0.000	6	6.500	0.000
2	0.000	3.500	7	10.384	0.000
3	3.250	6.000	8	12.000	0.000
4	6.500	3.500	9	12.000	3.500
5	10.384	3.500	10	17.400	0.000
11	17.400	3.500			

STAVEN

St.	ki	kj	Profiel	Aansl.i	Aansl.j	Lengte Opm.
1	1	2	4:IPE220	NDM	NDM	3.500
2	2	3	4:IPE220	NDM	NDM	4.100
3	3	4	4:IPE220	NDM	NDM	4.100
4	4	5	4:IPE220	NDM	NDM	3.884
5	6	4	4:IPE220	NDM	NDM	3.500
6	7	5	4:IPE220	NDM	NDM	3.500
7	8	9	3:IPE220Z	NDM	NDM	3.500
8	10	11	3:IPE220Z	NDM	NDM	3.500
9	8	11	2:STRIP50*10	ND-	ND-	6.435
10	9	11	1:B*H 71*271	ND-	ND-	5.400

VASTE STEUNPUNTEN

Nr.	knoop	Kode	XZR 1=vast 0=vrij	Hoek
1	1	110		0.00
2	6	110		0.00
3	7	110		0.00
4	8	110		0.00
5	10	110		0.00

VEREN

Veer	Knoop	Richting	Hoek	Veerwaarde	Type	Ondergrens	Bovengrens
1	1	3:Rotatie	0.00	5.000e+02	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10
2	6	3:Rotatie	0.00	5.000e+02	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10
3	7	3:Rotatie	0.00	5.000e+02	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10

BELASTINGGEVALLEN

B.G.	Omschrijving	Type
1	Permanente belasting EGZ=-1.00	1
g*	2 Wind van links onderdruk A	7
g	3 Wind van links overdruk A	8
g	4 Wind van links onderdruk B	9
g	5 Wind van links overdruk B	10

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGGEVALLEN

B.G.	Omschrijving	Type
g	6 Wind van links onderdruk C	37
g	7 Wind van links overdruk C	38
g	8 Wind van links onderdruk D	39
g	9 Wind van links overdruk D	40
g	10 Wind van rechts onderdruk A	11
g	11 Wind van rechts overdruk A	12
g	12 Wind van rechts onderdruk B	13
g	13 Wind van rechts overdruk B	14
g	14 Wind van rechts onderdruk C	41
g	15 Wind van rechts overdruk C	42
g	16 Wind van rechts onderdruk D	43
g	17 Wind van rechts overdruk D	44
g	18 Wind loodrecht onderdruk A	15
g	19 Wind loodrecht overdruk A	16
g	20 Wind loodrecht onderdruk B	45
g	21 Wind loodrecht overdruk B	46
g	22 Sneeuw A	22
g	23 Sneeuw B	23
	24 Knik	0 Onbekend

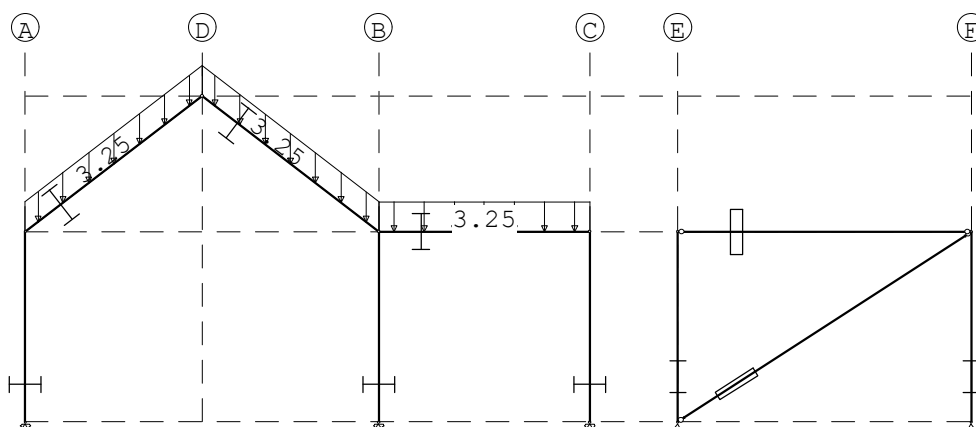
g = gegenereerd belastinggeval

* = belastinggeval bevat 1 of meer handmatig toegevoegde en/of gewijzigde lasten

BELASTINGEN

B.G:1 Permanente belasting

Eigen gewicht van alle staven is meegenomen in berekening. Richting:↓



```
Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Onderdeel....: Loods
```

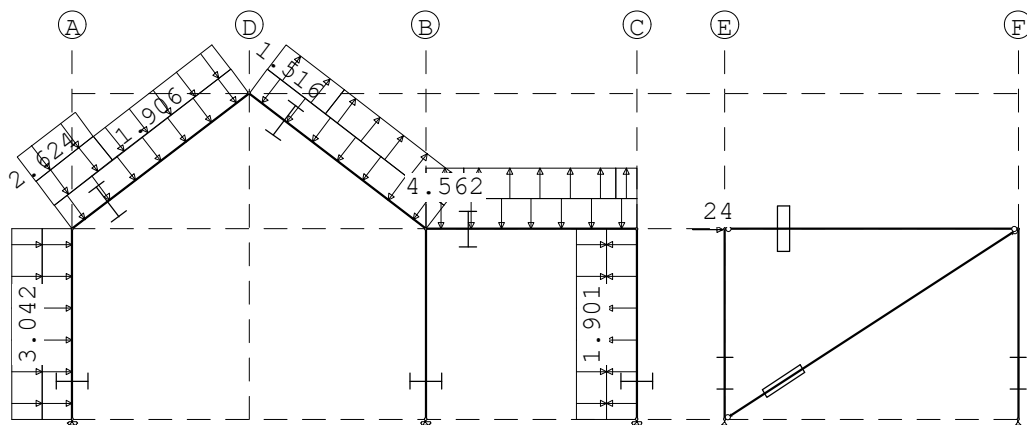
STAAFBELASTINGEN

B.G:1 Permanente belasting

Staaftype	Type	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
2	5:QZGlobaal	-3.25	-3.25	0.000	0.000			
3	5:QZGlobaal	-3.25	-3.25	0.000	0.000			
4	5:QZGlobaal	-3.25	-3.25	0.000	0.000			

BELASTINGEN

B.G:2 Wind van links onderdruk A



KNOOPBELASTINGEN

B.G:2 Wind van links onderdruk A

Last	Knoop	Richting	waarde	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Opm.
1	9	X	24.000	0.00	0.20	0.00	*

Opmerkingen

[*] Deze belasting is handmatig toegevoegd of gewijzigd.

STAAFBELASTINGEN

B.G:2 Wind van links onderdruk A

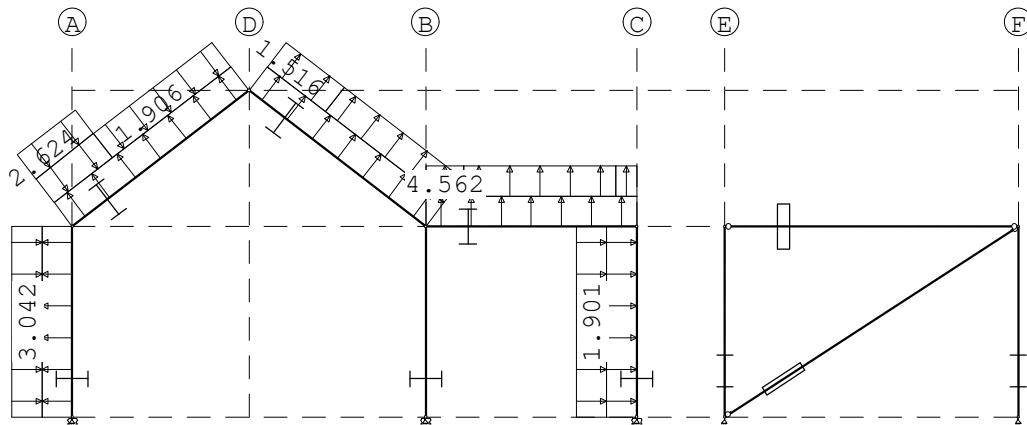
Staaf	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw2	1.14	1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw3	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw4	-0.04	-0.04	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw5	-2.62	-2.62	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw6	-1.91	-1.91	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw7	1.52	1.52	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw8	1.14	1.14	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.700	0.384	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw11	0.76	0.76	3.500	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw12	-1.90	-1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:3 Wind van links overdruk A

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:3 Wind van links overdruk A

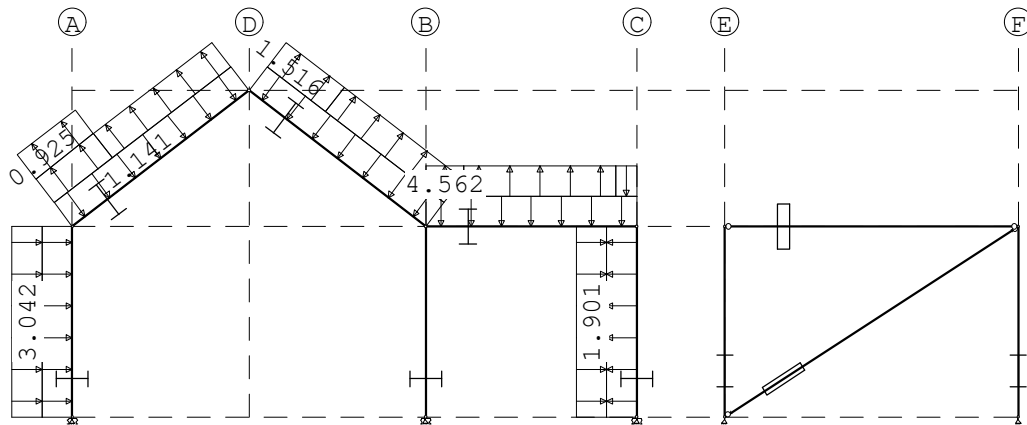
Staaf	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw14	-0.76	-0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw3	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw4	-0.04	-0.04	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw5	-2.62	-2.62	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw6	-1.91	-1.91	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw7	1.52	1.52	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw8	1.14	1.14	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.700	0.384	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw11	0.76	0.76	3.500	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw12	-1.90	-1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loads

BELASTINGEN

B.G:4 Wind van links onderdruk B

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:4 Wind van links onderdruk B

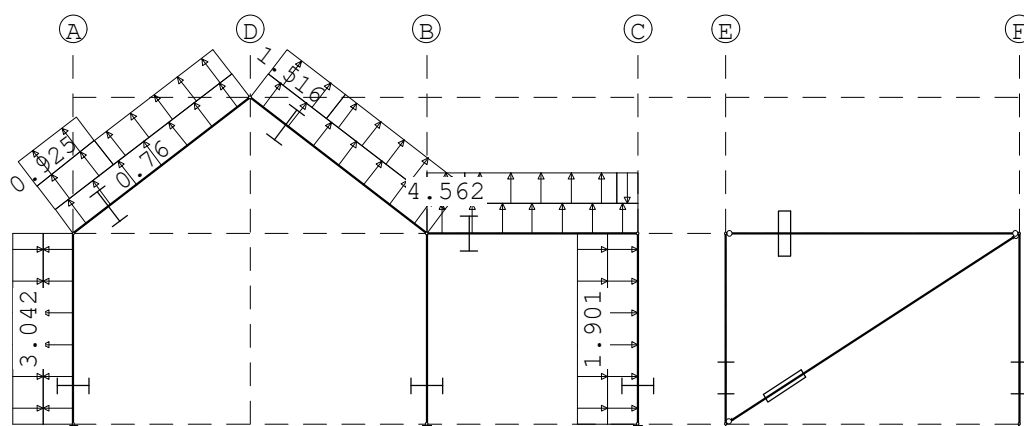
Staal	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw2	1.14	1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw3	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw15	0.01	0.01	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw16	0.92	0.92	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw17	0.38	0.38	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw7	1.52	1.52	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw8	1.14	1.14	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.700	0.384	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw18	-0.76	-0.76	3.500	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw12	-1.90	-1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:5 Wind van links overdruk B

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:5 Wind van links overdruk B

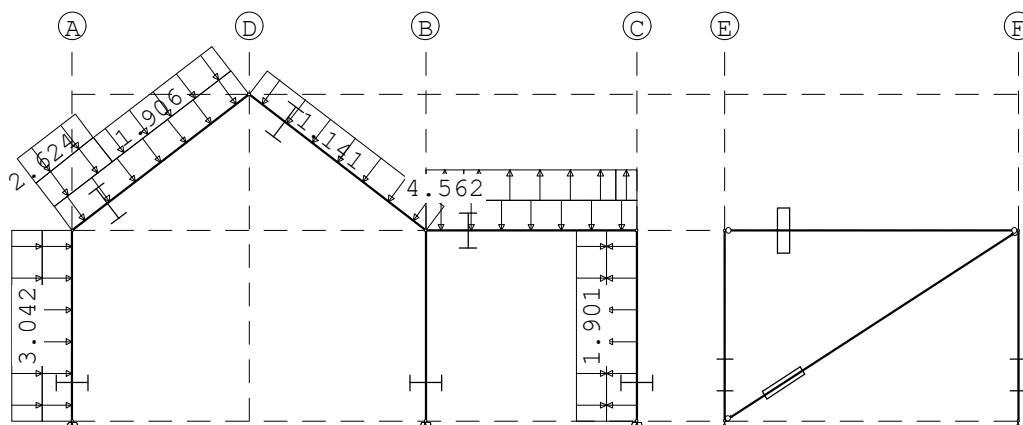
Staal	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw14	-0.76	-0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw3	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw15	0.01	0.01	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw16	0.92	0.92	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw17	0.38	0.38	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw7	1.52	1.52	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw8	1.14	1.14	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.700	0.384	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw18	-0.76	-0.76	3.500	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw12	-1.90	-1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:6 Wind van links onderdruk C

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:6 Wind van links onderdruk C

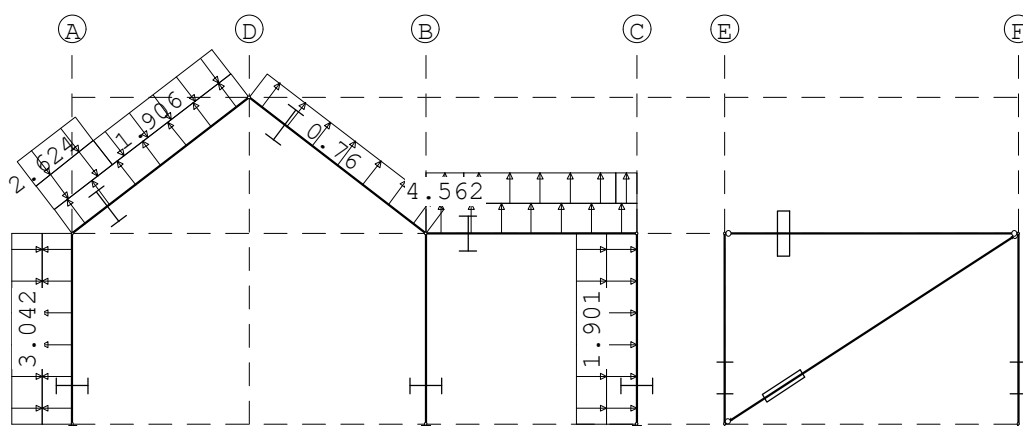
Staat	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw2	1.14	1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw3	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw4	-0.04	-0.04	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw5	-2.62	-2.62	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw6	-1.91	-1.91	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.700	0.384	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw11	0.76	0.76	3.500	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw12	-1.90	-1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:7 Wind van links overdruk C



STAAFBELASTINGEN

B.G:7 Wind van links overdruk C

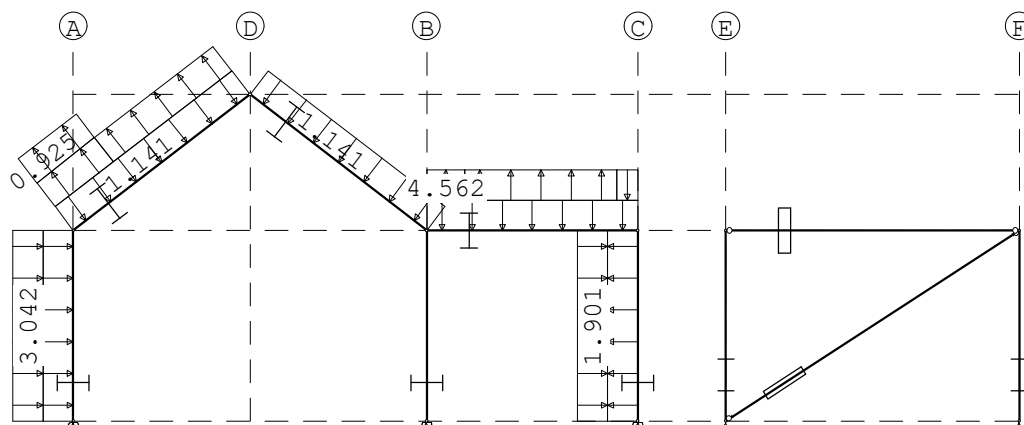
Staaftype	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw14	-0.76	-0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw3	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw4	-0.04	-0.04	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw5	-2.62	-2.62	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw6	-1.91	-1.91	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.700	0.384	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw11	0.76	0.76	3.500	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw12	-1.90	-1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loads

BELASTINGEN

B.G:8 Wind van links onderdruk D

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:8 Wind van links onderdruk D

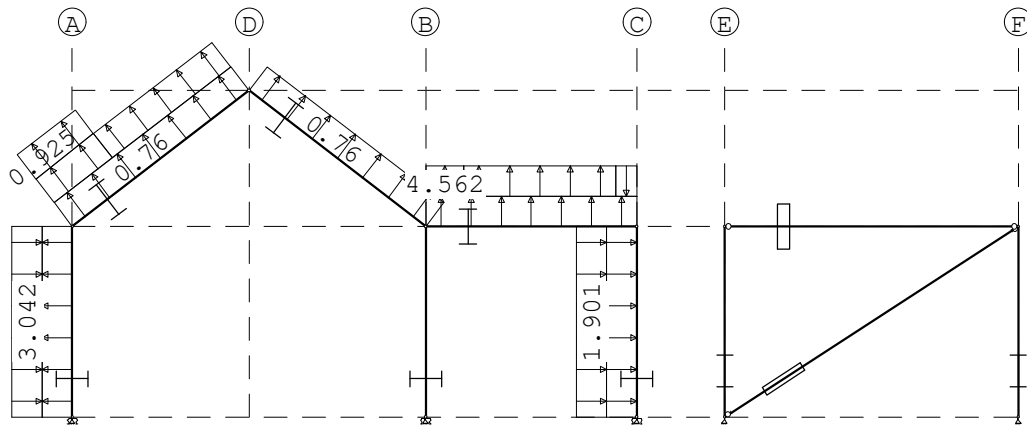
Staal	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw2	1.14	1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw3	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw15	0.01	0.01	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw16	0.92	0.92	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw17	0.38	0.38	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.700	0.384	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw18	-0.76	-0.76	3.500	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw12	-1.90	-1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:9 Wind van links overdruk D

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:9 Wind van links overdruk D

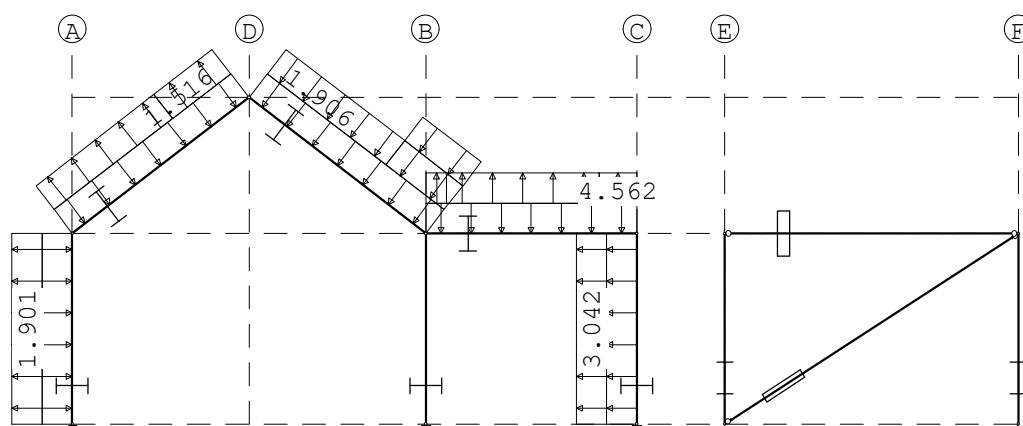
Staal	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw14	-0.76	-0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw3	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw15	0.01	0.01	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw16	0.92	0.92	0.000	2.750	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw17	0.38	0.38	1.350	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	0.000	3.184	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.700	0.384	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw18	-0.76	-0.76	3.500	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw12	-1.90	-1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:10 Wind van rechts onderdruk A

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:10 Wind van rechts onderdruk A

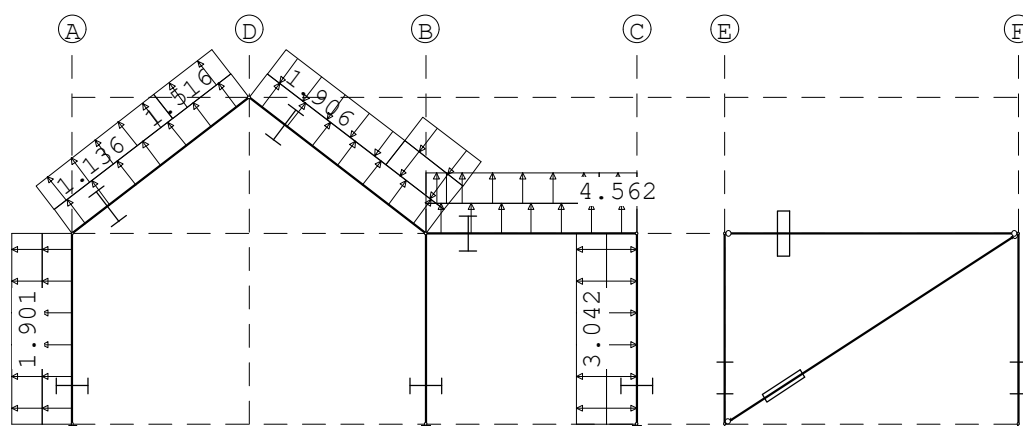
Staat	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw2	1.14	1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw19	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.384	0.700	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw11	0.76	0.76	0.000	3.500	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw4	-0.04	-0.04	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw5	-2.62	-2.62	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw6	-1.91	-1.91	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw7	1.52	1.52	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw8	1.14	1.14	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw20	1.90	1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:11 Wind van rechts overdruk A



STAAFBELASTINGEN

B.G:11 Wind van rechts overdruk A

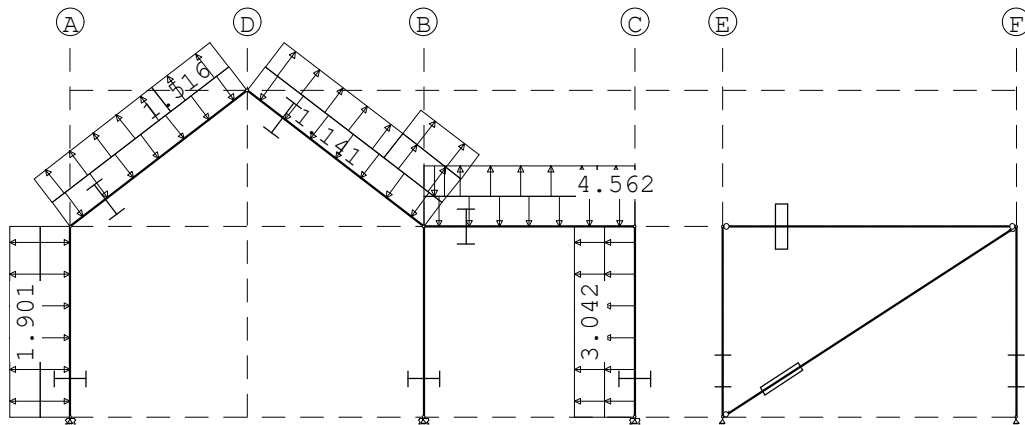
Staat	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw14	-0.76	-0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw19	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.384	0.700	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw11	0.76	0.76	0.000	3.500	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw4	-0.04	-0.04	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw5	-2.62	-2.62	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw6	-1.91	-1.91	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw7	1.52	1.52	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw8	1.14	1.14	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw20	1.90	1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:12 Wind van rechts onderdruk B

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:12 Wind van rechts onderdruk B

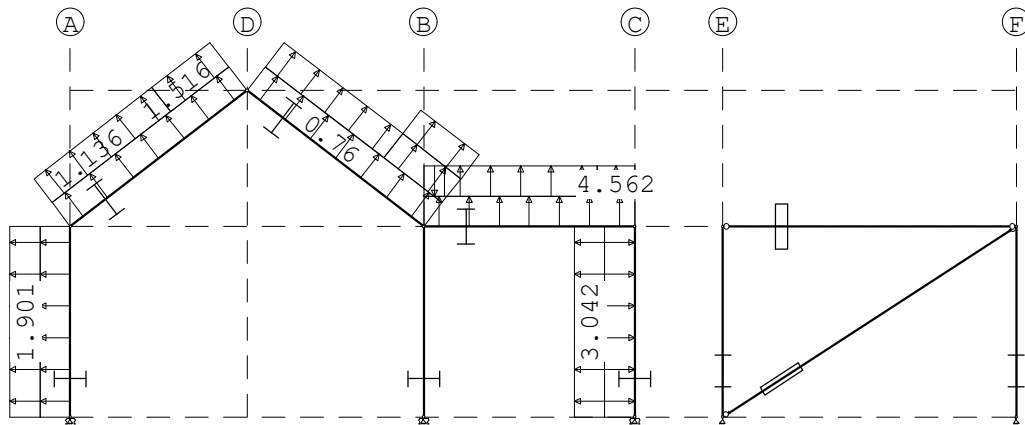
Staad	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw2	1.14	1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw19	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.384	0.700	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw18	-0.76	-0.76	0.000	3.500	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw15	0.01	0.01	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw16	0.92	0.92	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw17	0.38	0.38	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw7	1.52	1.52	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw8	1.14	1.14	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw20	1.90	1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:13 Wind van rechts overdruk B

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:13 Wind van rechts overdruk B

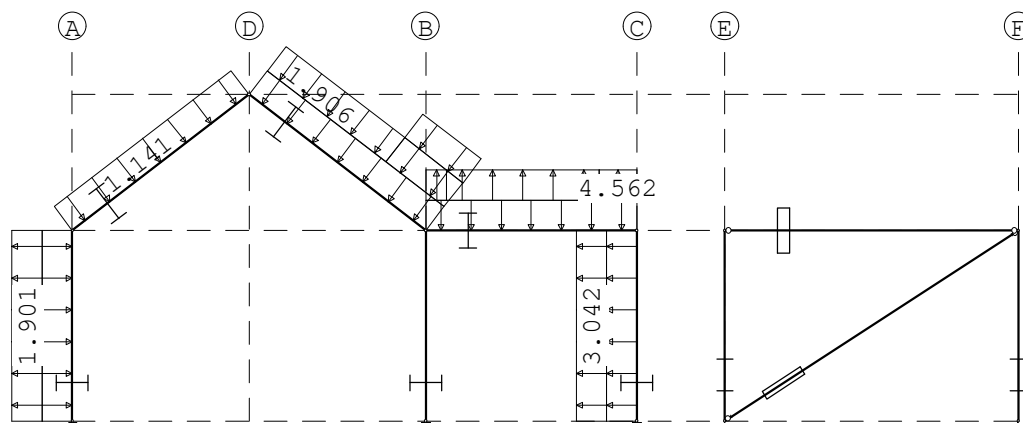
Staaf	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw14	-0.76	-0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw19	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.384	0.700	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw18	-0.76	-0.76	0.000	3.500	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw15	0.01	0.01	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw16	0.92	0.92	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw17	0.38	0.38	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw7	1.52	1.52	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw8	1.14	1.14	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw20	1.90	1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:14 Wind van rechts onderdruk C

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:14 Wind van rechts onderdruk C

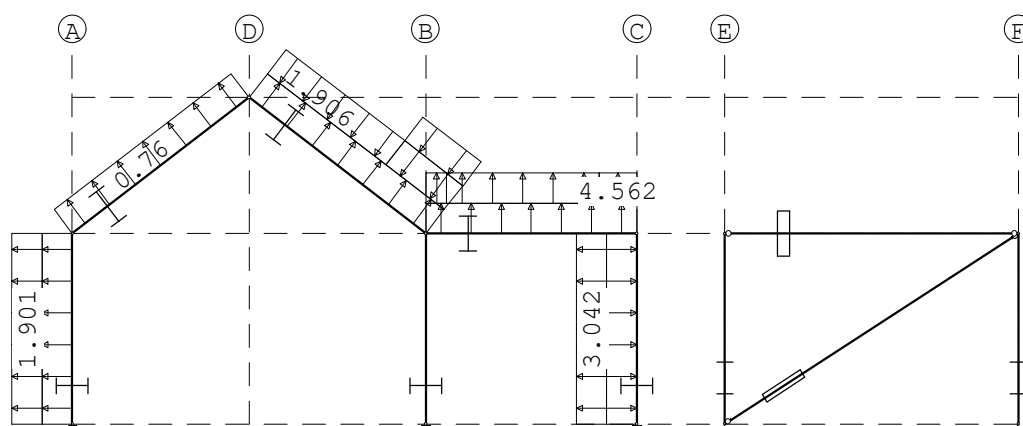
Staaf	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw2	1.14	1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw19	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.384	0.700	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw11	0.76	0.76	0.000	3.500	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw4	-0.04	-0.04	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw5	-2.62	-2.62	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw6	-1.91	-1.91	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw20	1.90	1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loads

BELASTINGEN

B.G:15 Wind van rechts overdruk C

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:15 Wind van rechts overdruk C

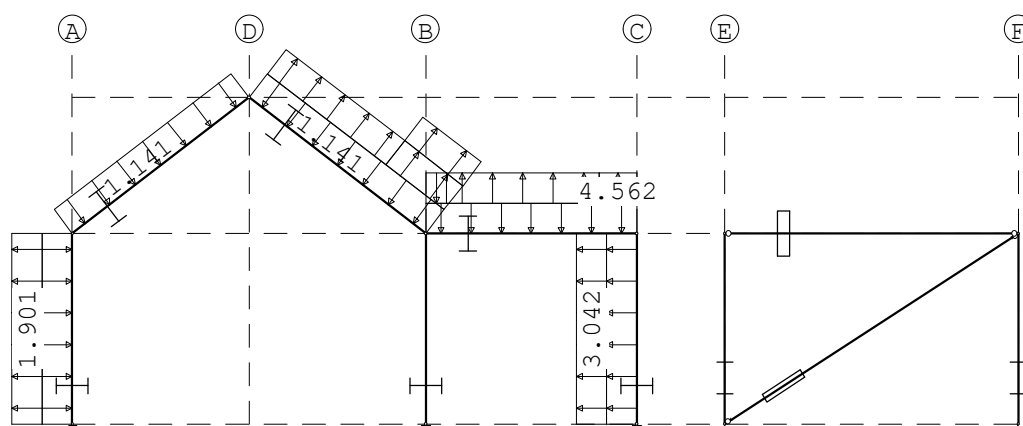
Staaf	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw14	-0.76	-0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw19	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.384	0.700	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw11	0.76	0.76	0.000	3.500	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw4	-0.04	-0.04	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw5	-2.62	-2.62	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw6	-1.91	-1.91	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw20	1.90	1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:16 Wind van rechts onderdruk D

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:16 Wind van rechts onderdruk D

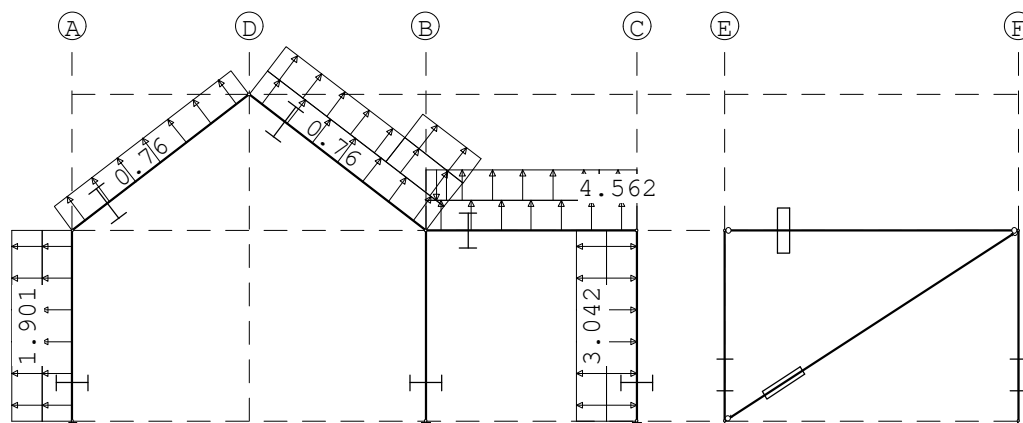
Staaf	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw2	1.14	1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw19	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.384	0.700	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw18	-0.76	-0.76	0.000	3.500	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw15	0.01	0.01	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw16	0.92	0.92	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw17	0.38	0.38	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw20	1.90	1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:17 Wind van rechts overdruk D

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:17 Wind van rechts overdruk D

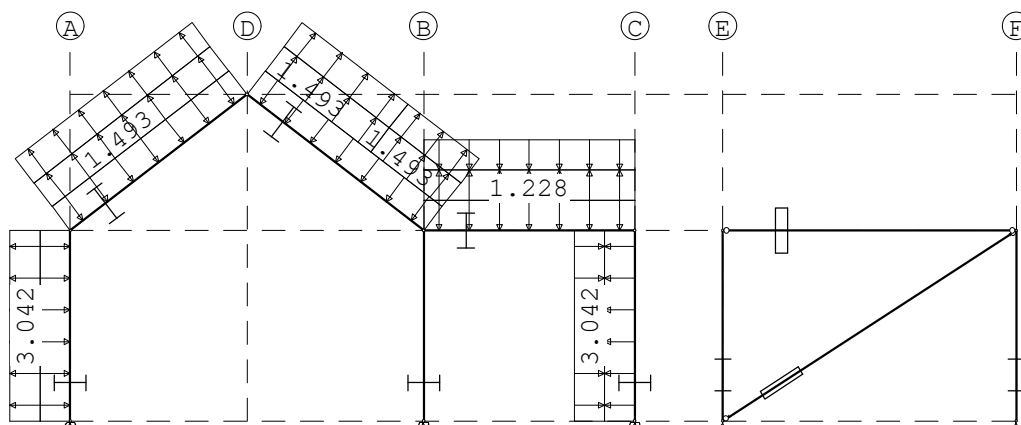
Staal	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw14	-0.76	-0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw19	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal		0.00	0.00	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw9	4.56	4.56	3.184	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw10	2.66	2.66	0.384	0.700	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw18	-0.76	-0.76	0.000	3.500	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw15	0.01	0.01	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw16	0.92	0.92	2.750	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw17	0.38	0.38	0.000	1.350	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw20	1.90	1.90	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:18 Wind loodrecht onderdruk A

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:18 Wind loodrecht onderdruk A

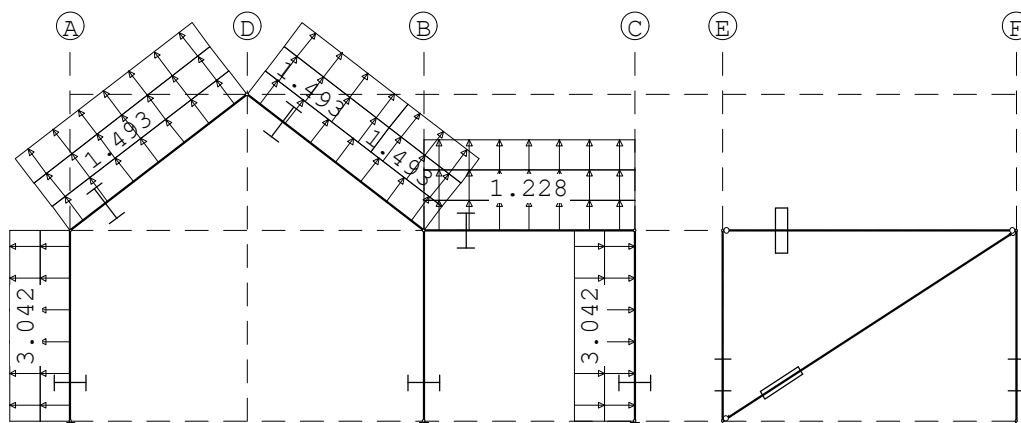
Staad	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw2	1.14	1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw21	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw22	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw23	1.49	1.49	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw24	1.02	1.02	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw23	1.49	1.49	2.450	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw23	1.49	1.49	0.000	1.650	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw24	1.02	1.02	2.450	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw24	1.02	1.02	0.000	1.650	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw25	1.23	1.23	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw26	-0.41	-0.41	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:19 Wind loodrecht overdruk A

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:19 Wind loodrecht overdruk A

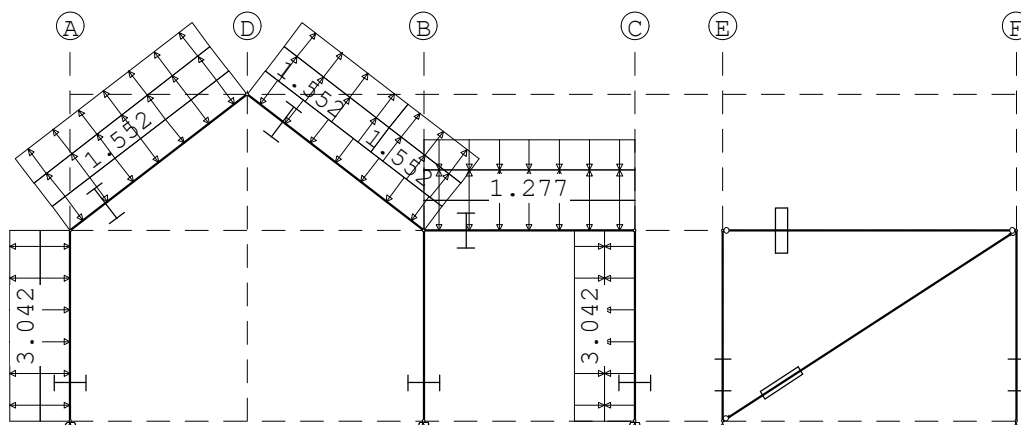
Staad	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw14	-0.76	-0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw21	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw22	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw23	1.49	1.49	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw24	1.02	1.02	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw23	1.49	1.49	2.450	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw23	1.49	1.49	0.000	1.650	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw24	1.02	1.02	2.450	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw24	1.02	1.02	0.000	1.650	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw25	1.23	1.23	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw27	0.41	0.41	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:20 Wind loodrecht onderdruk B

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:20 Wind loodrecht onderdruk B

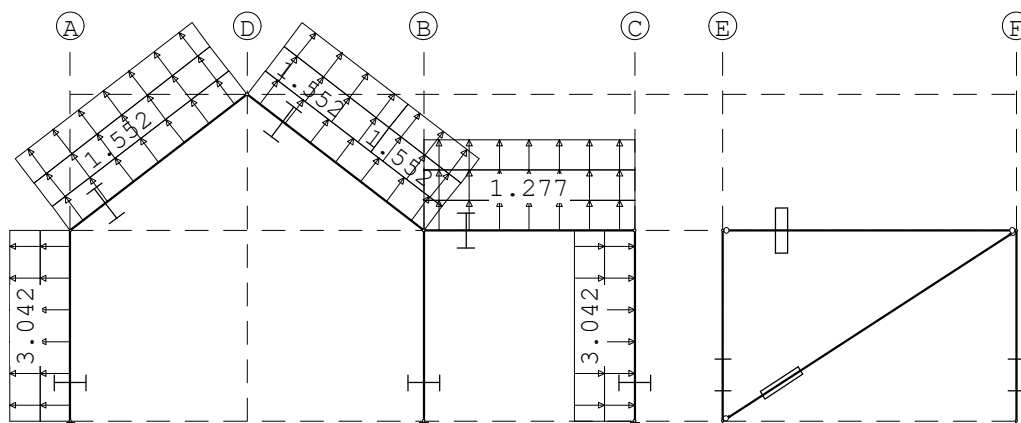
Staad	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw1	-1.14	-1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw2	1.14	1.14	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw21	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw22	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw28	1.55	1.55	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw29	0.99	0.99	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw28	1.55	1.55	2.450	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw28	1.55	1.55	0.000	1.650	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw29	0.99	0.99	2.450	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw29	0.99	0.99	0.000	1.650	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw30	1.28	1.28	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw31	-0.40	-0.40	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

BELASTINGEN

B.G:21 Wind loodrecht overdruk B

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:21 Wind loodrecht overdruk B

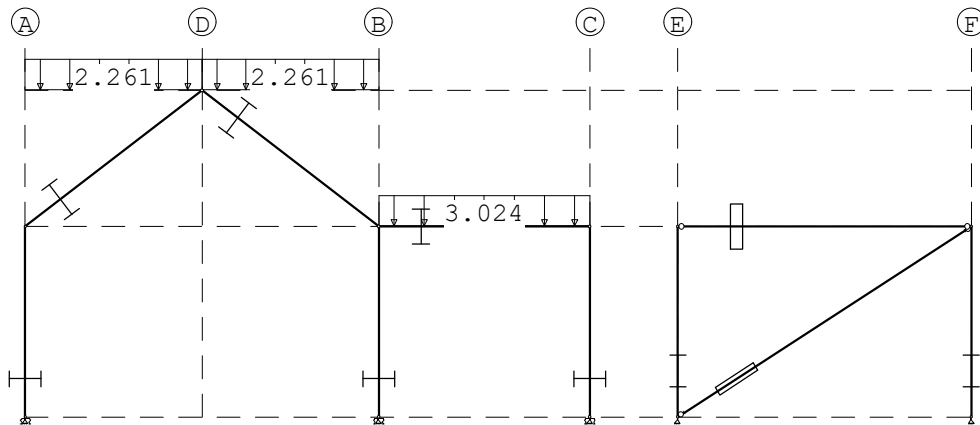
Staal	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw13	0.76	0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw14	-0.76	-0.76	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
1	1:QZLokaal	Qw21	3.04	3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
6	1:QZLokaal	Qw22	-3.04	-3.04	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw28	1.55	1.55	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
2	1:QZLokaal	Qw29	0.99	0.99	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw28	1.55	1.55	2.450	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw28	1.55	1.55	0.000	1.650	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw29	0.99	0.99	2.450	0.000	0.00	0.20	0.00
3	1:QZLokaal	Qw29	0.99	0.99	0.000	1.650	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw30	1.28	1.28	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	1:QZLokaal	Qw32	0.40	0.40	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loads

BELASTINGEN

B.G:22 Sneeuw A

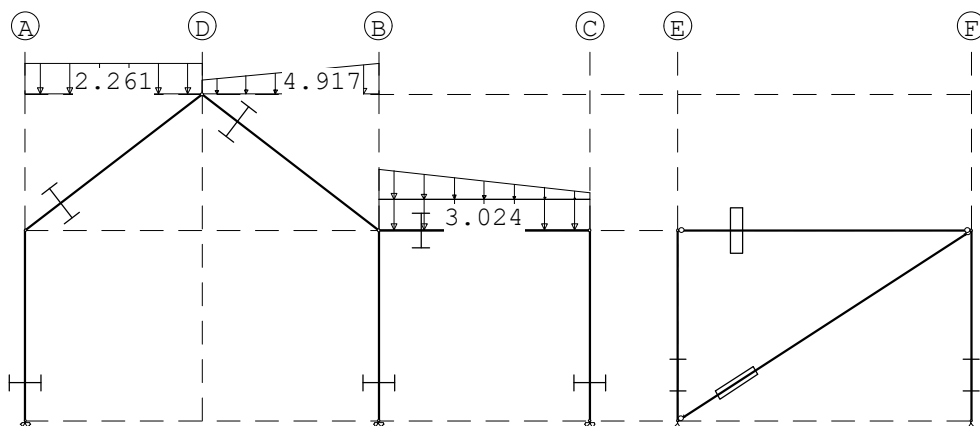
**STAAFBELASTINGEN**

B.G:22 Sneeuw A

Staat	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
2	3:QZgeProj.	Qs1	-2.26	-2.26	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	3:QZgeProj.	Qs2	-2.26	-2.26	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	3:QZgeProj.	Qs3	-3.02	-3.02	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

BELASTINGEN

B.G:23 Sneeuw B

**STAAFBELASTINGEN**

B.G:23 Sneeuw B

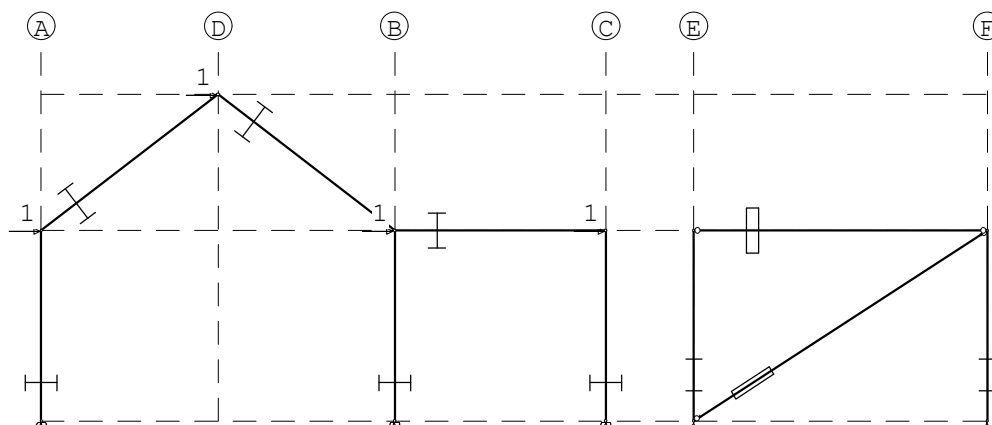
Staat	Type	Index	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
2	3:QZgeProj.	Qs1	-2.26	-2.26	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
3	3:QZgeProj.	Qs2	-2.26	-4.92	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	3:QZgeProj.	Qs3	-3.02	-3.02	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	3:QZgeProj.	Qs5	-2.46	-0.55	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loads

BELASTINGEN

B.G:24 Knik

**KNOOPBELASTINGEN**

B.G:24 Knik

Last	Knoop	Richting	waarde	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	2	X	1.000			
2	3	X	1.000			
3	4	X	1.000			
4	5	X	1.000			

BELASTINGCOMBINATIES

BC Type			
1	Fund.	1.22	$G_{k,1}$
2	Fund.	0.90	$G_{k,1}$
3	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,2}$
4	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,3}$
5	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,4}$
6	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,5}$
7	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,6}$
8	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,7}$
9	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,8}$
10	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,9}$
11	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,10}$
12	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,11}$
13	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,12}$
14	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,13}$
15	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,14}$
16	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,15}$
17	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,16}$
18	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,17}$
19	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,18}$
20	Fund.	1.08	$G_{k,1} + 1.35 Q_{k,19}$

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Onderdeel....: Loads

BELASTINGCOMBINATIES

BC Type				
21 Fund.	1.08	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,20}$
22 Fund.	1.08	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,21}$
23 Fund.	1.08	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,22}$
24 Fund.	1.08	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,23}$
25 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,2}$
26 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,3}$
27 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,4}$
28 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,5}$
29 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,6}$
30 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,7}$
31 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,8}$
32 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,9}$
33 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,10}$
34 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,11}$
35 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,12}$
36 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,13}$
37 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,14}$
38 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,15}$
39 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,16}$
40 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,17}$
41 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,18}$
42 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,19}$
43 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,20}$
44 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,21}$
45 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,22}$
46 Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.35 $Q_{k,23}$
47 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,2}$
48 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,3}$
49 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,4}$
50 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,5}$
51 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,6}$
52 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,7}$
53 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,8}$
54 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,9}$
55 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,10}$
56 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,11}$
57 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,12}$
58 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,13}$
59 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,14}$
60 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,15}$
61 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,16}$

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Onderdeel....: Loods

BELASTINGCOMBINATIES

BC Type				
62 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,17}$
63 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,18}$
64 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,19}$
65 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,20}$
66 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,21}$
67 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,22}$
68 Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,23}$
69 Blij.	1.00	$G_{k,1}$		

GUNSTIGE WERKING PERMANENTE BELASTINGEN

BC Staven met gunstige werking	
1	Geen
2	Alle staven de factor:0.90
3	Geen
4	Geen
5	Geen
6	Geen
7	Geen
8	Geen
9	Geen
10	Geen
11	Geen
12	Geen
13	Geen
14	Geen
15	Geen
16	Geen
17	Geen
18	Geen
19	Geen
20	Geen
21	Geen
22	Geen
23	Geen
24	Geen
25	Alle staven de factor:0.90
26	Alle staven de factor:0.90
27	Alle staven de factor:0.90
28	Alle staven de factor:0.90
29	Alle staven de factor:0.90
30	Alle staven de factor:0.90
31	Alle staven de factor:0.90
32	Alle staven de factor:0.90
33	Alle staven de factor:0.90
34	Alle staven de factor:0.90
35	Alle staven de factor:0.90

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
Onderdeel....: Loods

GUNSTIGE WERKING PERMANENTE BELASTINGEN

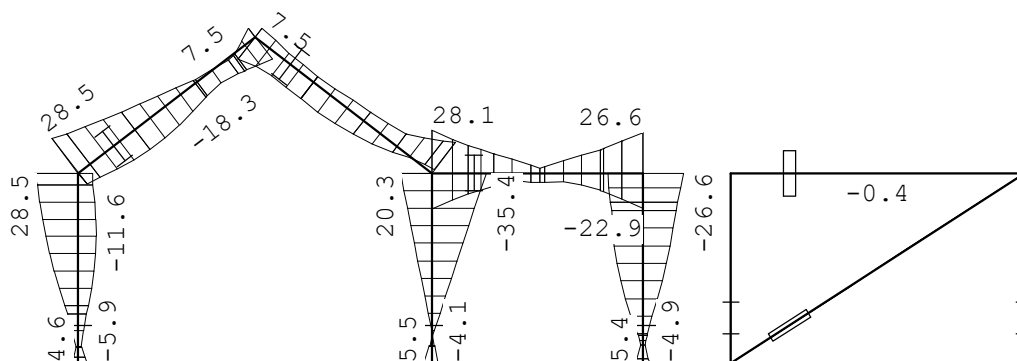
BC Staven met gunstige werking

36 Alle staven de factor:0.90
37 Alle staven de factor:0.90
38 Alle staven de factor:0.90
39 Alle staven de factor:0.90
40 Alle staven de factor:0.90
41 Alle staven de factor:0.90
42 Alle staven de factor:0.90
43 Alle staven de factor:0.90
44 Alle staven de factor:0.90
45 Alle staven de factor:0.90
46 Alle staven de factor:0.90

OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES

MOMENTEN

Fundamentele combinatie

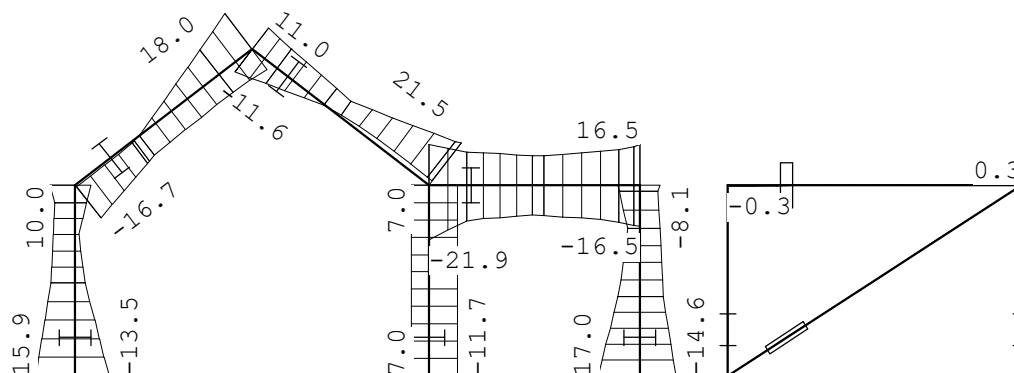


Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

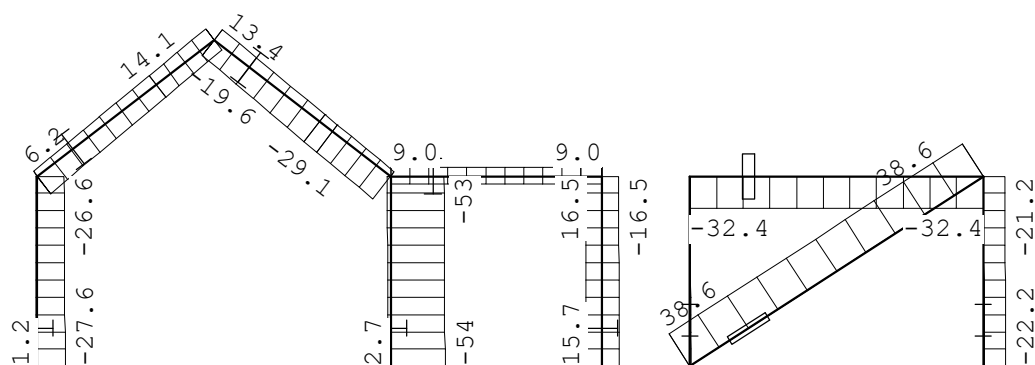
DWARSKRACHTEN

Fundamentele combinatie



NORMAALKRACHTEN

Fundamentele combinatie



Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn
 Onderdeel....: Loads

STAALPROFIELEN - ALGEMENE GEGEVENS

Stabiliteit: Classificatie gehele constructie: Ongeschoord
 Belastinggeval m.b.t. bepaling kniklengte: 24=Knik
 Aanpassing inkl. parameter C : Nee
 Tweede-orde-effect:
 Aan te houden verhouding $n/(n-1)$
 voor steunmomenten en verplaatsingen: 1.10
 Doorbuiging en verplaatsing:
 Aantal bouwlagen: 1
 Gebouwtype: Overig
 Toel. horiz. verplaatsing gehele gebouw: $h/300$
 Kleinste gevelhoogte [m]: 0.0

PROFIEL/MATERIAAL

P/M nr.	Profielnaam	Vloeisp. [N/mm ²]	Productie methode	Min. drsn. klasse
2	STRIP50*10	235	Gewalst	1
3	IPE220Z	235	Gewalst	1
4	IPE220	235	Gewalst	1

Partiële veiligheidsfactoren:

Gamma M;0 : 1.00 Gamma M;1 : 1.00

KNIKSTABILITEIT

Staafl	l_{sys} [m]	Classif. y sterke as	$l_{knik,y}$ [m]	Extra		$l_{knik,z}$ [m]	Extra
				aanp. y [kN]	Classif. z zwakke as		aanp. z [kN]
1	3.500	Geschoord	3.500	0.0	Geschoord	3.500	0.0
2	4.100	Ongeschoord	8.003	0.0	Geschoord	4.100	0.0
3	4.100	Ongeschoord	8.133	0.0	Geschoord	4.100	0.0
4	3.884	Geschoord	3.884	0.0	Geschoord	3.884	0.0
5	3.500	Ongeschoord	6.968	0.0	Geschoord	3.500	0.0
6	3.500	Geschoord	3.500	0.0	Geschoord	3.500	0.0
7	3.500	Geschoord	3.500	0.0	Geschoord	3.500	0.0
8	3.500	Geschoord	3.500	0.0	Geschoord	3.500	0.0
9	6.435	Geschoord	6.435	0.0	Geschoord	6.435	0.0

KIPSTABILITEIT

Staafl	Plts. aangr.	l gaffel [m]	Kipsteunafstanden [m]	
1	1.0*h	boven:	3.50	3.500
		onder:	3.50	3.500
2	1.0*h	boven:	4.10	4.100
		onder:	4.10	4.100
3	1.0*h	boven:	4.10	4.100
		onder:	4.10	4.100
4	1.0*h	boven:	3.88	3.884
		onder:	3.88	3.884
5	1.0*h	boven:	3.50	3.500
		onder:	3.50	3.500

Project.....: 21-357 - nb.kwekerij Kwakelwei Katwijk a/d Rijn

Onderdeel....: Loods

KIPSTABILITEIT

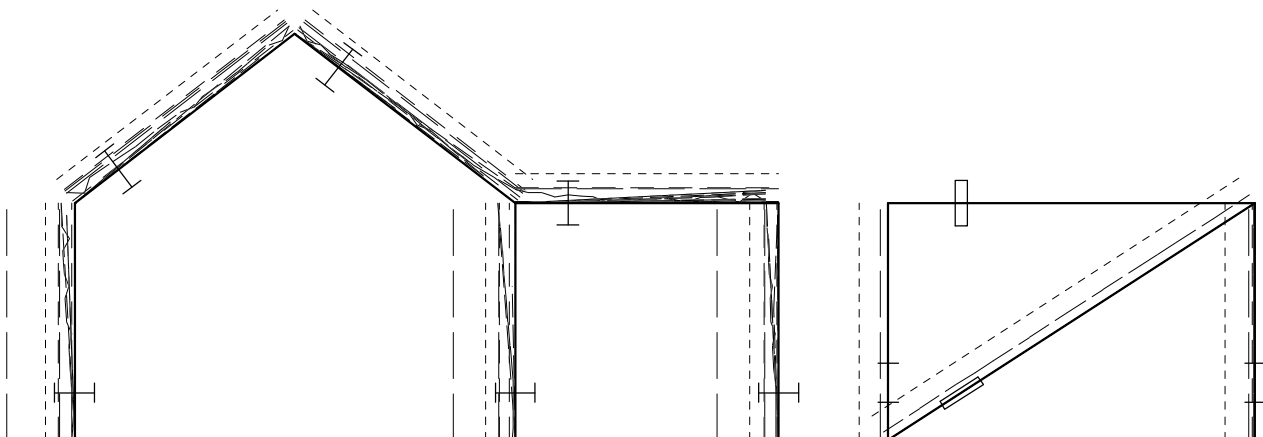
Staafl	Plts. aanr.	l gaffel	Kipsteunafstanden	
			[m]	[m]
6	0.0*h	boven:	3.50	3.500
		onder:	3.50	3.500
7	1.0*h	boven:	3.50	3.500
		onder:	3.50	3.500
8	0.0*h	boven:	3.50	3.500
		onder:	3.50	3.500
9	0.0*h	boven:	6.44	6.435
		onder:	6.44	6.435

TOETSING SPANNINGEN

Staafl	P/M	BC	Sit	Kl	Plaats	Norm	Artikel	Formule	Hoogste toetsing	Opm.
nr.									U.C. [N/mm ²]	
1	4	12	1	1	Staafl	EN3-1-1	6.3.3	(6.62)	0.553	130
2	4	11	1	1	Staafl	EN3-1-1	6.3.3	(6.62)	0.587	138
3	4	24	1	1	Staafl	EN3-1-1	6.3.3	(6.62)	0.564	133
4	4	11	1	1	Staafl	EN3-1-1	6.3.3	(6.62)	0.505	119
5	4	4	1	1	Einde	EN3-1-1	6.2.10	(6.31)	0.581	136
6	4	25	1	1	Staafl	EN3-1-1	6.3.3	(6.62)	0.507	119
7	3				Staafl is onbelast					
8	3	3	1	1	Staafl	EN3-1-1	6.3.1.1	(6.46z)	0.083	20
9	2	3	1	1	Begin	EN3-1-1	6.2.3	(6.5)	0.329	77

UNITY-CHECK'S

OMHULLENDE VAN ALLES



----- Toelaatbare unity-check (1.0)

----- Hoogste unity-check i.v.m. knikstabiliteit

----- Unity-check i.v.m. kipstabiliteit

----- Unity-check i.v.m. kip- en knikstabiliteit

----- Hoogste unity-check i.v.m. doorsnedecontrole

----- Hoogste unity-check i.v.m. doorbuiging

----- Unity-check te hoog (> 1.0)

Technosoft Balkroosters release 6.71a

2 nov 2021

Project.....: 21-357 - nb kwekerij Kwakelwei

Onderdeel.....: Toetsing vloerspanning

Constructeur.: SE

Opdrachtgever: Van Rhijn Projectontwikkeling BV

Dimensies.....: kN/m/rad

Datum.....: 01/11/2021

Bestand.....: G:\Projecten\2021.357\Berekeningen\21-357_vloer-loads.grw

Torsiefac.....: 10 %

Ouderdom bij belasten : 28 Relatieve vochtigheid : 50%

Doorbuigingen(beton) zijn dmv gecorrigeerde stijfheden berekend.

Fysisch lineair : Er is gerekend met de e-modulus uit de materiaaltabel.

Fys.NLE.kort : Er is gerekend met een gecorrigeerde e-modulus (korte duur).

Deze e-mod. is berekend mbv de krachten uit de fysisch lineair berekening.

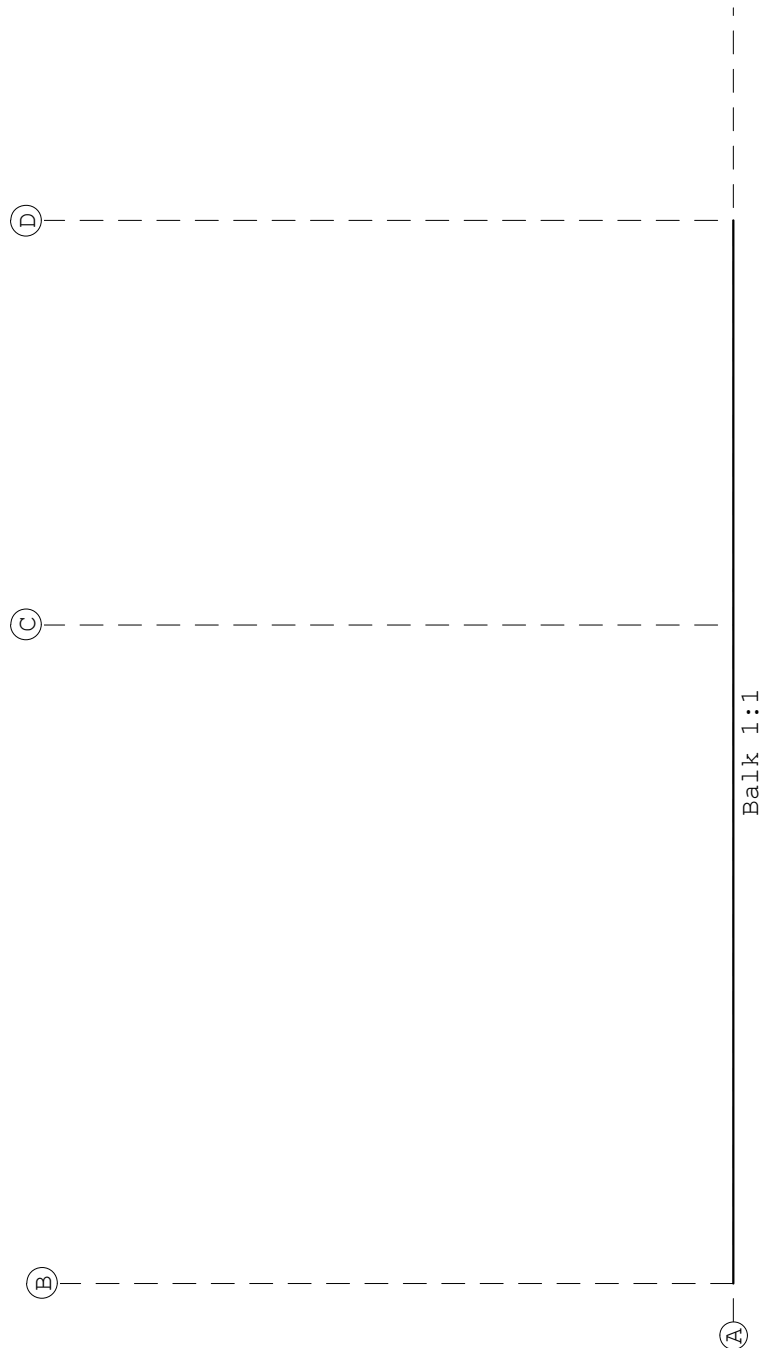
Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011(nl)	C2/A1:2015(nl)	NB:2016(nl)

Project.....: 21-357 - nb kwekerij Kwakelwei

Onderdeel.....: Toetsing vloerspanning

GEOMETRIE



Project.....: 21-357 - nb kwekerij Kwakelwei

Onderdeel.....: Toetsing vloerspanning

MATERIALEN

Mt	Omschrijving	E-modulus[N/mm2]	S.G.	Pois.	Uitz. coëff
1	C20/25	7480	25.0	0.20	1.0000e-05

MATERIALEN vervolg

Mt	Omschrijving	Cement	Kruipfac.
1	C20/25		3.01

PROFIELEN [mm]

Prof.	Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Torsietr.	Traagheid	Vormf.
1	B*H 1000*200	1:C20/25	2.000e+05	2.332e+09	6.667e+08	0.00

PROFIELEN vervolg [mm]

Prof.	Staaftype	Breedte	Hoogte	Zs	Rek.As	Type	b1	h1	b2	h2
1	0:Normaal	1000	200	100	0.00	0:RH				

PROFIELVORMEN [mm]

1 B*H 1000*200

**STRAMIENLIJNEN**

Nr.	Naam	X-begin	Y-begin	X-eind	Y-Eind
1	A	0.000	0.000	12.000	0.000
2	B	0.000	6.000	0.000	0.000
3	C	6.200	6.150	6.200	0.000
4	D	10.000	6.150	10.000	0.000

BALKEN

Nr.	Naam	Begin	Eind	Profiel
1	1	A;B	A;D	Zie Doorsnedesectoren

BALKEN vervolg

Nr.	Naam	Aansl.begin	Aansl.eind	Excentr.	Pasm.begin	Pasm.eind	Opm.
1	1	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	

Opmerkingen:

De torsie traagheid van alle balken is tot 10% gereduceerd

Project.....: 21-357 - nb kwekerij Kwakelwei

Onderdeel.....: Toetsing vloerspanning

DOORSNEDESECTOREN

Balk	Vanaf	Tot	Lengte	Profiel	Eindcode	Bedding	Br.[mm]
Balk 1:1	0.000	10.000	10.000	1:B*H 1000*200	1:Vast	5000	1000

BELASTINGGEVALLEN

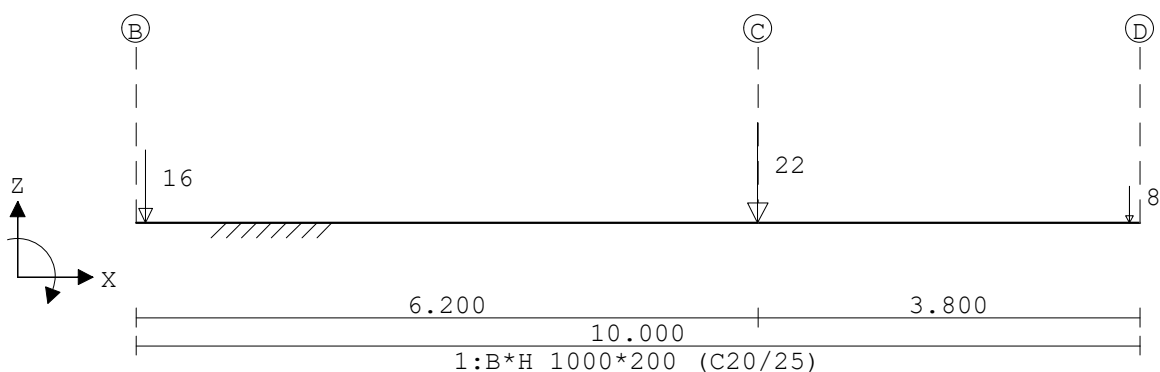
B.G.	Omschrijving	Belast/onbelast	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	e.g.
1	PB	2:Permanent EN1991				0.00
2	VB	0:Alles tegelijk	1.00	0.90	0.80	0.00
3	Sneeuw	0:Alles tegelijk	0.00	0.20	0.00	0.00

BELASTINGGEVALLEN

B.G.	Omschrijving	Type
1	PB	1 Permanente belasting
2	VB	2 Ver. bel. pers. ed. (p_rep)
3	Sneeuw	23 Sneeuw B

VELDBELASTINGEN

Balk 1:1 B.G:1 PB

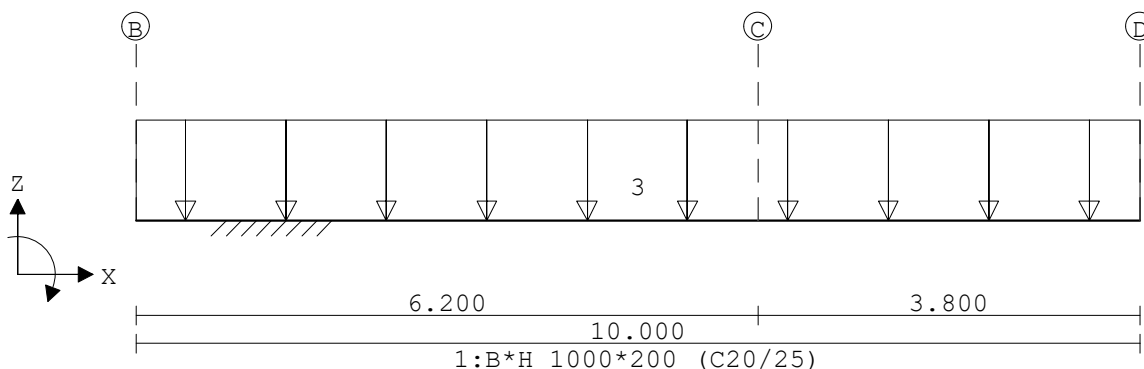
**VELDBELASTINGEN**

B.G:1 PB

Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
Balk 1:1	1	8:Puntlast	-16.000		0.100		0.000
Balk 1:1	2	8:Puntlast	-22.000		6.200		0.000
Balk 1:1	3	8:Puntlast	-8.000		9.900		0.000

VELDBELASTINGEN

Balk 1:1 B.G:2 VB



Project.....: 21-357 - nb kwekerij Kwakelwei

Onderdeel.....: Toetsing vloerspanning

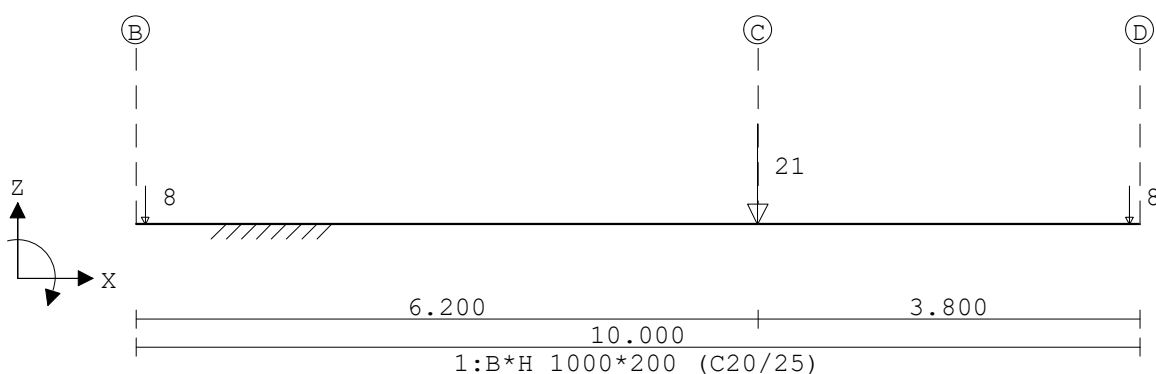
VELDBELASTINGEN

B.G:2 VB

Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
Balk 1:1	1	1:q-last	-3.000	-3.000	0.000	10.000	0.000

VELDBELASTINGEN

Balk 1:1 B.G:3 Sneeuw

**VELDBELASTINGEN**

B.G:3 Sneeuw

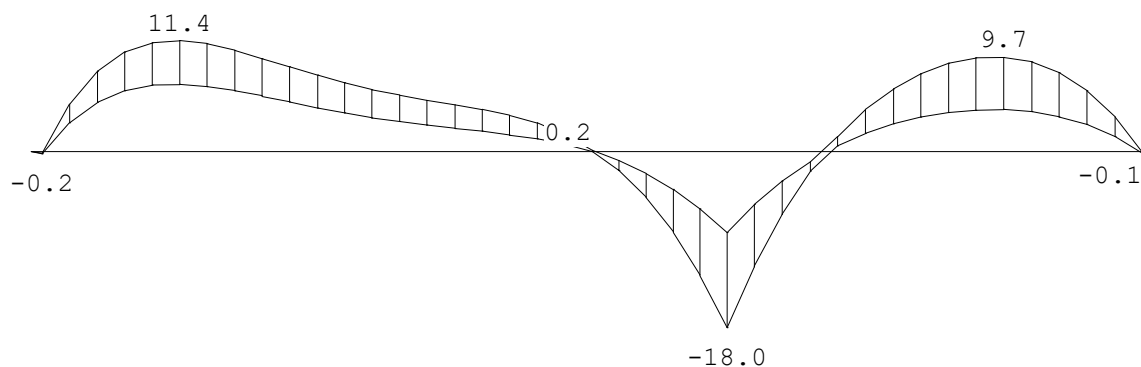
Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
Balk 1:1	1	8:Puntlast	-8.000		0.100		0.000
Balk 1:1	2	8:Puntlast	-21.000		6.200		0.000
Balk 1:1	3	8:Puntlast	-8.000		9.900		0.000

BELASTINGCOMBINATIES

BC Type	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor
1 Fund.	1	Perm	1.08	0	Perm	1.35	2	Extr	1.35			
2 Fund.	1	Perm	1.08	2	psi0	1.35	3	Extr	1.35			
3 Kar.	1	Perm	1.00	2	Extr	1.00						
4 Freq.	1	Perm	1.00	2	psi1	1.00	3	psi2	1.00			
5 Quas.	1	Perm	1.00	2	psi2	1.00						

OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES**MOMENTEN** Fysisch lineair

Balk 1:1 Fundamentele combinatie



Project.....: 21-357 - nb kwekerij Kwakelwei

Onderdeel.....: Toetsing vloerspanning

VELDWAARDEN Fysisch lineair Fundamentele combinatie

Balk	Veld	Pos.	Wringmoment		Dwarskracht		Moment	
			min.	max.	min.	max.	min.	max.
1	1	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1	0.100			-3.54	-2.18	-0.18	-0.11
1	1	0.100			15.10	24.54	-0.18	-0.11
1	1	0.105						0.00
1	1	0.114					0.00	
1	1	1.266			0.00			
1	1	1.290				0.00		
1	1	1.325					6.94	11.38
1	1	2.305			-3.61	-2.45		
1	1	3.775			-1.89	-1.26		
1	1	5.000	0.00	0.00	-7.51	-3.50	0.05	0.22
1	1	5.000	0.00	0.00	-7.51	-3.50	0.05	0.22
1	1	5.006					0.00	
1	1	5.047						0.00
1	1	6.200			-24.41	-11.12	-17.97	-8.27
1	1	6.200			12.64	27.70	-17.97	-8.27
1	1	7.035						0.00
1	1	7.127					0.00	
1	1	8.523			0.00			
1	1	8.612				0.00		
1	1	8.667					4.32	9.68
1	1	9.885					0.00	
1	1	9.897						0.00
1	1	9.900			-17.39	-7.74	-0.10	-0.05
1	1	9.900			0.90	2.05	-0.10	-0.05
1	1	10.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TUSSENpunten Verplaatsingen Fysisch lineair Fundamentele combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
1	1	0.000	-8.14	-5.33	0.00000	-0.00493	40.696
1	1	0.100	-7.65	-5.03	0.00000	-0.00493	38.230
1	1	0.508	-5.69	-3.83	0.00000	-0.00459	28.432
1	1	0.917	-3.95	-2.76	0.00000	-0.00385	19.773
1	1	1.325	-2.55	-1.91	0.00000	-0.00294	12.760
1	1	1.815	-1.38	-1.19	0.00000	-0.00186	6.908
1	1	2.305	-0.77	-0.71	0.00000	-0.00092	3.837
1	1	2.795	-0.59	-0.45	0.00000	-0.00015	2.974
1	1	3.285	-0.61	-0.54	0.00000	0.00048	3.074
1	1	3.775	-0.91	-0.78	0.00000	0.00100	4.536
1	1	4.183	-1.40	-1.02	0.00000	0.00136	6.987
1	1	4.592	-2.01	-1.31	0.00000	0.00163	10.057
1	1	5.000	-2.71	-1.64	0.00000	0.00176	13.540
1	1	5.000	-2.71	-1.64	0.00000	0.00176	13.540
1	1	5.400	-3.39	-1.97	0.00000	0.00162	16.966

Project.....: 21-357 - nb kwekerij Kwakelwei

Onderdeel.....: Toetsing vloerspanning

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fysisch lineair Fundamentele combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
1	1	5.800	-3.95	-2.23	0.00000	0.00110	19.759
1	1	6.200	-4.22	-2.36	0.00000	0.00004	21.095
1	1	6.693	-3.90	-2.22	0.00000	-0.00113	19.505
1	1	7.187	-3.26	-1.93	0.00000	-0.00134	16.290
1	1	7.680	-2.68	-1.67	0.00000	-0.00093	13.393
1	1	8.173	-2.40	-1.53	0.00000	-0.00014	12.024
1	1	8.667	-2.57	-1.60	0.00000	0.00080	12.827
1	1	9.078	-3.07	-1.82	0.00000	0.00156	15.335
1	1	9.489	-3.84	-2.15	0.00000	0.00215	19.182
1	1	9.900	-4.78	-2.57	0.00000	0.00240	23.915
1	1	10.000	-5.02	-2.67	0.00000	0.00240	25.116

TUSSENpunTEN KRACHTEN Fysisch lineair Fundamentele combinatie

Balk	Veld	Pos.	Wringmoment		Dwarskracht		Moment	
			min.	max.	min.	max.	min.	max.
1	1	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1	0.100	0.00	0.00	-3.54	-2.18	-0.18	-0.11
1	1	0.100	0.00	0.00	15.10	24.54	-0.18	-0.11
1	1	0.508	0.00	0.00	7.83	12.77	4.36	7.10
1	1	0.917	0.00	0.00	2.78	4.63	6.46	10.54
1	1	1.325	0.00	0.00	-0.41	-0.36	6.94	11.38
1	1	1.815	0.00	0.00	-3.13	-2.10	6.27	10.40
1	1	2.305	0.00	0.00	-3.61	-2.45	5.11	8.68
1	1	2.795	0.00	0.00	-2.98	-2.09	3.98	7.04
1	1	3.285	0.00	0.00	-2.15	-1.55	3.09	5.79
1	1	3.775	0.00	0.00	-1.89	-1.26	2.42	4.84
1	1	4.183	0.00	0.00	-2.60	-1.45	1.88	3.95
1	1	4.592	0.00	0.00	-4.41	-2.17	1.16	2.55
1	1	5.000	0.00	0.00	-7.51	-3.50	0.05	0.22
1	1	5.000	0.00	0.00	-7.51	-3.50	0.05	0.22
1	1	5.400	0.00	0.00	-12.05	-5.53	-3.71	-1.77
1	1	5.800	0.00	0.00	-17.81	-8.12	-9.65	-4.48
1	1	6.200	0.00	0.00	-24.41	-11.12	-17.97	-8.27
1	1	6.200	0.00	0.00	12.64	27.70	-17.97	-8.27
1	1	6.693	0.00	0.00	8.93	19.56	-6.35	-2.97
1	1	7.187	0.00	0.00	5.79	12.71	0.63	1.55
1	1	7.680	0.00	0.00	3.37	7.43	2.87	6.46
1	1	8.173	0.00	0.00	1.46	3.24	4.04	9.06
1	1	8.667	0.00	0.00	-0.80	-0.36	4.32	9.68
1	1	9.078	0.00	0.00	-4.91	-2.20	3.78	8.48
1	1	9.489	0.00	0.00	-10.30	-4.59	2.41	5.40
1	1	9.900	0.00	0.00	-17.39	-7.74	-0.10	-0.05
1	1	9.900	0.00	0.00	0.90	2.05	-0.10	-0.05
1	1	10.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Project.....: 21-357 - nb kwekerij Kwakelwei

Onderdeel.....: Toetsing vloerspanning

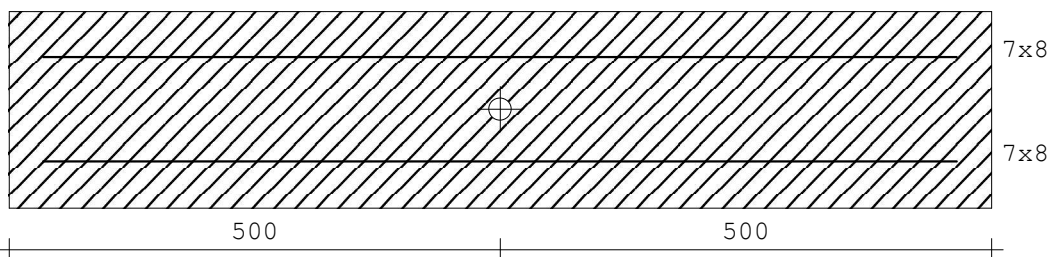
PROFIELGEGEVENS Balk [N] [mm] t.b.v. profiel:1 B*H 1000*200**Algemeen**

Materiaal : C20/25
 Oppervlak : 2.000000e+05 Traagheid : 6.6667e+08
 Staaftype : 0:normaal Vormfactor : 0.00

Doorsnede

breedte : 1000 hoogte : 200 zwaartepunt tov onderkant : 100

Referentie : Boven



Fictieve dikte : 166.7

Gedrongen inwendige hefboomsarm : Automatisch berekend

Breedte lastvlak a_p 6.1(10) : 0

Betonkwaliteit element : C20/25 Kruipcoëf. : 3.010

Treksterkte $f_{ct,eff}$ art. 7.1(2) : $f_{ctm,fl}$ (3.09 N/mm²)

Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram

Doorbuiging volgens art.7.3.4(3) : Ja

Langeduur scheurmoment begrensd : Ja

Staalkwaliteit hoofdwapening : 500 ϵ_{uk} : 2.50

Soort spanningsrekdiagram : Bi-lineair diagram met klimmende tak

Geprefabriceerd element : Nee

Betondekking

	Boven	Onder
Milieu	XC2	XC2

Gestort tegen bestaand beton : Nee Nee

Element met plaatgeometrie : Nee Nee

Specifieke kwaliteitsbeheersing : Nee Nee

Oneffen beton oppervlak : Nee Nee

Ondergrond : Glad / N.v.t. Glad / N.v.t.

Constructieklasse : S4 S4

Grootste korrel : 31.5

	2de laag	2de laag
Hoofdwapening		

Nominale dekking	30	30
------------------	----	----

Toegepaste dekking	43	43
--------------------	----	----

Toegepaste zijdekking	43	
-----------------------	----	--

Gelijkwaardige diameter	8	8
-------------------------	---	---

$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	8 25 0	8 25 0
--	--------	--------

C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	25 5 30	25 5 30
--------------------------------------	---------	---------

Project.....: 21-357 - nb kwekerij Kwakelwei

Onderdeel.....: Toetsing vloerspanning

Betondekking

Boven

Onder

Beugel / Verdeelwapening	:	1ste laag	1ste laag
Nominale dekking	:	30	30
Toegepaste dekking	:	35	35
Toegepaste zijdekking	:	35	
Gelijkwaardige diameter	:	8	8
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	8 25 0	8 25 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	25 5 30	25 5 30

Wapening

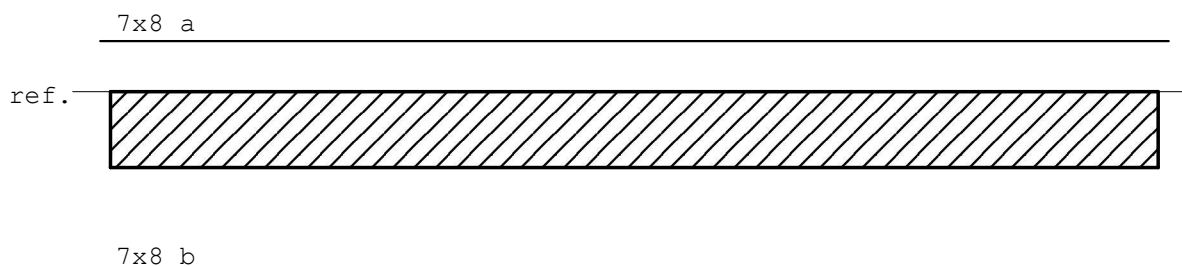
Boven

Onder

Basiswapening buitenste laag	:	7x8	7x8
H.o.h.afstand 2e laag	:	0	0
Automatisch verhogen basiswap.	:	Nee	Nee
Art. 7.3.2 minimum wapening	:	Ja	Ja
Bijlegdiameters	:	10;12;16	10;12;16
Diameter nuttige hoogte	:	8.0	8.0
Beugeldiameter	:	8.0	
Min.tussenruimte	:	50	50
Aanhechting	:	Automatisch	Automatisch

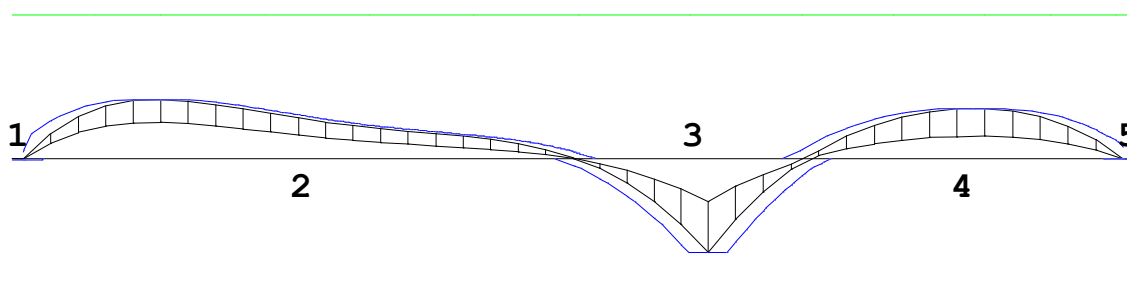
Hoofdwapening Fysisch lineair

Balk 1:1



MEd dekkingslijn Fysisch lineair

Balk 1:1



Project.....: 21-357 - nb kwekerij Kwakelwei

Onderdeel.....: Toetsing vloerspanning

Hoofdwapening

Balk 1:1

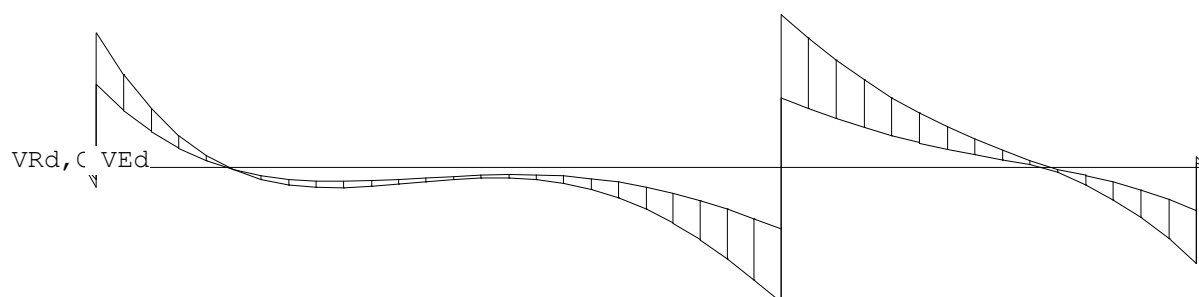
Geb.	Pos. [mm]	M_{Ed} [kNm]	M_{Rd} [kNm]	z B/O [mm]	A_b [mm ²]	A_a [mm ²]	Basiswapening +Bijlegwapening	Opm.
2	1325	11.38	27.55	88 Bov	211*	352	7x8	1
3	6200	-17.97	-27.55	88 Ond	309*	352	7x8	1

Opmerkingen

[1] * = Eisen met betrekking tot minimum wapening zijn toegepast, zie nationale bijlage art. 9.2.1.1(1).

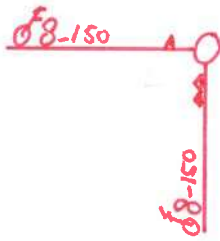
DWARSKRACHTEN Fysisch lineair

Balk 1:1 Fundamentele combinatie

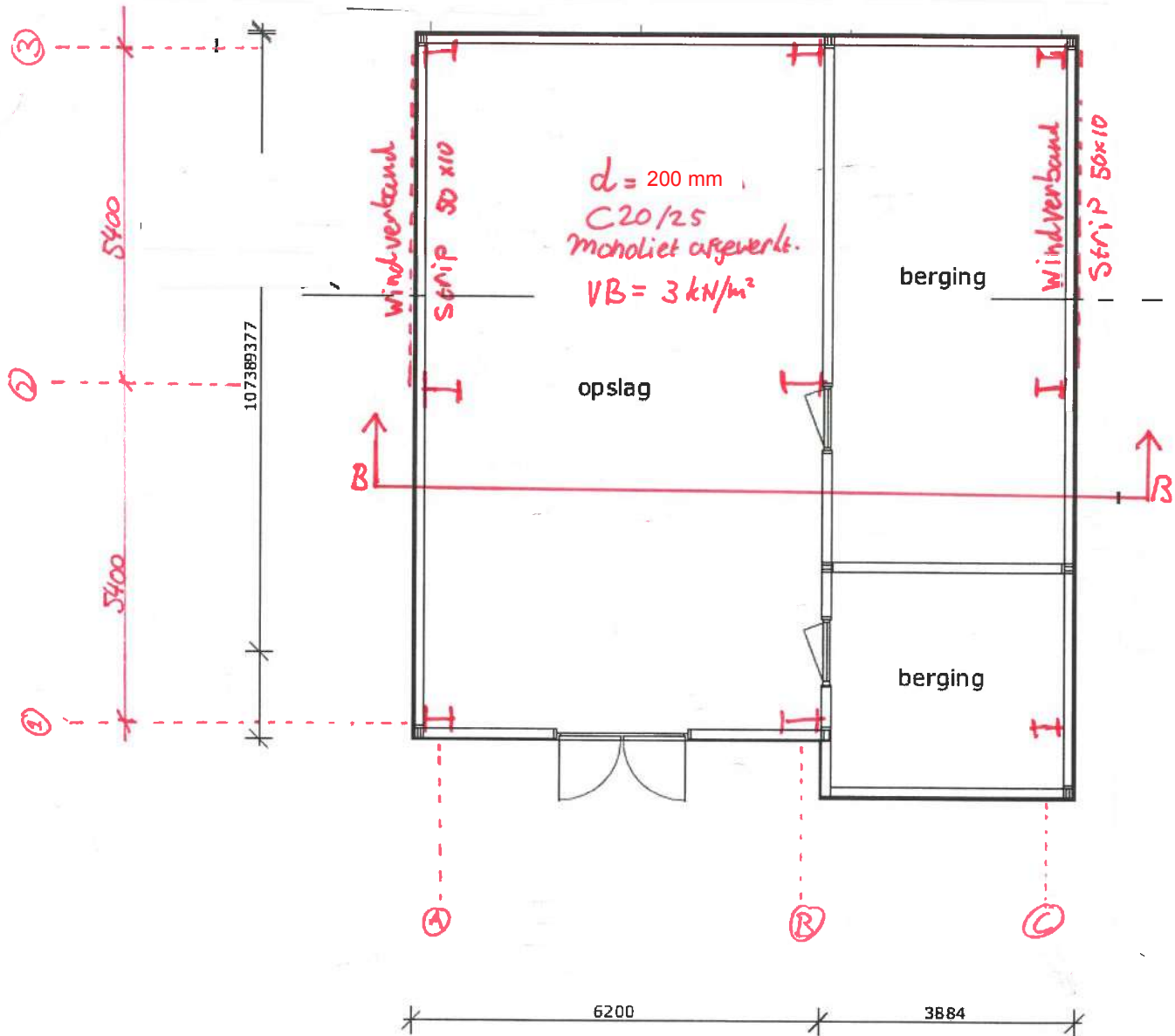
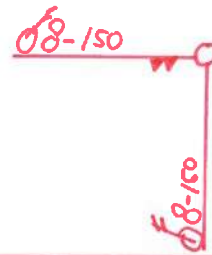


20000

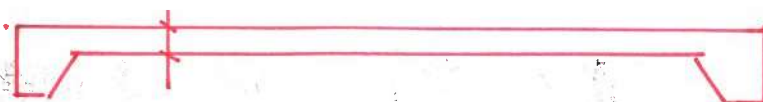
Onderwarping vloer



Bovenwarping vloer



200 mm



Opbouw dak (BU-BI)

- golfplaten
- tengel
- mandragende folie
- underlayment
- gordingen

6000+
b.k. nok

3500+
b.k. goot

PEIL
b.k. maaiveld

* momentvast uitvoeren

Gordingen
71 x 271 C24
H.O.H. 1200 mm

Opbouw dak (BU-BI)
• EPDM dakbedekking
• underlayment 18mm
• balklaag

Balklaag 75 x 250, C24
H.O.H. 610 mm

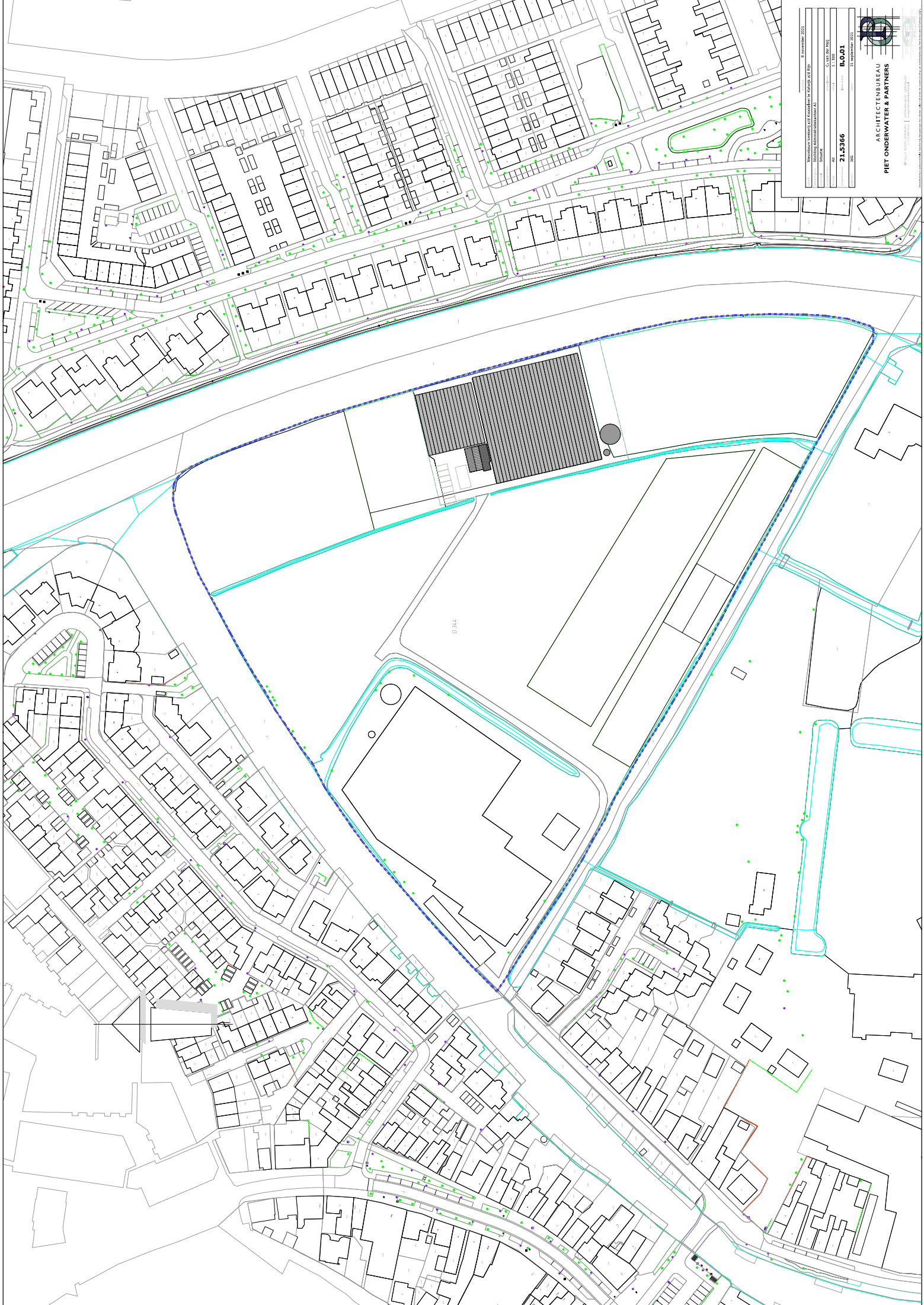
* IPE220

IPE220

IPE220

Opbouw vloer
• ankerwider
• gestorte betonvloer op zand
• met vorstrand

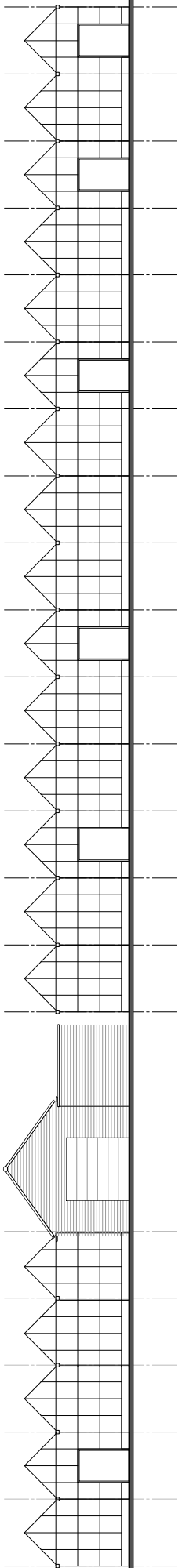
doorsnde B-B



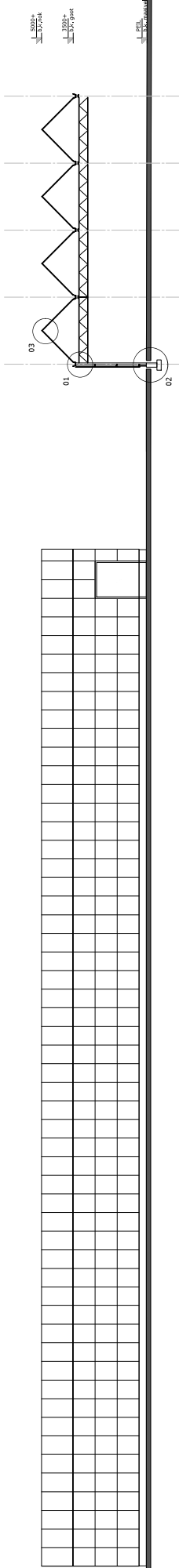
Project	November 2023
Client	Stadsbestuur van de Gemeente van de Stad van de Stad
Scale	1:500
Author	21.5366
Date	23 september 2023

**ARCHITECTENBUREAU
PIET ONDERWATER & PARTNERS**

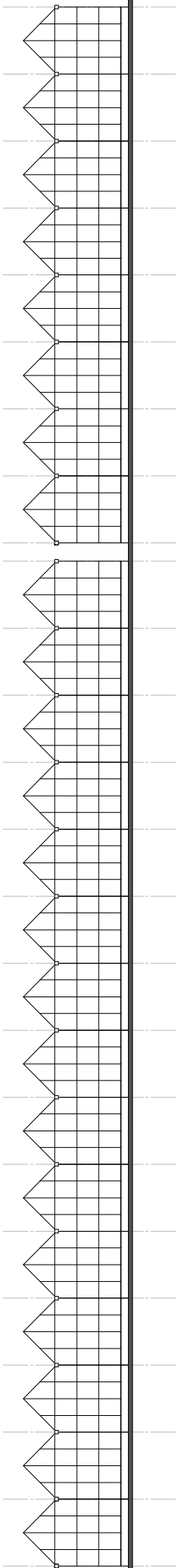
Architectenbureau
Kerkstraat 10
3512 CA Utrecht
T +31 (0)30 251 5366
E info@pietonderwater.nl
W www.pietonderwater.nl



westgevel

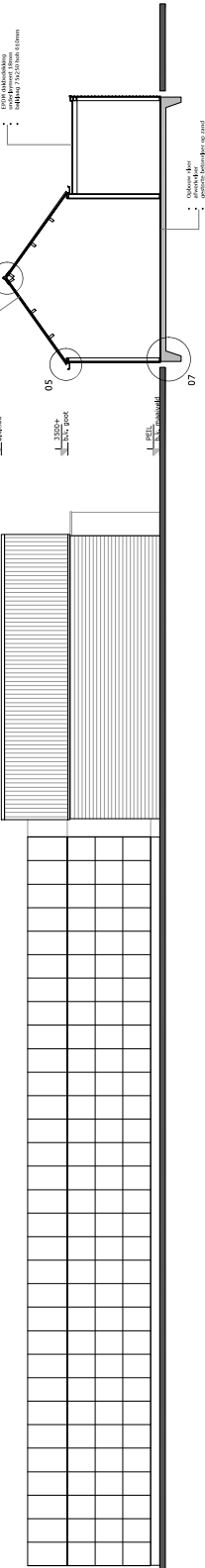


zuidgevel

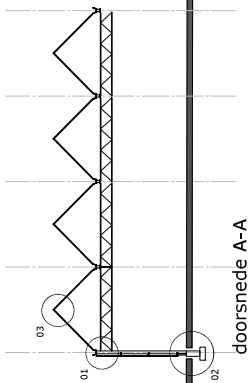


oostgevel

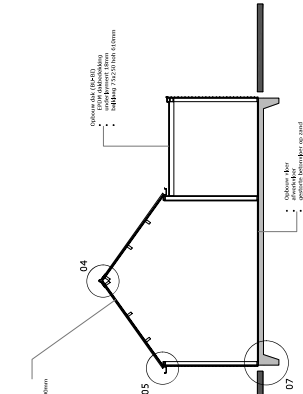
- MATERIALEN KLEUREN**
- | | |
|-----------|-----------|
| Antiekste | Antiekste |
| Wit | Wit |
| Zwart | Zwart |
| Geel | Geel |
| Blauw | Blauw |
| Rood | Rood |
| Groen | Groen |
| Bruin | Bruin |
| Wit | Wit |
| Zwart | Zwart |
| Geel | Geel |
| Blauw | Blauw |
| Rood | Rood |
| Groen | Groen |
| Bruin | Bruin |



noordgevel



doorsnede A-A



doorsnede B-B

PRINCIPE DETAILS

Betreft: Nieuwbouw kwekerij a/d Kwakelwei
te Katwijk a/d Rijn

Werknummer: 21.5366
Bladnummer: B.5.01

Behoort bij besluit van
burgemeester en wethouders
van de gemeente Katwijk

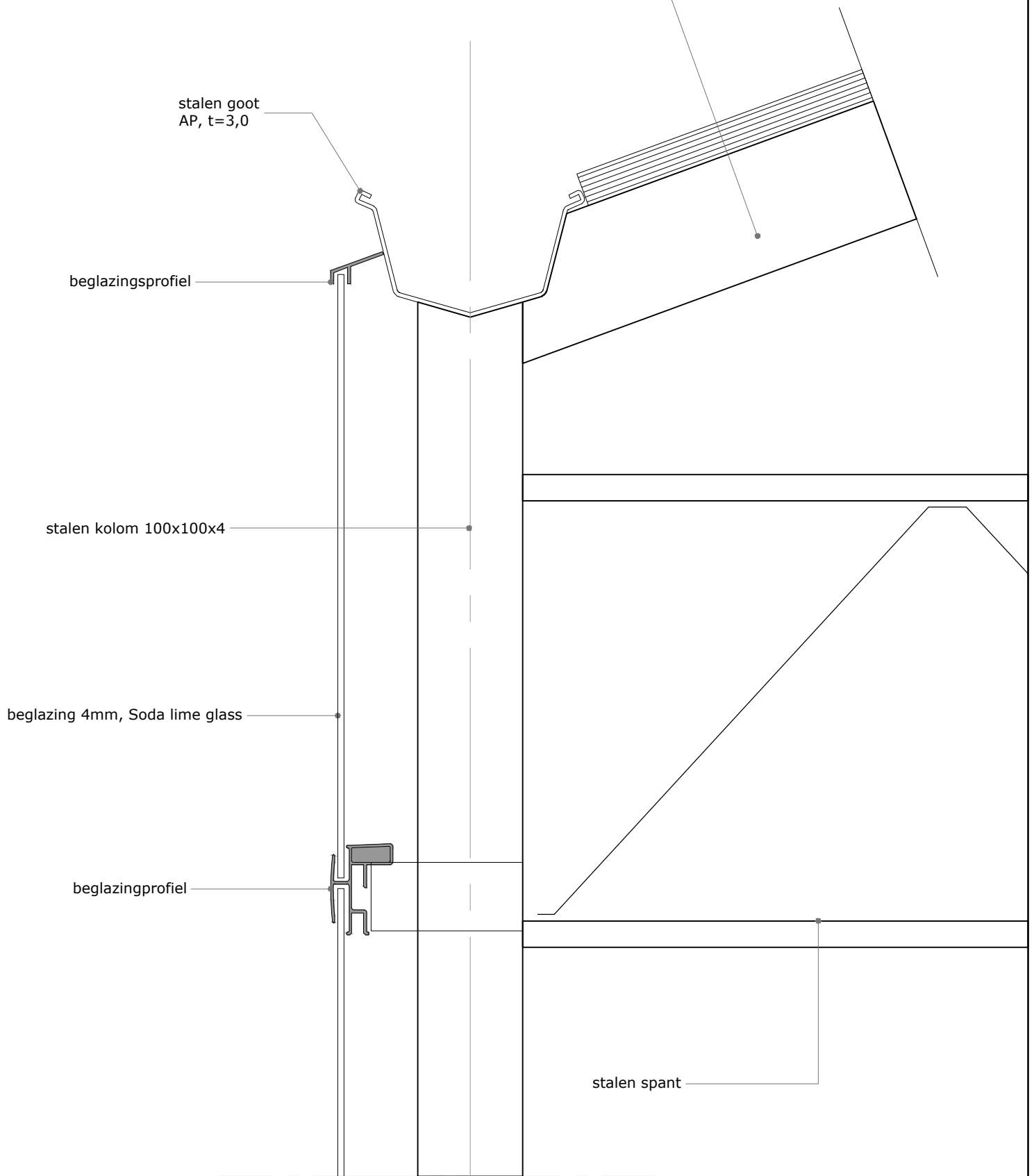
d.d. 10-02-2022

no. 2721128

Mij bekend, hoofd cluster
vergunningen, toezicht &
handhaving

Opbouw dak (BU-BI)

- beglazing 4mm, Soda lime glass
- stalen dakligger 100x100x4mm

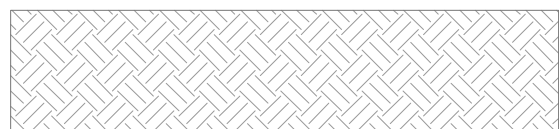


stalen kolom 100x100x4

beglazing 4mm, Soda lime glass

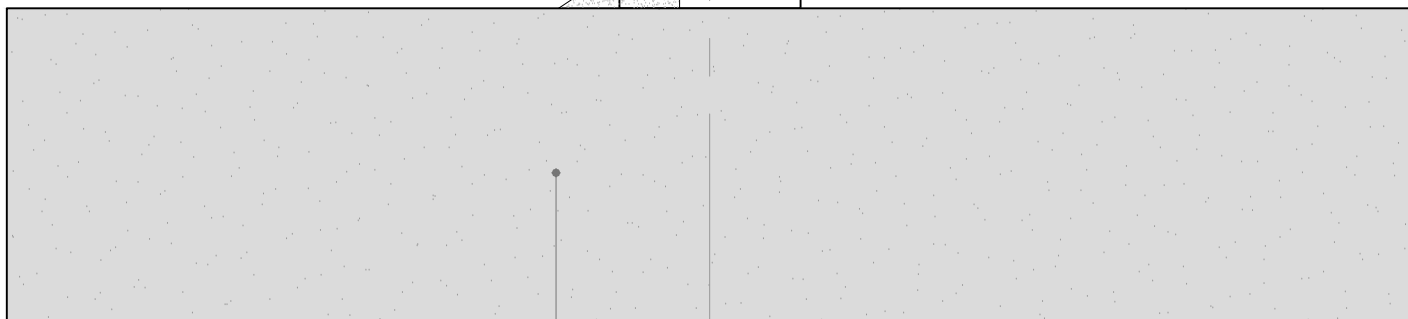
beglazingprofiel

betonnen kantplank



betonnen poer

onderkauen



fundering

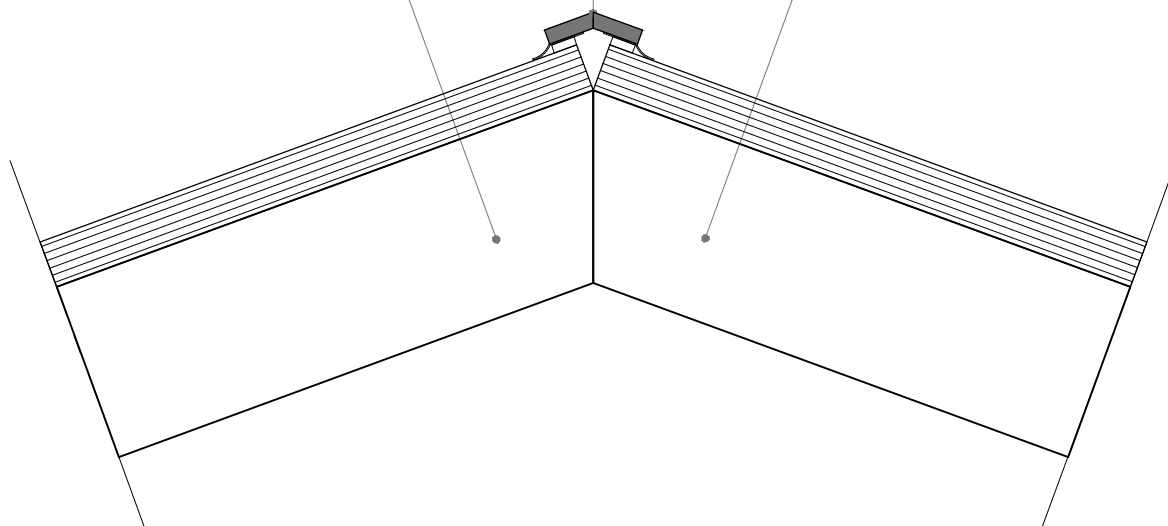
Opbouw dak (BU-BI)

- beglazing 4mm, Soda lime glass
- stalen dakligger 100x100x4mm

Opbouw dak (BU-BI)

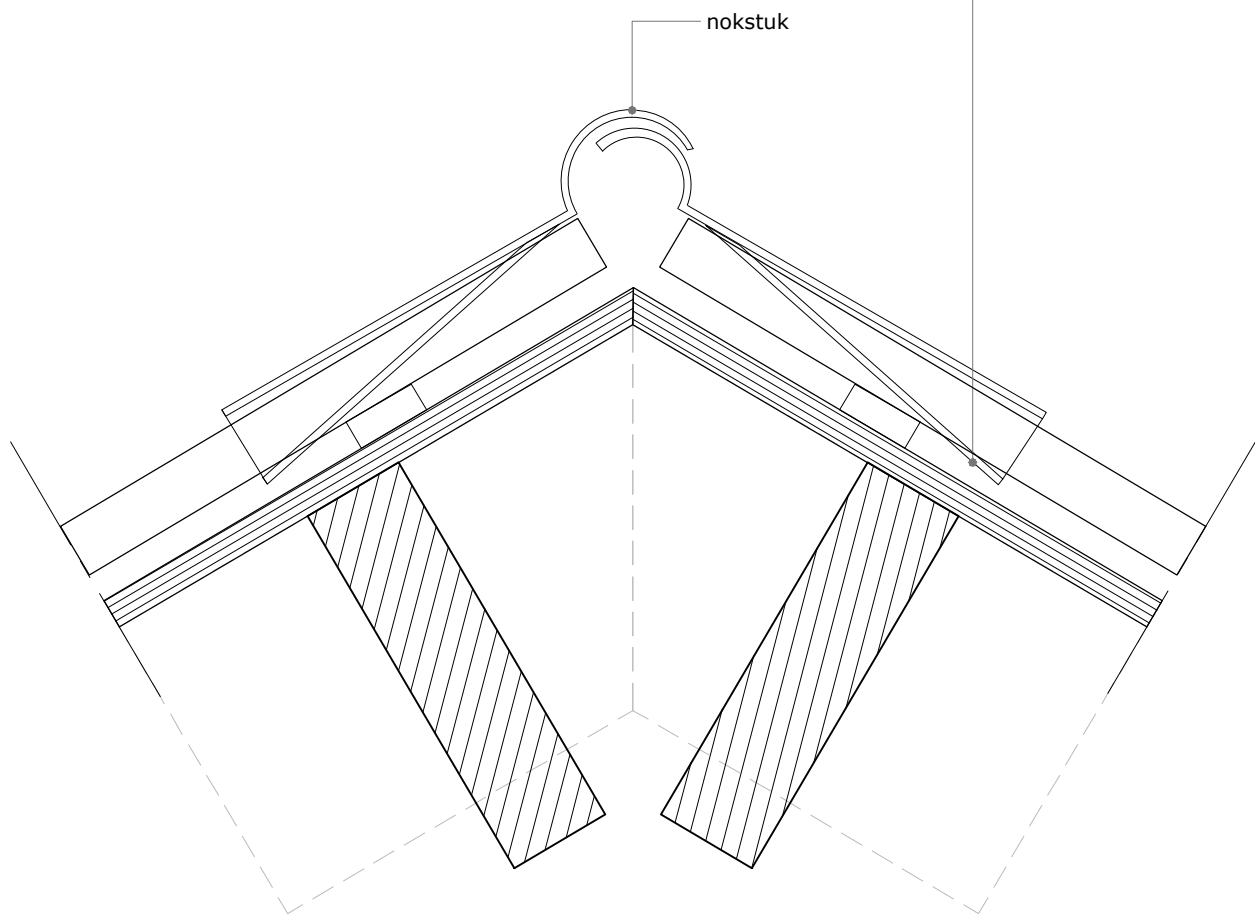
- beglazing 4mm, Soda lime glass
- stalen dakligger 100x100x4mm

nokprofiel



Opbouw dak (BU-BI)

- golplaten
- tengels
- mandragende folie
- underlayment
- gordingen 71x271 hoh 1200mm
- stalen spant IPE 220



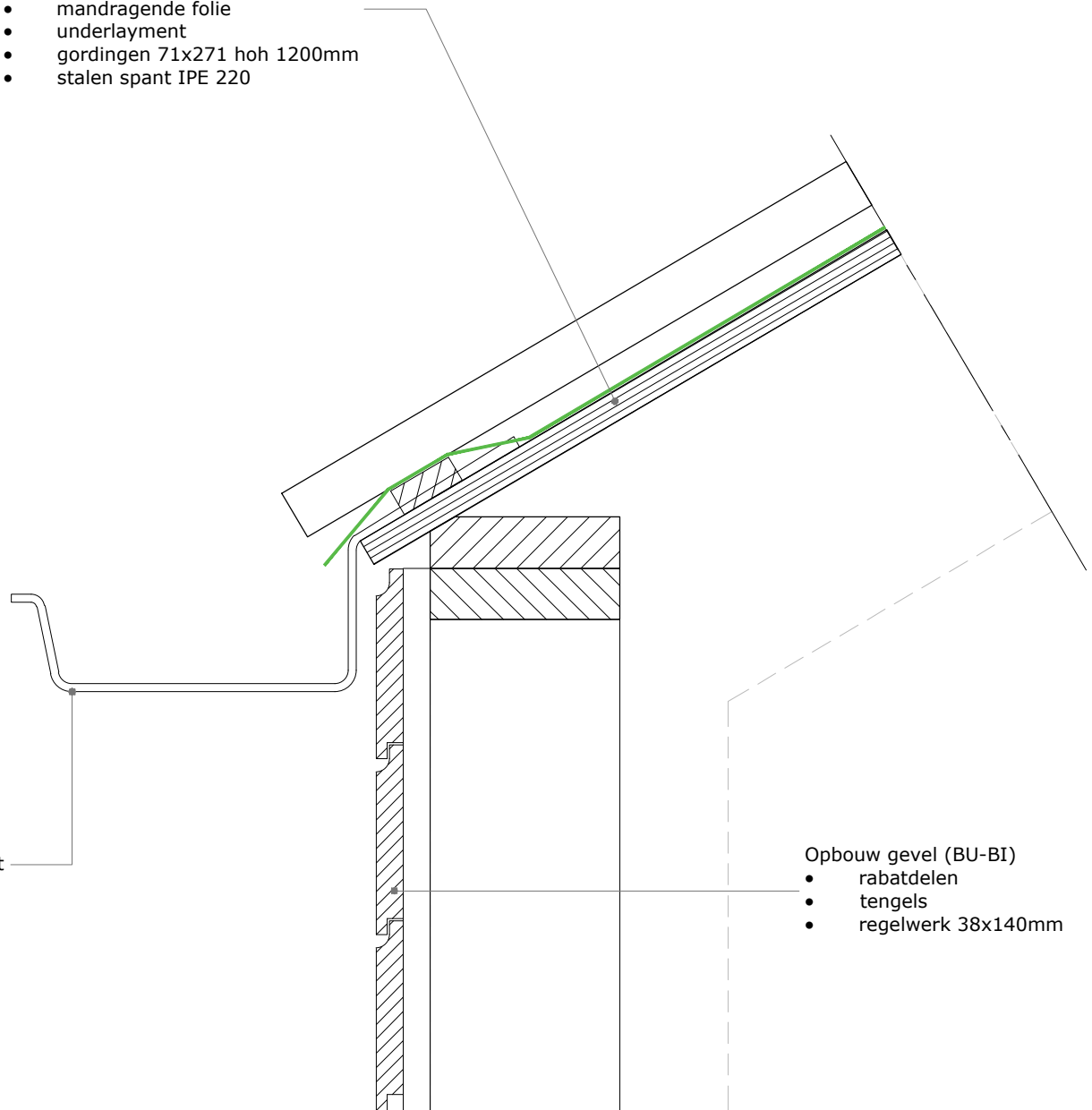
Opbouw dak (BU-BI)

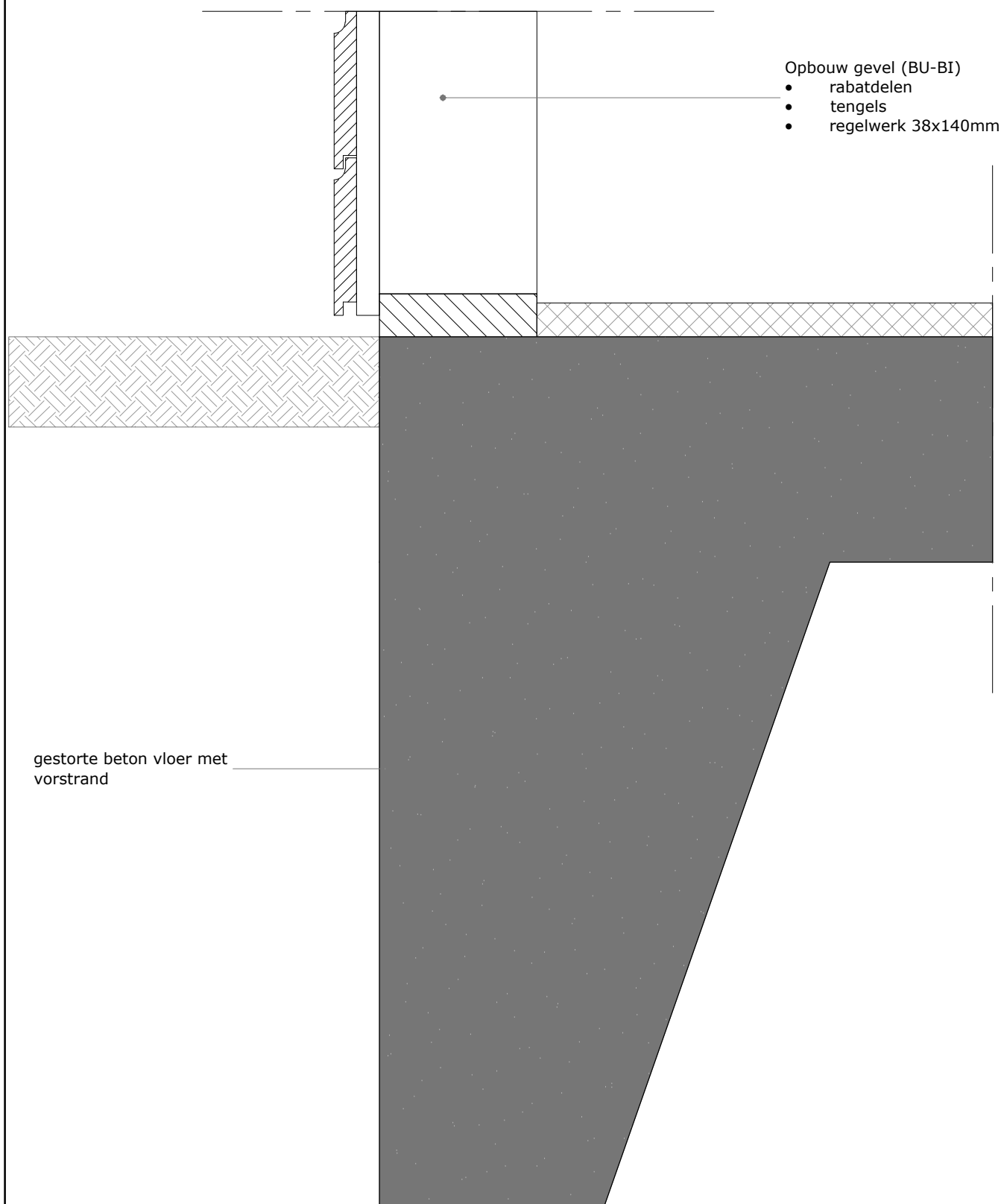
- golplaten
- tengels
- mandragende folie
- underlayment
- gordingen 71x271 hoh 1200mm
- stalen spant IPE 220

bakgoot

Opbouw gevel (BU-BI)

- rabatdelen
- tengels
- regelwerk 38x140mm





Opbouw gevel (BU-BI)

- rabatdelen
- tengels
- regelwerk 38x140mm

gestorte beton vloer met
vorstrand

Verkennd bodemonderzoek
Vaststelling nulsituatie bodem
Nader onderzoek asbest
Kwakkelwei
te Katwijk

Behoort bij besluit van
burgemeester en wethouders
van de gemeente Katwijk

d.d. 10-02-2022
no. 2721128

Mij bekend, hoofd cluster
vergunningen, toezicht &
handhaving

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Uitgangssituatie.....	4
2.1	Algemeen	4
2.2	Bodemopbouw en geohydrologie	5
2.3	Hypothese	5
3	Bodemonderzoek	7
3.1	Algemeen	7
3.2	Waarnemingen / monstersamenstelling en analysepakketten.....	7
3.3	Analyseresultaten	9
3.4	Nader onderzoek asbest	11
4	Conclusies en aanbevelingen	12

Bijlagen

1	Overzichtskaart en Situatietekening
2	Situatietekening en bemonsteringskaart (1:1000/ 1: 250) A3
3	Grafische boorprofielen
4	Overschrijdingstabellen
5	Analysecertificaten
6	Historisch onderzoek, geraadpleegde bronnen
7	Betrokken personen

1 Inleiding

In opdracht van _____ is door _____ en verkennend bodemonderzoek uitgevoerd ter plaatse van de Kwakkelwei te Katwijk.

Op de te onderzoeken locatie heeft een kas met ketelhuis gestaan. Het voornemen bestaat ter plaatse een nieuwe kas te bouwen. Omdat de locatie door het gebruik in het verleden niet beschouwd kan worden als onverdacht, is een verkennend bodemonderzoek verricht. Dit onderzoek dient tevens ter vaststelling van de nulsituatie bodem in relatie tot het voorgenomen gebruik, i.c. bedekte biologische teelt.

Doel van het verkennend bodemonderzoek is het vaststellen van de algemene chemische kwaliteit van de bodem. Hiertoe zijn ter indicatie van de chemische kwaliteit van de bodem grond- en grondwatermonsters onderzocht op basis van een steekproef.

Het bodemonderzoek is uitgevoerd volgens de NEN-5740 (januari 2009).

In hoofdstuk 2 van de rapportage is de uitgangssituatie beschreven. In dit hoofdstuk wordt een korte toelichting gegeven op het huidige en historische gebruik, de bodemopbouw en geohydrologie van de locatie. Op basis hiervan en de locatie-inspectie is een hypothese geformuleerd met betrekking tot de te verwachten milieuhygiënische bodemkwaliteit op de onderzoekslocatie.

In hoofdstuk 3 worden de uitgevoerde veldwerkzaamheden en chemische analyses beschreven, met in hoofdstuk 4 de beschrijving van een aanvullend asbestonderzoek. Tenslotte worden in hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen geformuleerd.

2 Uitgangssituatie

2.1 Algemeen

Locatiegegevens:

Adres:	Kwakkelwei te Katwijk
Kadastrale gemeente:	Katwijk
Sectie:	D
Nummer:	344 ged.
Oppervlakte onderzoekslocatie:	ca. 4500 m ²



Kwakkelwei te Katwijk (Google Maps, 2021)

Gegevens betreffende de onderzoekslocatie

Informatie over de bodem(-kwaliteit) is gezocht op de website van Bodemloket. Hierop wordt melding gemaakt van een indicatief bodemonderzoek IDDS B.V. ref. 05076730/AJ/rap1. De locaties A t/m D zijn in het kader van de Wbb voldoende onderzocht.

Historie

De locatie werd in het verleden gebruikt als teeltgebied. Uit de kaarten van topotijdreis is af te leiden dat in de jaren '70 een kas/kassen is/zijn gerealiseerd, die in 2015/2016 is/zijn gesloopt. Sindsdien ligt het terrein braak. Op luchtfoto's uit 1971 resp. 1981 is het kassencomplex zichtbaar, evenals de vermoedelijke aanwezigheid van een stookolietank. Hiervoor zijn twee mogelijke deellocaties aangemerkt (zie bijlage 2). Langs de westzijde van het perceel is een pad zichtbaar. Verwacht wordt dat hier ten behoeve van stabilisatie bodemvreemd materiaal is opgebracht.

Bodeminformatie perceel, beschikbaar gesteld door opdrachtgever.

In 2018 is, in opdracht van het Hoogheemraadschap van Rijnland, een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd op de onderzoekslocatie Kwakkelwei (gehele kadastrale perceel) door AT Milieuadvies B.V., rapportnummer AT18168, november 2018. De te onderzoeken locatie maakt deel uit van dit onderzoek. De boringen 9 t/m 15 en 80 en 81 verricht hebben betrekking op de te onderzoeken locatie. De bovengrond is licht verontreinigd met kwik en OCB en het grondwater (pb 13) is licht verontreinigd met barium. Ter plaatse van boring 80 is een puinpad aanwezig. Dit puinpad is begroeid met gras. Er is ter plaatse geen onderzoek verricht naar asbest.

Bodeminformatie omgeving

De locatie wordt in westelijke richting begrensd door het Additioneel kanaal en wordt verder omsloten door het gebied dat van oorsprong is gebruikt ten behoeve van teelt. Direct ten oosten van de te onderzoeken locatie zijn sterk verhoogde gehalten aan DDT en/of DDE (teelt) en PAK (stabilisatiemateriaal) aangetoond. Deze verontreinigingen zijn niet mobiel. Bij de dam, inrit in het gebied en ter plaatse van een bovengrondse olietank zijn verontreinigingen aangetoond met minerale olie. Deze deellocaties bevinden zich op een afstand van circa 200 meter van de te onderzoeken locatie en vormen daarmee geen bedreiging voor de bodemkwaliteit ter plaatse van de te onderzoeken locatie.

2.2 Bodemopbouw en geohydrologie

De informatie die hieronder volgt is grotendeels afgeleid uit de Grondwaterkaart van Nederland van de afdeling Grondwater en Geo-Energie van TNO te Delft en Dinoloket ondergrondgegevens.

In de directe omgeving wordt globaal de volgende bodemopbouw aangetroffen:

- * De deklaag ter plaatse bestaat uit klei en zandige klei met inschakelingen van leem en veen, de deklaag is ongeveer 20 meter dik.
- * Onder de deklaag bevindt zich een watervoerend zandpakket van matig fijn tot uiterst grof zand, met een laagdikte van circa 40 meter waarin een oostelijke grondwaterstroming heerst.

Het maaiveld ligt rond de 0,35 m+NAP. Tijdens het bodemonderzoek is het grondwater aangetroffen op circa 0,9 m-mv. Op basis van de beperkte onderzoeksgegevens kan geen betrouwbare uitspraak worden gedaan over de horizontale stromingsrichting van het freatisch grondwater. Verwacht wordt dat het Additioneel Kanaal een rol speelt in de waterhuishouding van het gebied (infiltratie en afwatering). Afwatering van neerslagoverschot vindt plaats via greppels.

2.3 Hypothese

Op basis van de (gevonden) voorinformatie worden geen tot hooguit lichte verontreinigingen verwacht. Als opzet van het onderzoeksprogramma van het verkennend bodemonderzoek is uitgegaan van de hypothese 'onverdacht' met een ca. 4500 m² (NEN 5740 januari 2009, paragraaf 5.1). Het standaard stoffen pakket (zwarte metalen, PAK, PCB en minerale olie) is voor de toplaag uitgebreid met de parameter OCB (organochloor bestrijdingsmiddelen), vanwege de teeltactiviteiten in het verleden. Met luchtfoto's en op basis van eerder onderzoek is bekend dat langs de westzijde van het terrein een halfverharding in de vorm van puin is aangebracht. Ter plaatse zal een verkennend onderzoek naar de aanwezigheid van asbest worden uitgevoerd. Hier worden de boringen door middel van een inspectiekuil voorgegraven.

Uitgaande van een oppervlakte van 4500 m² worden 11 boringen tot 0,5 m-mv, 3 boringen tot 2,0 m-mv en een peilbuis geplaatst. In verband met de voormalige opslag van stookolie worden in aanvulling hierop 9 extra boringen verricht tot een diepte van 2 m-mv waarvan 1 met peilbuis. Langs de oostzijde van het terrein wordt in verband met de verwachte aanwezigheid van een halfverharding een extra boring met inspectiekuil verricht. Twee mengmonsters van de bovengrond, een van de ondergrond en een grondwatermonster worden geanalyseerd op de parameters van het NEN-pakket. Bevindingen, afwijkingen, kunnen aanleiding geven voor extra analyses.

Asbest

Bij eerder onderzoek is elders in het gebied asbest in de opgebrachte puinverharding aangetroffen. Eventueel aanwezige halfverhardingen met puin dienen derhalve beschouwd te worden als verdacht voor de aanwezigheid van asbest.

Langs de westelijke perceelgrens wordt over een oppervlakte van circa 250 m² puin verwacht dat is toegepast ter verbetering van de draagkracht van de bodem. Binnen dit gebied worden conform de NEN 5707, ter bepaling van de indicatieve concentratie asbest drie boringen verricht met inspectiekuilen. Ter verificatie van de aanwezigheid van puin elders (G04) is een vierde inspectiekuil gegraven.

Het analyseprogramma asbest wordt afgestemd op de bevindingen tijdens het veldwerk.

3 Bodemonderzoek

3.1 Algemeen

Op 25 november 2021 zijn 25 boringen verricht (boorpuntnummers 1 t/m 25). Boringen 10 en 18 zijn afgewerkt met een peilbuis. Voor de situering van de boringen zie bijlage 1. Tijdens het plaatsen van de peilbuizen is het grondwater aangetroffen op circa 0,9 m-mv. De filters zijn geplaatst van 1,4 – 2,4 m-mv..

De boringen zijn met een Edelmanboor uitgevoerd. Bij de plaatsing van de peilbuizen is geen werkwater gebruikt. De opgeboorde grond is per bodemlaag of in trajecten van ten hoogste 0,5 meter bemonsterd. Zintuiglijk afwijkende bodemlagen zijn apart bemonsterd. De opgeboorde grond is lithologisch en zintuiglijk onderzocht. Tussen plaatsing en bemonstering van de peilbuizen is een wachttijd van minimaal zeven dagen aangehouden. De bemonstering van het grondwater is uitgevoerd op 7 december 2021.

De veldwerkzaamheden, monsternamen en monsterbehandeling zijn uitgevoerd door Brussee Milieukundig Veldwerkbureau (B-MKV) uit Katwijk, conform de richtlijnen die zijn opgesteld in de BRL SIKB 2000. B-MKV is gecertificeerd voor het verrichten van “Veldwerk bij milieuhygiënisch bodemonderzoek” conform deze BRL (certificering VB-076/7, zie bijlage 7, overzicht van de betrokken personen). Een overzicht van de betrokken personen is opgenomen in bijlage 6. De bodemonsters zijn voor chemische analyse bij Eurofins Analytico aangeboden en conform de AS3000 accreditatie onderzocht. Soilution B.V. en B-MKV zijn als opdrachtnemers onafhankelijk van de opdrachtgever. Tussen de partijen bestaat geen relatie zoals bedoeld in paragraaf 3.1.7. van de BRL SIKB 2000.

3.2 Waarnemingen / monstersamenstelling en analysepakketten

Het maaiveld is braakliggend. De bodem bestaat tot 2,5 meter uit klei, in de bovenste meter sterk zandig. Bij boring 14 bestaat de ondergrond vanaf 1,4 m-mv uit zand, bij boring 23 en 25 is er op ca. 1,5 m-mv een veenlaag aanwezig. Er is in de opgeboorde grond geen bodemvreemd materiaal waargenomen, met uitzondering in de toplaag van boringen 2, 5, 15 en 22, hierin worden sporen (soms brokken) baksteen en/of volledig puin aangetroffen.

Bij de watermonsternamen op 7 december 2021 zijn de volgende metingen verricht:

	Pb 10	Pb 18
Zuurgraad (pH)	7,27	7,42
Elektrisch geleidingsvermogen (µS/cm)	1665	1902
Grondwaterstand (m-mv)	0,4	0,5
NTU	52,9	8,22
Temperatuur (°C)	8,8	8,7
Toestroming, niet belucht	matig	goed

De pH- en EC-waarden wijken niet af van de van nature voorkomende waarden. De NTU van peilbuis 10 is verhoogd hetgeen van invloed kan zijn op de analyse van organische parameters.

De grafische boorprofielen van de grondboringen zijn opgenomen in bijlage 3.

De monstersamenstelling en de analysepakketten zijn weergegeven in tabel 3.2.1. In verband met het aantreffen van puin is een extra grondmengmonster geanalyseerd op de parameters van het NEN-pakket.

Tabel 3.2.1: monstersamenstelling en analysepakketten

Boring	Traject (m-mv)	Samenstelling	Grond(meng)monstercode	Analysepakket ⁽¹⁾
3	0,0 – 0,5	klei, sterk zandig	3.1 → mm 1	NEN + H/L + OCB
9	0,0 – 0,4	klei, sterk zandig	9.1	
14	0,0 - 0,3	klei, matig zandig	14.1	
16	0,0 – 0,5	klei, sterk zandig	16.1	
18	0,0 – 0,3	klei, zwak zandig	18.1	
24	0,0 – 0,5	klei, sterk zandig	24.1	
25	0,0 – 0,4	klei, matig zandig	25.1	
1	0,0 – 0,5	klei, sterk zandig	1.1 → mm 2	NEN + H/L + OCB
11	0,0 – 0,5	klei, sterk zandig	11.1	
12	0,0 – 0,3	klei, sterk zandig	12.1	
13	0,0 – 0,5	klei, sterk zandig	13.1	
17	0,0 – 0,5	klei, sterk zandig	17.1	
21	0,0 – 0,3	klei, matig zandig	21.1	
2	0,0 – 0,5	klei, sterk zandig, baksteen+	2.1 → mm 3	NEN + H/L
5	0,6 – 1,1	klei, sterk zandig, baksteen+	5.4	
15	0,0 – 0,3	klei, sterk zandig, puin+, baksteen+	15.1	
22	0,0 – 0,3	klei, sterk zandig, puin+, baksteen+	22.1	
1	1,1 – 1,6	klei, zwak zandig	1.4 → mm 4	NEN + H/L
9	0,9 – 1,1	klei, matig zandig	9.3	
9	1,1 – 1,6	klei, zwak zandig	9.4	
18	0,7 – 1,1	klei, matig siltig	18.3	
21	0,7 – 1,1	klei, matig siltig	21.3	
1.3	0,8 – 1,1	klei, sterk zandig	1[80-110]	minerale olie
10.3	0,8 – 1,1	klei, zwak zandig, oliegeur+	10[80-110]	minerale olie
8.3	0,9 – 1,1	klei, sterk zandig	8[90-110]	minerale olie
23	0,9 – 1,2	klei, matig zandig	23.3 → mm 5	minerale olie
24	1,0 – 1,5	klei, zwak zandig	24.3	
25	0,8 – 1,3	klei, matig siltig	25.3	
<u>Asbest</u>				
AMM 1.1	0,0 – 0,2	puin, sterk zand, asbeststukjes	AMM 1[G05]	asbest
G05.1	0,0 – 0,2		G05 [AVM]	asbest
AMM2.1	0,0 – 0,3		AMM2 [G15 + G22]	asbest
<u>Grondwater:</u>				
Pb 10	1,4 – 2,4	grondwater	Pb 10	NEN
Pb 18	1,4 – 2,4	grondwater	Pb 18	NEN

⁽¹⁾ voor de samenstelling van de NEN-pakketten wordt verwezen naar onderstaande tekst

H organische stofgehalte

L lutumgehalte

Bijmenging bodemvreemde materialen + = licht/sporen ++ = matig +++ = sterk/uiteerst

OCB = organochloor bestrijdingsmiddelen

De standaard analyse-pakketten van de NEN-5740 volgens het Besluit Bodemkwaliteit zijn als volgt samengesteld:

- * Grond:
 - zware metalen (barium, cadmium, koper, kobalt, kwik, lood, molybdeen, nikkel, zink);
 - polychloorbifenylen (PCB's-7)
 - minerale olie;
 - polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK-VROM10).
- * Grondwater:
 - zware metalen (barium, cadmium, koper, kobalt, kwik, lood, molybdeen, nikkel zink);
 - vluchtige aromatische (BTEXN) en vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen (CKW);
 - minerale olie.

3.3 Analyseresultaten

De analyseresultaten van de onderzochte grond(meng)monsters en het grondwatermonster zijn weergegeven in de tabellen in bijlage 4. De analyseresultaten zijn getoetst aan de circulaire streef- en interventiewaarde van februari 2000.

De streef- en interventiewaarden van de grond zijn bodemtype-afhankelijk en gecorrigeerd op basis van de lutum- en organische stofgehalten.

Om de mate van verontreiniging tekstueel weer te geven, wordt de volgende terminologie gehanteerd:

- * niet verontreinigd: concentratie lager dan of gelijk aan de streefwaarde;
- * licht verontreinigd: concentratie hoger dan de achtergrondwaarde maar lager dan de richtwaarde voor nader onderzoek;
- * matig verontreinigd: concentratie hoger of gelijk aan de richtwaarde voor nader onderzoek maar lager dan de interventiewaarde;
- * sterk verontreinigd: concentratie hoger dan of gelijk aan de interventiewaarde.

De analysecertificaten van het milieulaboratorium zijn opgenomen in bijlage 5. Uit de gegevens in de tabellen in bijlage 4 blijkt het volgende:

Grond

- grondmengmonster mm 1, bovengrond, is, met uitzondering van een licht verhoogd gehalte kwik, zink, hexachloorbenzeen, drins, heptachloorepoxide, DDD, DDE, DDT, DDX, chloordaan, OCB(som)LB(factor 0,7) niet verontreinigd met de onderzochte parameters. Bij toetsing aan BBK wordt deze grond indicatief ingedeeld als niet toepasbaar;
- grondmengmonster mm 2, bovengrond, is, met uitzondering van een licht verhoogd kwik, hexachloorbenzeen, drins, heptachloorepoxide, DDD, DDE, DDT, chloordaan, OCB(som)LB(factor 0,7) en PAK VROM(10)-gehalte, niet verontreinigd met de onderzochte parameters. Bij toetsing aan BBK wordt deze grond indicatief ingedeeld als niet toepasbaar;
- grondmengmonster mm 3, bovengrond met sporen baksteen en/of puin, is met uitzondering van een licht verhoogde concentratie lood niet verontreinigd met de onderzochte parameters. Bij toetsing aan BBK wordt deze grond indicatief ingedeeld als altijd toepasbaar;

- grondbemonster mm 4, ondergrond, is niet verontreinigd met de onderzochte parameters. Bij toetsing aan BBK wordt deze grond indicatief ingedeeld als klasse altijd toepasbaar;
- grondbemonster mm 5, ondergrond geanalyseerd op minerale olie, is niet verontreinigd met de onderzochte parameter;
- In de separate grondbemonsters die zijn geanalyseerd op minerale olie (1.3), (8.3) en (10.3), is in monster 10.3 waaraan een zwakke olieafwijking is waargenomen een licht verhoogd gehalte minerale olie gemeten.

Grondwater

- Het grondwatermonster (pb 10) is, met uitzondering van een licht verhoogde concentratie barium, niet verontreinigd met de onderzochte parameters;
- Het grondwatermonster uit peilbuis 18 is niet verontreinigd met de onderzochte parameters.

Asbest in puinhoudend zand, ic zandhoudend puin

Ter plaatse van inspectiekuil 04 is geen puin of andere afwijkingen waargenomen. Ter plaatse van de inspectiekuilen 15 en 22, zwak puinhoudende toplaag met brokken baksteen, is geen asbest waargenomen. In de sterk zandhoudende puinlaag bij inspectiekuil 05 is asbest aangetroffen (391 gram aan fragmenten).

Van de fijne fractie uit de kuilen 15 plus 22 en van de kuil 05 zijn representatieve grond(meng)monsters samengesteld en geanalyseerd op asbest. In het grondbemonster 15+22 is een concentratie asbest gemeten van 9 mg/kgds. Deze indicatieve concentratie is ruimschoots lager dan de toetsingswaarde voor nader onderzoek. In de fijne fractie van inspectiekuil 05 is geen asbest aangetoond.. De indicatieve concentratie wordt berekend op basis van het bij de inspectie, met 100 % efficiëncy, aangetroffen asbesthoudende plaatmateriaal, 391 gram, waarin 49.000 mg chrysotiel is aangetoond.

Berekening indicatieve concentratie asbest inspectiekuil 05:

geïnspecteerd: $0,3 \times 0,3 \times 0,5\text{m} = 0,045 \text{ m}^3 \times \text{sw } 1,75 = 78,75 \text{ kg nat gewicht}$, $\text{ds} = 85,6\% = 67,4 \text{ kgds}$. Hierin is 49.000 mg serpentijn (in fragment asbest 391 gram) aangetroffen = 727 mg/kgds

In het grondbemonster G13, deeltjes < 2 cm, is een concentratie asbest gemeten minder dan 0,4 mg/kgds. De berekende concentratie hoeft niet gecorrigeerd te worden en blijft gelijk aan 727 mg/kgds. Deze indicatieve concentratie is hoger dan de I-waarde en daarmee ook ruimschoots boven de toetsingswaarde voor nader onderzoek, hetgeen aanleiding is geweest voor een nader onderzoek naar asbest.

3.4 Nader onderzoek asbest

Het nader onderzoek naar asbest is gebaseerd op de NEN 5707. Het gebied waar puin in de bodem is waargenomen, waarbij ter plaatse van G05 fragmenten asbest zijn aangetroffen, is beschouwd als een voor asbest verdachte ruimtelijke eenheid met een oppervlakte van maximaal 1000 m² (circa 245 m²). De zone hieromheen is beschouwd als een onverdachte ruimtelijke eenheid.

Binnen de verdachte eenheid zijn gelet op het lijnvormige karakter van de toepassing van puin (pad evenwijdig langs greppel) zeven inspectie-sleuven gegraven. Vanaf de toepassing zijn in westelijke richting (naar de voormalige werkruimte/ ketelhuis) twee inspectiesleuven gegraven. Verwacht wordt dat de toepassing van puin heeft plaatsgevonden tot aan deze ruimte. In de bodem ter plaatse van de kassen en de werkruimte is de puintoepassing niet waargenomen hetgeen wordt bevestigd door SL104 en de boringen verricht ten behoeve van het bodemonderzoek.

Per sleuf (2m x 0,3m x laagdikte toepassing) is 0,06-0,18 m³ materiaal ontgraven. Het ontgraven materiaal is uitgespreid in een dunne laag en uitgeharkt en hiermee volledig geïnspecteerd met een visuele inspectiegraad van 100%. In de onderstaande tabel zijn de resultaten van het veldwerk en analyses samengevat.

Sleuf	lxbxd cm	% >2cm /p-g	AVM gram	asbest mg	asbest<2cm mg/kgds	concentratie asbest mg/kgds
SL100	230x40x30	35/p	311,6	148.010	<1,4	347 mg/kgds
SL101	140x40x16	10/g	453	57.000	nb	429 mg/kgds
SL102	200x40x20	25/g	99,3	12.000	nb	51 mg/kgds
SL103	220x40x15	20/g	30	nb	nb	
SL104	200x40x20	0/g	0	0	<0,8	<0,8 mg/kgds
SL105	210x40x15	38/g	30	nb	nb	
SL106	200x40x20	35/g	0	0	nb	
SL107	210x40x15	33/g	388,9	177.000	<0,3	847 mg/kgds
SL108	230x40x10	35/g	0	0	nb	
SL100+107	30x30x50	0/g	0	0	<0,4	<0,4 mg/kgds

Berekeningen zijn gebaseerd op soortelijk gewicht van 1,8 kg/dm³
p=puin, g=grond

In vijf van de inspectiesleuven ter plaatse van het pad is asbest waargenomen en in drie sleuven zijn concentraties asbest vastgesteld boven de interventiewaarde waarmee sprake is van een geval van ernstige bodemverontreiniging. In de grond onder de puinhoudende laag (SL100[30-80]+SL107[15-65]) is geen asbest aangetoond. Tijdens de verkennende fase is langs het pad (inspectiekuilen 15 en 22) een licht verhoogde concentratie asbest (9 mg/kgds) aangetoond en in SL104 is geen puin waargenomen of asbest aangetoond. De gekozen verdachte ruimtelijke eenheid wordt niet verworpen. Op basis van de resultaten van het onderzoek wordt geschat dat circa (245 m² x 0,25 m) 61,25 m³ met asbest verontreinigde grond aanwezig is.

4 Conclusies en aanbevelingen

In opdracht van _____ te Katwijk is door _____ een verkennend bodemonderzoek en een nader onderzoek naar asbest uitgevoerd ter plaatse van een deel van het gebied Kwakkelwei te Katwijk.

Het onderzoek is verricht om de algemene bodemkwaliteit vast te stellen in verband met de voorgenomen herbouw van een kas met werkruimte en verharde toegang. Dit onderzoek dient daarbij tevens als vaststelling nulsituatie bodem voor het toekomstig gebruik ten behoeve van glastuinbouw met beoogde biologische teelt.

Tijdens de locatie-inspectie zijn geen bodembedreigende activiteiten waargenomen en zijn geen verzakkingen, ophogingen, verkleuringen en brandplekken aangetroffen. Op de bodem, die vrijwel voor 100% begroeid is, kon geen maaiveldinspectie worden uitgevoerd. Langs de westzijde is ten behoeve van verbetering van de draagkracht in het verleden puinhoudend materiaal opgebracht. Tijdens de verkennende onderzoeksfase is hierin asbest aangetroffen met een indicatieve concentratie boven de toetsingswaarde voor nader onderzoek.

Uit het chemisch-analytisch algemene bodemkwaliteit blijkt het volgende:

- in de toplaag zijn lichte verontreinigingen gemeten met kwik, zink, PAK en een aantal organochloor bestrijdingsverbindingen. Het mengmonster met sporen puin en/of baksteen is licht verontreinigd met lood. Ter plaatse van de voormalige olietank/voormalig ketelhuis is rond de grondwaterspiegel een licht verhoogde concentratie olie minerale aangetoond;
- in de ondergrond zijn geen verontreinigingen aangetoond;
- in het grondwater zijn geen verontreinigingen aangetoond, behalve in het grondwatermonster van peilbuis 10 waarin een licht verhoogde concentratie barium is gemeten.

De hypothese maximaal licht verontreinigd met kwik en OCB is bevestigd. Daarnaast is incidenteel een licht verhoogde concentratie zink of lood gemeten en in de omgeving van de voormalige opslag van stookolie is rond de grondwaterspiegel een licht verhoogde concentratie minerale olie aangetoond. Deze lichte verontreinigingen geven geen aanleiding voor vervolgonderzoek. De nulsituatie algemene bodemkwaliteit is hiermee in relatie tot het voorgenomen gebruik voldoende vastgesteld.

Asbest

Langs de westzijde van het perceel is puin/puinhoudende grond toegepast. Met het nader onderzoek is vastgesteld dat deze toepassing heterogeen sterk verontreinigd is met asbest. Er is sprake van een geval van ernstige bodemverontreiniging die in samenhang met de voorgenomen ontwikkeling gesaneerd dient te worden. Hiertoe dient een saneringsplan ter beoordeling te worden voorgelegd aan het bevoegd gezag, i.c. de Omgevingsdienst West-Holland.

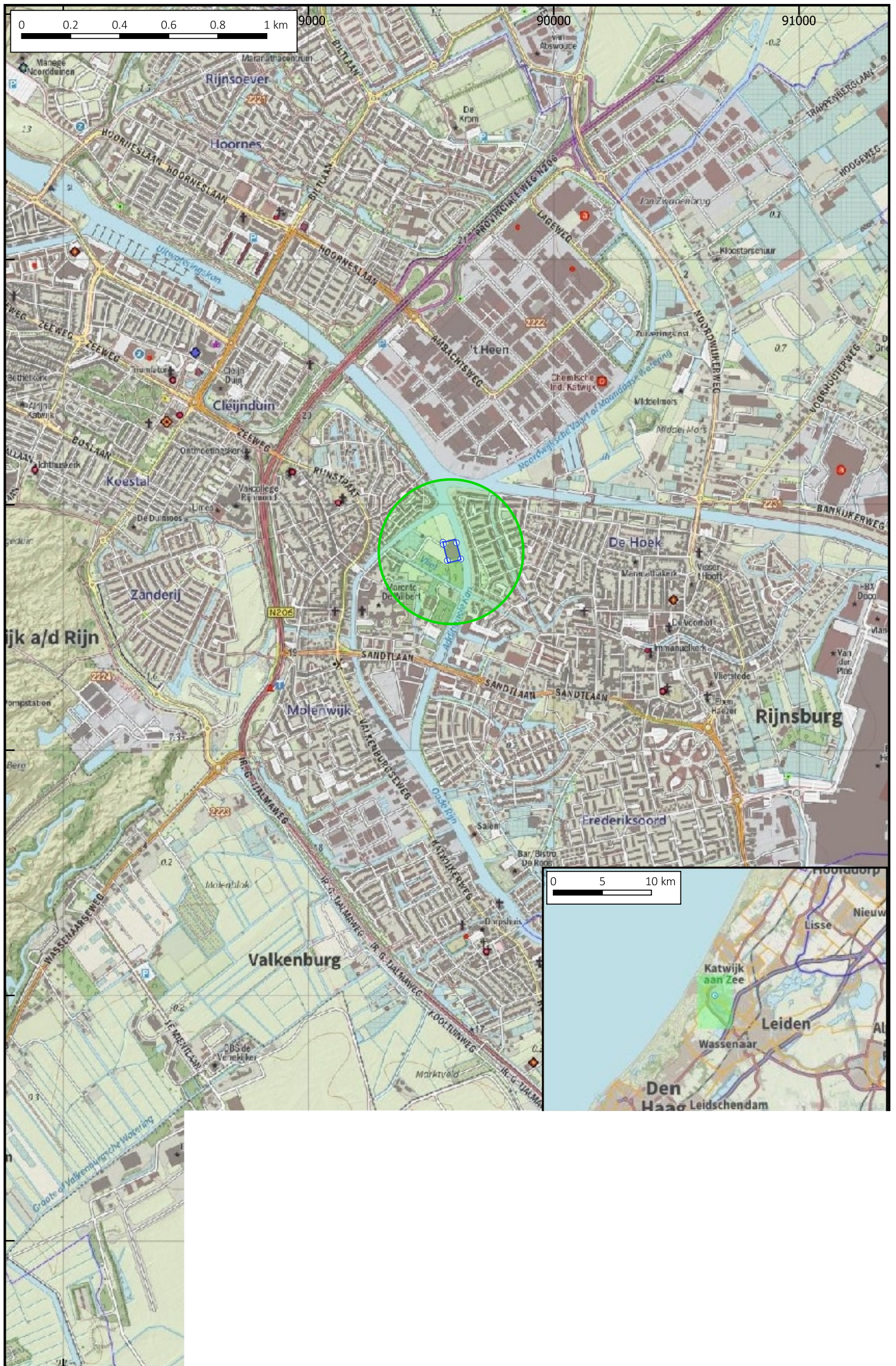
Indien bij herinrichting grond van het terrein vrijkomt dient rekening te worden gehouden met de aangetoonde lichte verontreinigingen. Hierbij wordt nadrukkelijk vermeld dat het onderhavige bodemonderzoek niet bedoeld is ter vaststelling van de hergebruiksmogelijkheden van eventueel tijdens herinrichtings- en/of bouwwerkzaamheden vrijkomende grond. Indien hiervan sprake is wordt aanbevolen de grond aan te bieden bij een grondbank die erkend is volgens BRL9335 en/of te keuren volgens het Besluit bodemkwaliteit.

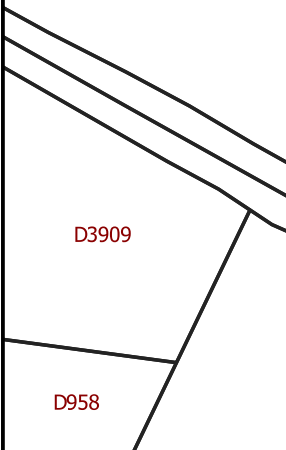
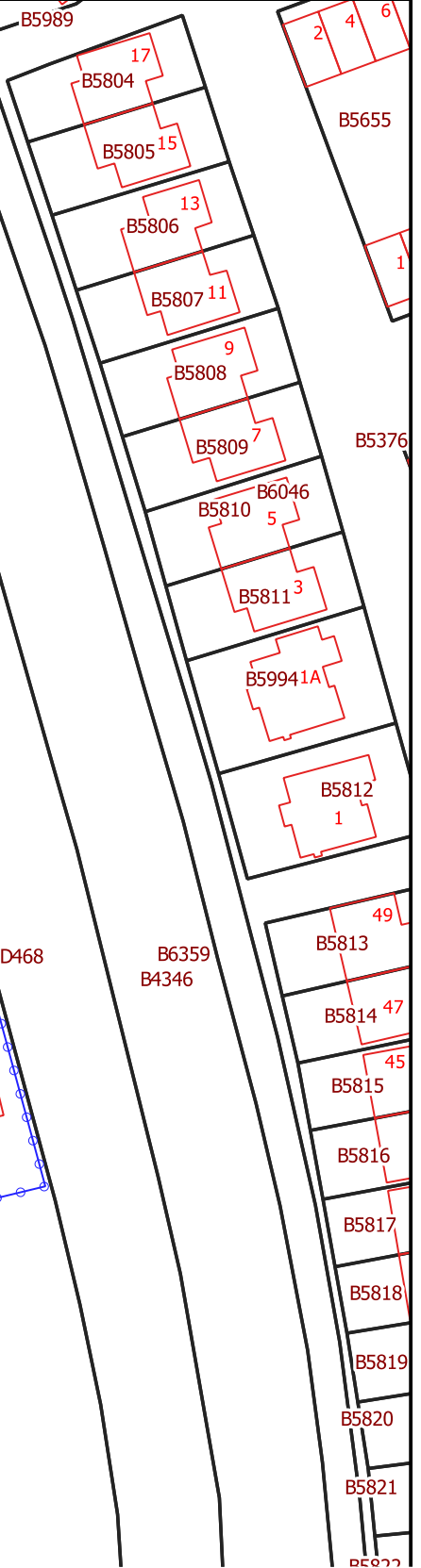
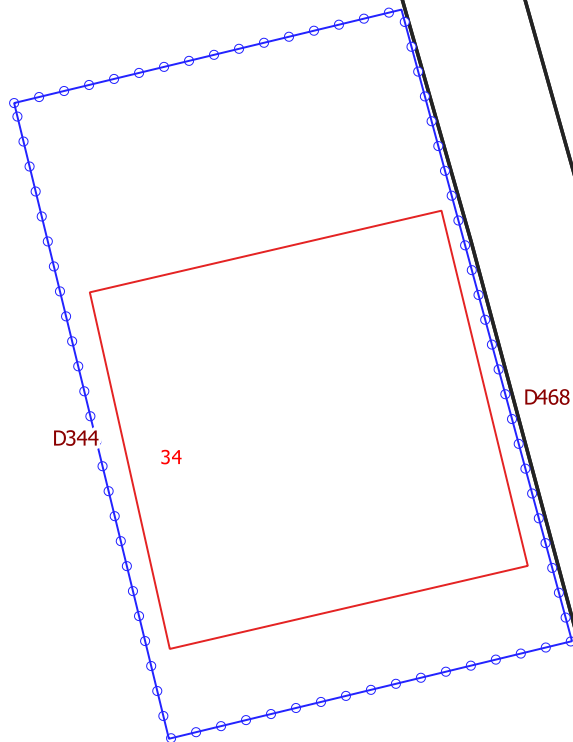
Opgemerkt wordt dat dit bodemonderzoek, zoals ieder bodemonderzoek, steekproefsgewijs is uitgevoerd. Binnen de beoordeelde bodem kunnen variaties in stofconcentraties voorkomen.

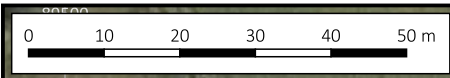
Bijlagen

- 1 Overzichtskaart
- 2 Situatieoverzicht en bemonsteringskaart (schaal 1:1000/ 1:250) A3
- 3 Grafische boorprofielen
- 4 Overschrijdingstabellen
- 5 Analysecertificaten
- 6 Overzicht Historische gegevens, geraadpleegde bronnen
- 7 Betrokken personen

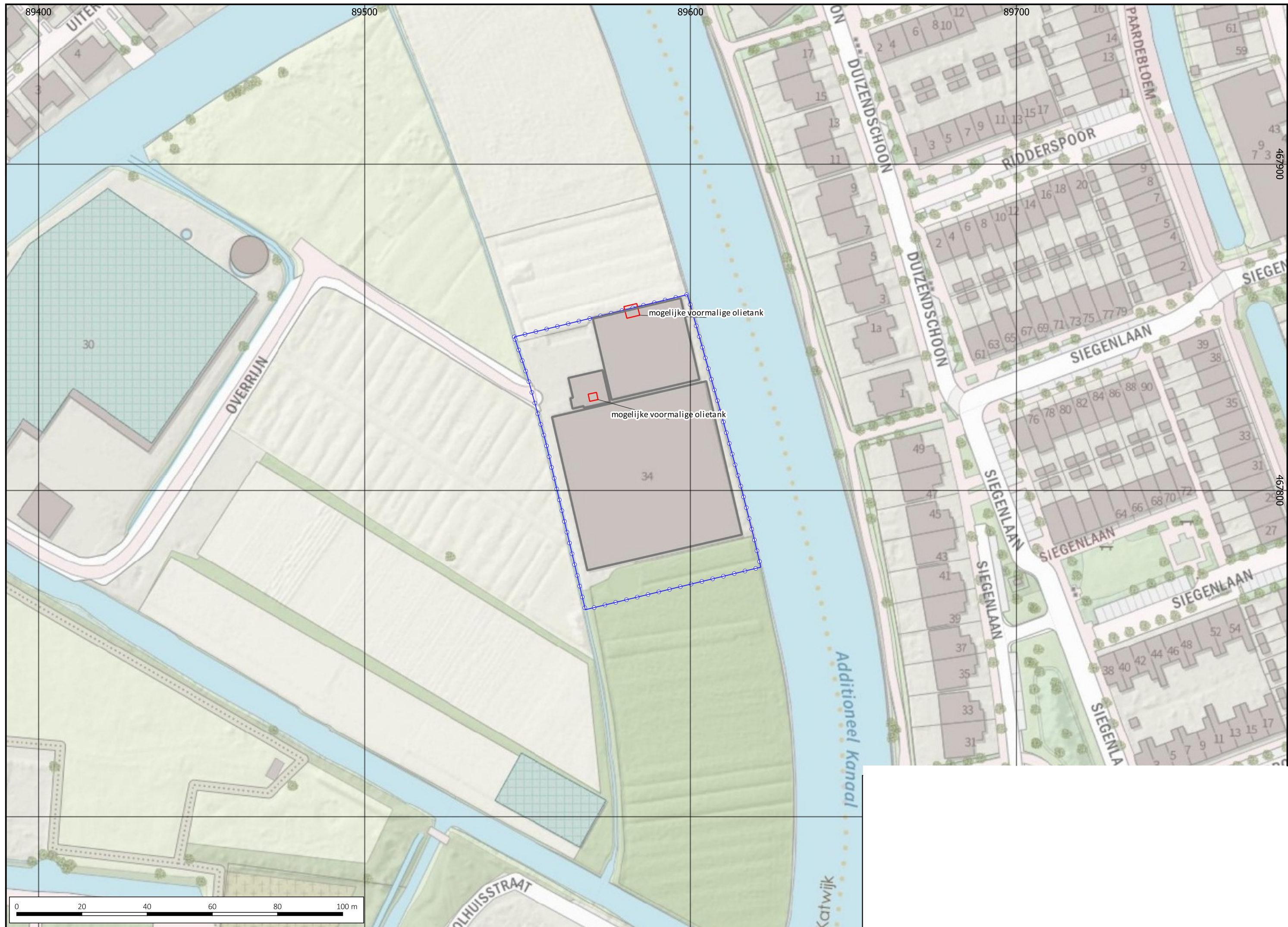
Bijlage 1: Overzichtskaart

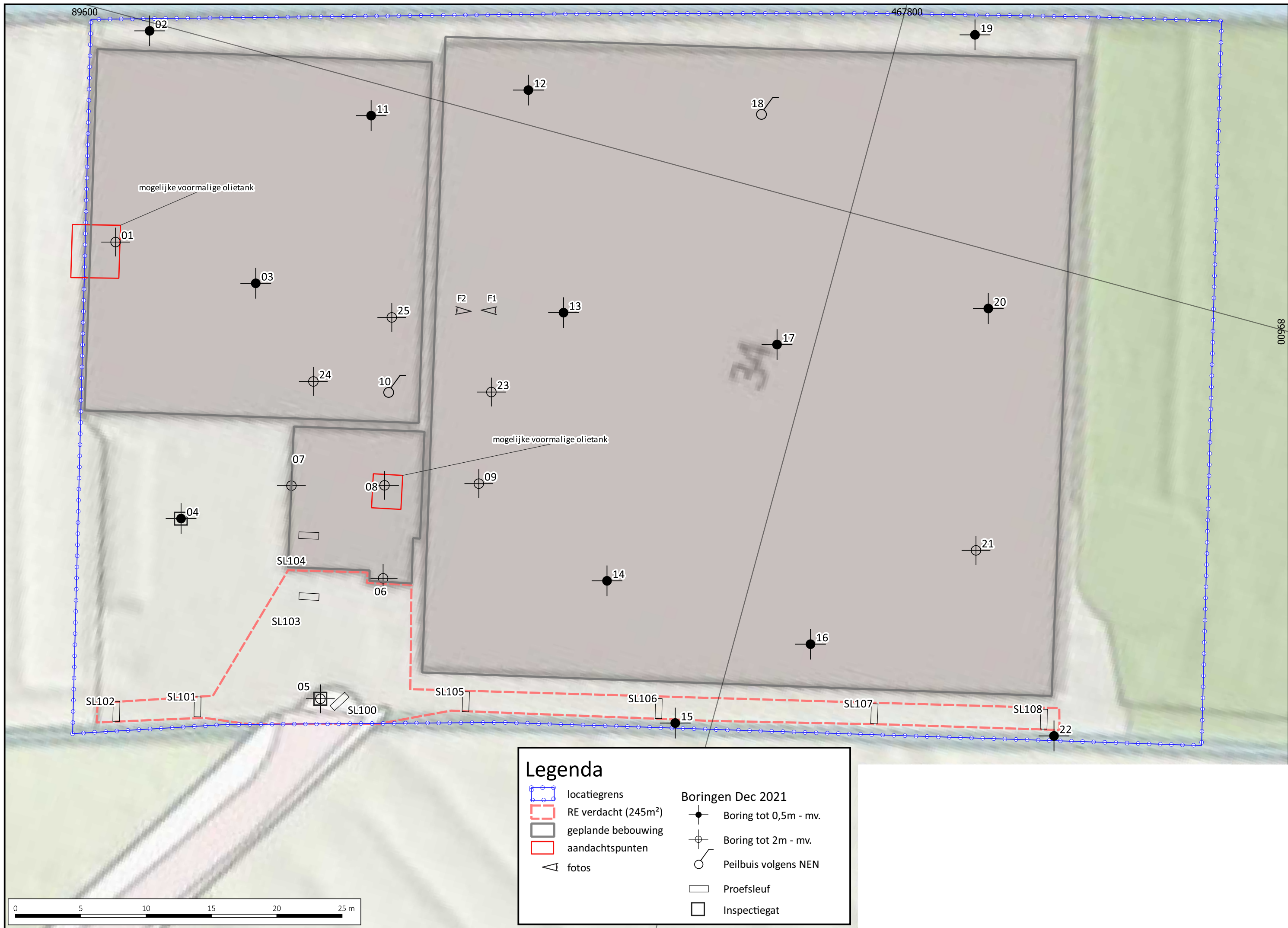






Bijlage 2: Situatieoverzicht en bemonsteringskaart (schaal 1:1000/1:250) A3

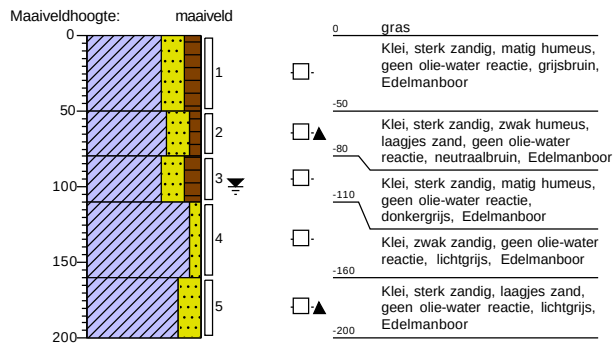




Bijlage 3: Grafische boorprofielen, kuilen en sleuven

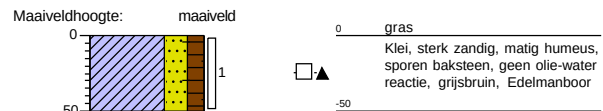
Boring: 01

X: 89583,04
Y: 467853,62
Datum: 25-11-2021
GWS: 100



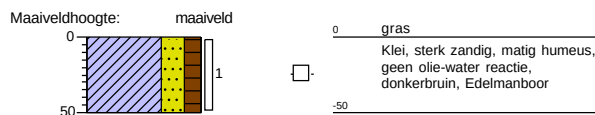
Boring: 02

X: 89599,29
Y: 467855,35
Datum: 25-11-2021



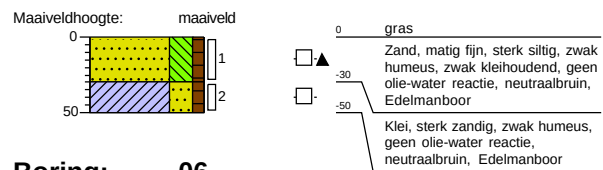
Boring: 03

X: 89582,79
Y: 467842,45
Datum: 25-11-2021



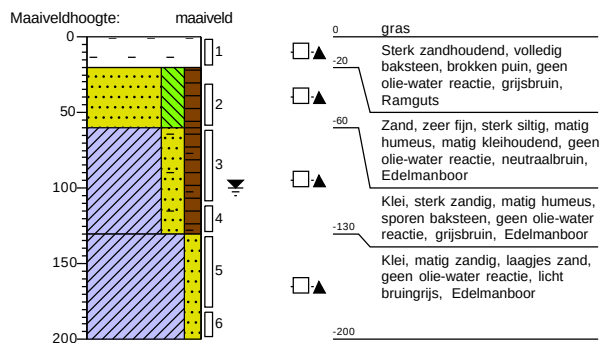
Boring: 04

X: 89563,93
Y: 467843,25
Datum: 25-11-2021



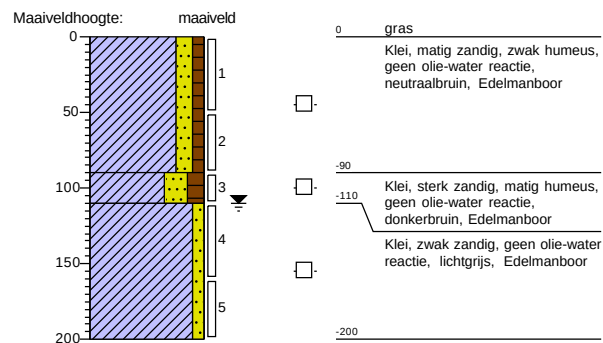
Boring: 05

X: 89553,50
Y: 467831,89
Datum: 25-11-2021
GWS: 100



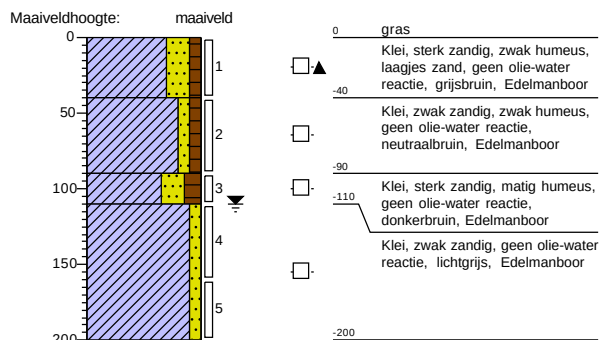
Boring: 06

X: 89563,59
Y: 467827,12
Datum: 25-11-2021
GWS: 110



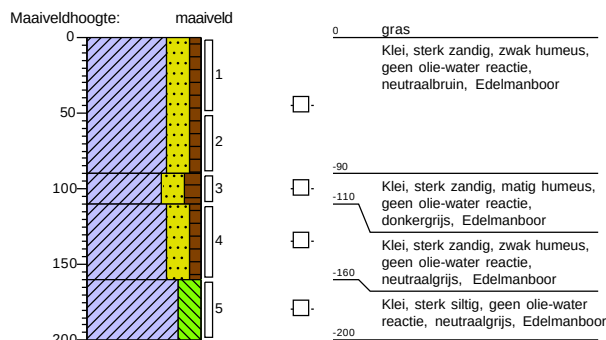
Boring: 07

X: 89568,59
Y: 467835,75
Datum: 25-11-2021
GWS: 110



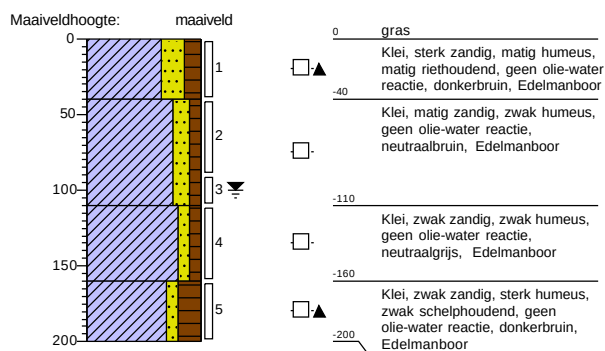
Boring: 08

X: 89570,48
Y: 467828,88
Datum: 25-11-2021



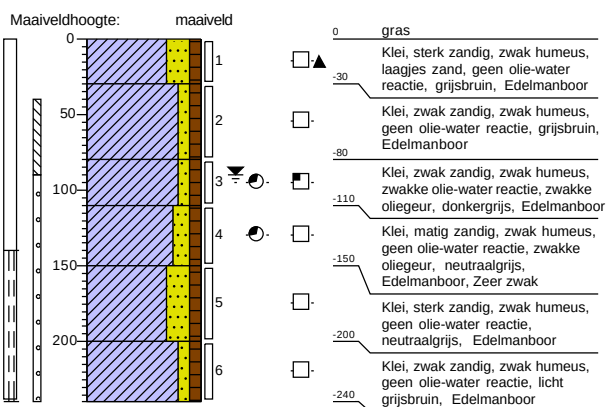
Boring: 09

X: 89572,50
Y: 467821,95
Datum: 25-11-2021
GWS: 100



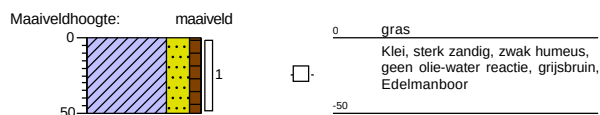
Boring: 10

X: 89577,47
Y: 467830,49
Datum: 25-11-2021
GWS: 90



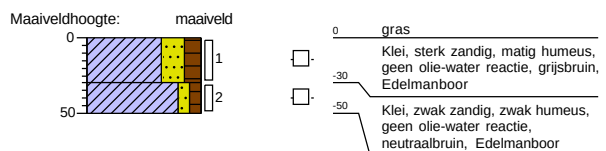
Boring: 11

X: 89597,48
Y: 467837,29
Datum: 25-11-2021



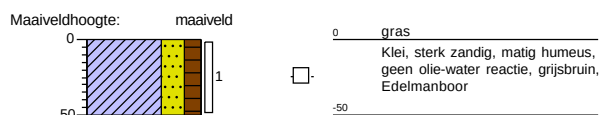
Boring: 12

X: 89602,52
Y: 467826,19
Datum: 25-11-2021



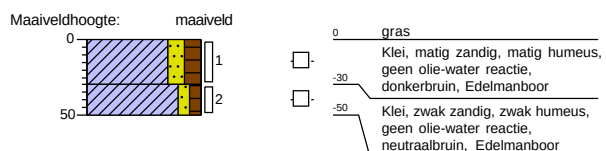
Boring: 13

X: 89586,80
Y: 467819,13
Datum: 25-11-2021



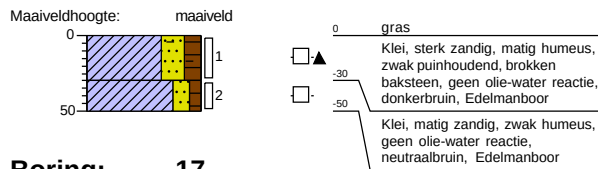
Boring: 14

X: 89567,88
Y: 467810,54
Datum: 25-11-2021



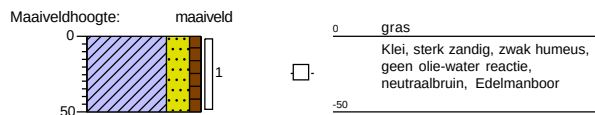
Boring: 15

X: 89560,57
Y: 467803,23
Datum: 25-11-2021



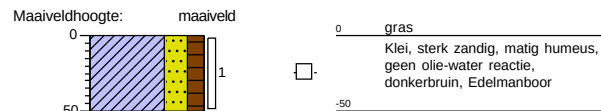
Boring: 17

X: 89588,73
Y: 467802,72
Datum: 25-11-2021



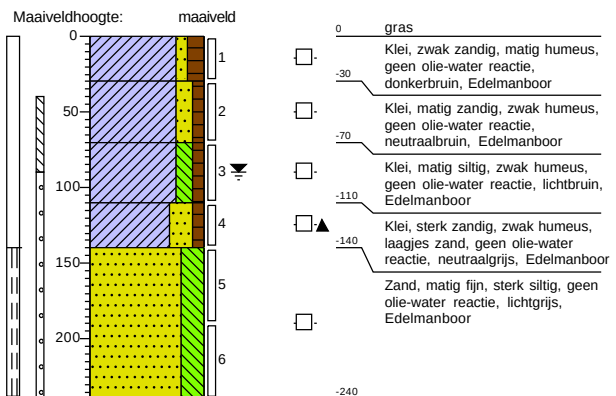
Boring: 16

X: 89567,29
Y: 467794,24
Datum: 25-11-2021



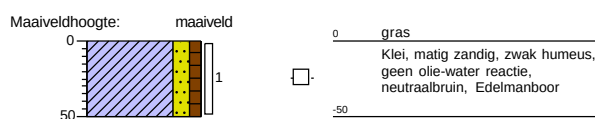
Boring: 18

X: 89605,47
Y: 467808,53
Datum: 25-11-2021
GWS: 90



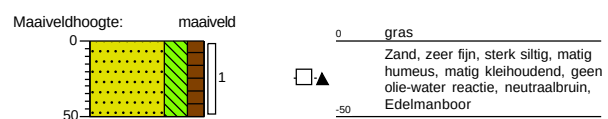
Boring: 19

X: 89615,56
Y: 467794,31
Datum: 25-11-2021



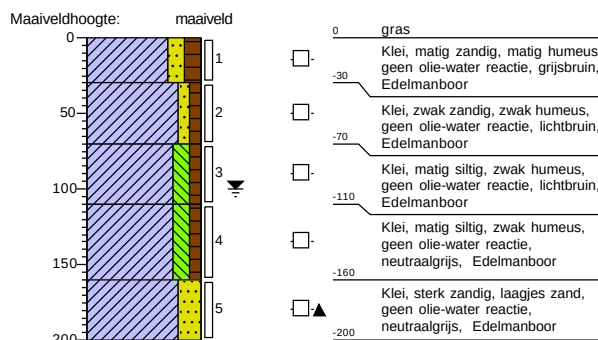
Boring: 20

X: 89595,63
Y: 467787,84
Datum: 25-11-2021



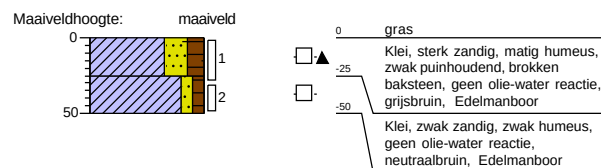
Boring: 21

X: 89577,55
Y: 467783,89
Datum: 25-11-2021
GWS: 100



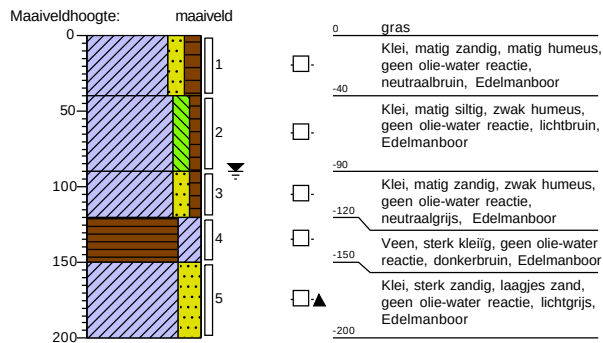
Boring: 22

X: 89566,79
Y: 467775,18
Datum: 25-11-2021



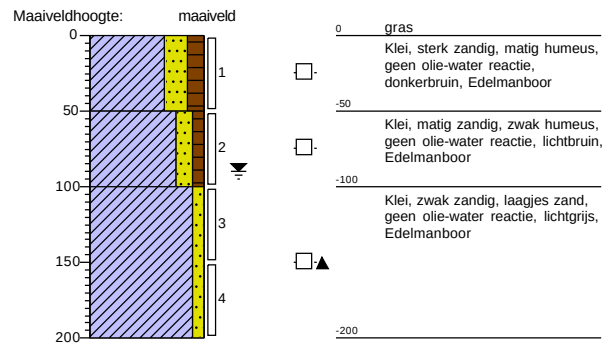
Boring: 23

X: 89579,51
Y: 467822,86
Datum: 25-11-2021
GWS: 90



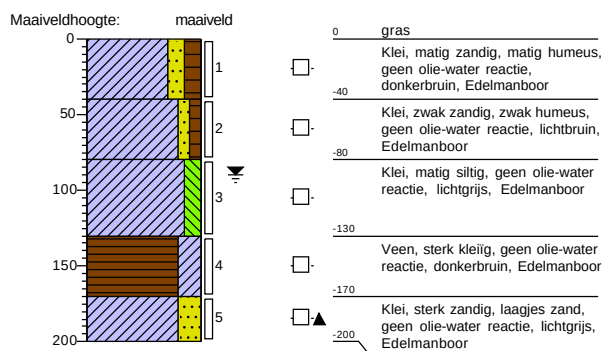
Boring: 24

X: 89576,72
Y: 467836,22
Datum: 25-11-2021
GWS: 90



Boring: 25

X: 89583,02
Y: 467831,71
Datum: 25-11-2021
GWS: 90



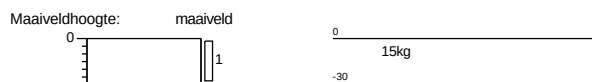
Boring: AMM1

Datum: 25-11-2021



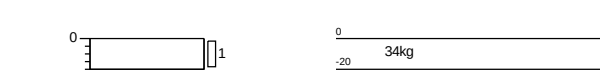
Boring: AMM2

Datum: 25-11-2021



Boring: AMM100

Datum: 7-12-2021



Boring: AMM101

Datum: 7-12-2021



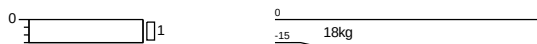
Boring: AMM102

Datum: 7-12-2021

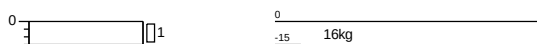


Boring: AMM103

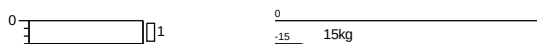
Datum: 7-12-2021

**Boring: AMM105**

Datum: 7-12-2021

**Boring: AMM107**

Datum: 7-12-2021

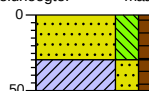
**Boring: F1**

Datum: 25-11-2021

Maaiveldhoogte: maaiveld
0 —**Boring: G04**

Datum: 25-11-2021

Maaiveldhoogte: maaiveld



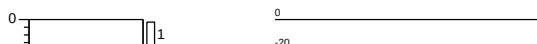
0 gras

▲ -30 Zand, matig fijn, sterk siltig, zwak humeus, zwak kleihoudend, geen olie-water reactie, neutraalbruin, Schep, 32-31-30 puin 0

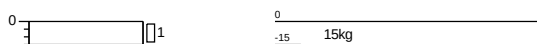
■ -50 Klei, sterk zandig, zwak humeus, geen olie-water reactie, neutraalbruin, Schep, 32-31-50 puin 0

Boring: AMM104

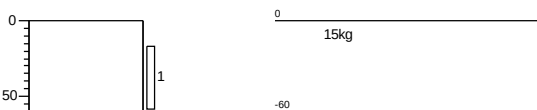
Datum: 7-12-2021

**Boring: AMM106**

Datum: 7-12-2021

**Boring: AMM108**

Datum: 7-12-2021

**Boring: F2**

Datum: 25-11-2021

Maaiveldhoogte: maaiveld
0 —**Boring: G05**

Datum: 25-11-2021

Maaiveldhoogte: maaiveld



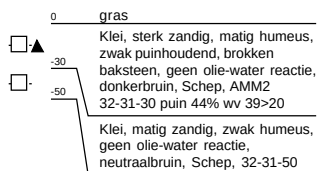
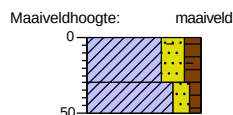
0 gras

▲ -20 Sterk zandhoudend, volledig baksteen, brokken puin, geen olie-water reactie, grijsbruin, Schep, AMM1 50-45-20 puin 65% vv 35>20 4 stukjes asbest verdacht plaatmateriaal 135gram

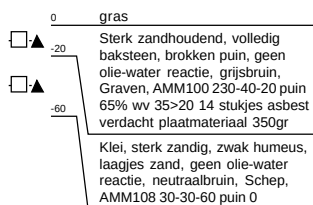
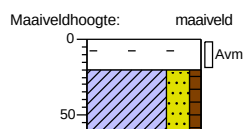
■ -50 Zand, zeer fijn, sterk siltig, matig humeus, matig kleihoudend, geen olie-water reactie, neutraalbruin, Schep, 31-31-50

Boring: G15

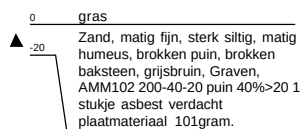
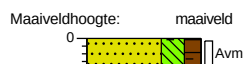
Datum: 25-11-2021

**Boring: SL100**

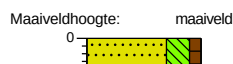
Datum: 7-12-2021

**Boring: SL102**

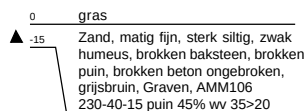
Datum: 7-12-2021

**Boring: SL104**

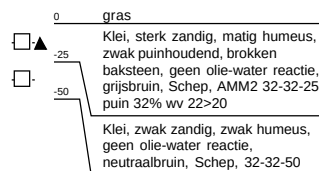
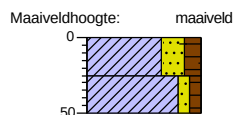
Datum: 7-12-2021

**Boring: SL106**

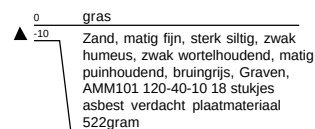
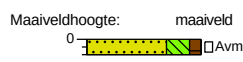
Datum: 7-12-2021

**Boring: G22**

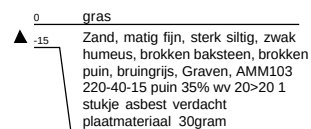
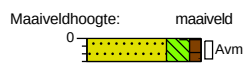
Datum: 25-11-2021

**Boring: SL101**

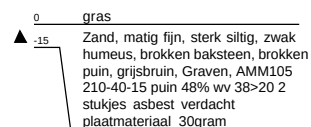
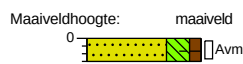
Datum: 7-12-2021

**Boring: SL103**

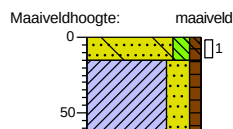
Datum: 7-12-2021

**Boring: SL105**

Datum: 7-12-2021

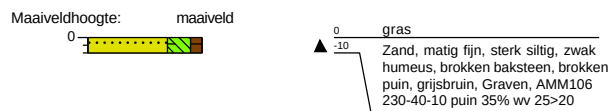
**Boring: SL107**

Datum: 7-12-2021



Boring: SL108

Datum: 7-12-2021



Bijlage 4: Toetsingstabellen WBB, BBK, grondwater

BoToVa T12 Toetsing Wbb grond

Projectnummer	2111190
Projectnaam	Kwakkelwei
Ordernummer	2111190g1
Datum monstername	25-11-2021
Certificaatnummer	2021192719
Startdatum	25-11-2021
Rapportagedatum	02-12-2021

Analyse	Eenheid	1	GSSD	Oordeel	RG	AW	T	I
Bodemtype correctie								
Organische stof		2,5						
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)		8,3						
Voorbehandeling								
Cryogeen malen		Uitgevoerd						
Bodemkundige analyses								
Droge stof	% (n/m)	83,4	83,4					
Organische stof	% (n/m) ds	2,5	2,5					
Gloeirest	% (n/m) ds	97						
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)	% (n/m) ds	8,3	8,3					
Metalen								
Barium (Ba)	mg/kg ds	32	69,37		20	190	555	920
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	0,25	0,3844	-	0,2	0,6	6,8	13
Kobalt (Co)	mg/kg ds	4,6	9,574	-	3	15	103	190
Koper (Cu)	mg/kg ds	12	20,11	-	5	40	115	190
Kwik (Hg)	mg/kg ds	0,14	0,1819	*	0,05	0,15	18,1	36
Molybdeen (Mo)	mg/kg ds	<1,5	1,05	-	1,5	1,5	95,8	190
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	11	21,04	-	4	35	67,5	100
Lood (Pb)	mg/kg ds	32	44,74	-	10	50	290	530
Zink (Zn)	mg/kg ds	99	176,2	*	20	140	430	720
Minerale olie								
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<3,0	8,4					
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	<5,0	14					
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	<5,0	14					
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	<11	30,8					
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	10	40					
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	<6,0	16,8					
Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	<35	98					
Organo-chloorbestrijdingsmiddelen, OCB								
alfa-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	-	0,001	0,001	8,5	17
beta-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	-	0,001	0,002	0,801	1,6
gamma-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	-	0,001	0,003	0,602	1,2
delta-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
Hexachloorbenzeen	mg/kg ds	0,0053	0,0212	*	0,003	0,0085	1	2
Heptachloor	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	-	0,001	0,0007	2	4
Heptachloorepoxide(cis- of A)	mg/kg ds	0,0047	0,0188					
Heptachloorepoxide(trans- of B)	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
Hexachloorbutadien	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	-	0,001	0,003		
Aldrin	mg/kg ds	0,0053	0,0212		0,001			0,32
Dieldrin	mg/kg ds	0,12	0,48					
Endrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
Isodrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
Telodrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
alfa-Endosulfan	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	-	0,001	0,0009	2	4
beta-Endosulfan	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
Endosulfansulfaat	mg/kg ds	<0,0020	0,0056					
alfa-Chloordaan	mg/kg ds	0,0036	0,0144					
gamma-Chloordaan	mg/kg ds	0,012	0,048					
o,p'-DDT	mg/kg ds	0,018	0,072					
p,p'-DDT	mg/kg ds	0,051	0,204					
o,p'-DDE	mg/kg ds	0,0018	0,0072					
p,p'-DDE	mg/kg ds	0,058	0,232					
o,p'-DDD	mg/kg ds	0,0058	0,0232					
p,p'-DDD	mg/kg ds	0,015	0,06					
HCH (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0021						
Drins (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,13	0,504	*	0,003	0,015	2,01	4
Heptachloorepoxide (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0054	0,0216	*	0,002	0,002	2	4
DDD (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,021	0,0832	*	0,002	0,02	17	34
DDE (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,06	0,2392	*	0,002	0,1	1,2	2,3
DDT (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,069	0,276	*	0,006	0,2	0,95	1,7
DDX (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,15						
Chloordaan (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,016	0,0624	*	0,002	0,002	2	4
OCB (som) LB (factor 0,7)	mg/kg ds	0,31	1,227	*	0,0056	0,4		
OCB (som) WB (factor 0,7)	mg/kg ds	0,3						
Polychloorbifenylen, PCB								
PCB 28	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 52	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 101	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 118	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 138	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 153	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 180	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB (som 7) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0049	0,0196	-	0,007	0,02	0,51	1
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK								
Naftaleen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Fenanthreen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Anthracen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Fluorantheen	mg/kg ds	0,081	0,081					
Benzo(a)anthracen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Chryseen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Benzo(a)pyreen	mg/kg ds	0,058	0,058					
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Indeno(123-cd)pyreen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
PAK VROM (10) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,42	0,419	-	0,35	1,5	20,8	40

Legenda								
----------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Nr.	Analytico-nr	Monster
1	12424945	mm 1: 03.1+09.1+14.1+16.1+18.1+25.1+24.1

Eendoordeel: Overschrijding Achtergrondwaarde

Gebruikte afkortingen

-	kleiner dan of gelijk aan Achtergrondwaarde
*	groter dan Achtergrondwaarde
**	groter dan Tussenwaarde
***	groter dan Interventiewaarde

GSSD	Gestandaardiseerd gehalte
RG	Vereiste Rapportagegrens
AW	Achtergrondwaarde
T	Tussenwaarde
I	Interventiewaarde

Deze toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa.

Zie voor info: <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bbki/instrumenten/botova/>
N.B.: de vermelde tussenwaarde is door PAIS berekend en is niet afkomstig uit BoToVa

BoToVa T12 Toetsing Wbb grond

Projectnummer 2111190
Projectnaam Kwakkelwei
Ordernummer 2111190g1

Certificaatnummer 2021192719
Startdatum 25-11-2021
Rapportagedatum 02-12-2021

Analyse	Eenheid	2	GSSD	Oordeel	RG	AW	T	I
Bodentype correctie								
Organische stof		2						
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)		7,3						
Voorbehandeling								
Cryogeen malen		Uitgevoerd						
Bodemkundige analyses								
Droge stof	% (m/m)	83,8	83,8					
Organische stof	% (m/m) ds	2	2					
Gloeirest	% (m/m) ds	97						
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)	% (m/m) ds	7,3	7,3					
Metalen								
Barium (Ba)	mg/kg ds	27	62,93		20	190	555	920
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	0,22	0,3502	-	0,2	0,6	6,8	13
Kobalt (Co)	mg/kg ds	4,7	10,46	-	3	15	103	190
Koper (Cu)	mg/kg ds	11	19,24	-	5	40	115	190
Kwik (Hg)	mg/kg ds	0,15	0,1985	*	0,05	0,15	18,1	36
Molybdeen (Mo)	mg/kg ds	<1,5	1,05	-	1,5	1,5	95,8	190
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	10	20,23	-	4	35	67,5	100
Lood (Pb)	mg/kg ds	28	40,13	-	10	50	290	530
Zink (Zn)	mg/kg ds	61	114	-	20	140	430	720
Minerale olie								
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<3,0	10,5					
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	<5,0	17,5					
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	<5,0	17,5					
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	<11	38,5					
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	10	50					
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	<6,0	21					
Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	<35	122,5	-	35	190	2600	5000
Organo-chloorbestrijdingsmiddelen, OCB								
alfa-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	-	0,001	0,001	8,5	17
beta-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	-	0,001	0,002	0,801	1,6
gamma-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	-	0,001	0,003	0,602	1,2
delta-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
Hexachloorbenzeen	mg/kg ds	0,0067	0,0335	*	0,003	0,0085	1	2
Heptachloor	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	-	0,001	0,0007	2	4
Heptachloorepoxide(cis- of A)	mg/kg ds	0,0056	0,028					
Heptachloorepoxide(trans- of B)	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
Hexachloorbutadien	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	-	0,001	0,003		
Aldrin	mg/kg ds	0,0045	0,0225		0,001			0,32
Dieldrin	mg/kg ds	0,093	0,465					
Endrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
Isodrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
Telodrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
alfa-Endosulfan	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	-	0,001	0,0009	2	4
beta-Endosulfan	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
Endosulfansulfaat	mg/kg ds	<0,0020	0,007					
alfa-Chloordaan	mg/kg ds	0,0039	0,0195					
gamma-Chloordaan	mg/kg ds	0,014	0,07					
o,p'-DDT	mg/kg ds	0,012	0,06					
p,p'-DDT	mg/kg ds	0,042	0,21					
o,p'-DDE	mg/kg ds	0,0016	0,008					
p,p'-DDE	mg/kg ds	0,055	0,275					
o,p'-DDD	mg/kg ds	0,0047	0,0235					
p,p'-DDD	mg/kg ds	0,016	0,08					
HCH (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0021						
Drins (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,098	0,491	*	0,003	0,015	2,01	4
Heptachloorepoxide (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0063	0,0315	*	0,002	0,002	2	4
DDD (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,02	0,1035	*	0,002	0,02	17	34
DDE (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,057	0,283	*	0,002	0,1	1,2	2,3
DDT (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,054	0,27	*	0,006	0,2	0,95	1,7
DDX (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,13						
Chloordaan (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,018	0,0895	*	0,002	0,002	2	4
OCB (som) LB (factor 0,7)	mg/kg ds	0,26	1,327	*	0,0056	0,4		
OCB (som) WB (factor 0,7)	mg/kg ds	0,26						
Polychloorbifenylen, PCB								
PCB 28	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
PCB 52	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
PCB 101	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
PCB 118	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
PCB 138	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
PCB 153	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
PCB 180	mg/kg ds	<0,0010	0,0035					
PCB (som 7) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0049	0,0245	-	0,007	0,02	0,51	1
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK								
Naftaleen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Fenanthreen	mg/kg ds	0,71	0,71					
Anthracen	mg/kg ds	0,071	0,071					
Fluorantheen	mg/kg ds	1,1	1,1					
Benzo(a)anthracen	mg/kg ds	0,53	0,53					
Chryseen	mg/kg ds	0,5	0,5					
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg ds	0,3	0,3					
Benzo(a)pyreen	mg/kg ds	0,5	0,5					
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg ds	0,35	0,35					
Indeno(123-cd)pyreen	mg/kg ds	0,42	0,42					
PAK VROM (10) (factor 0,7)	mg/kg ds	4,5	4,516	*	0,35	1,5	20,8	40

Legenda								
----------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Nr. Analytico-nr Monster
2 12424946 mm 2: 11.1+12.1+13.1+17.1+21.1+01.1

Eendoordeel: Overschrijding Achtergrondwaarde

Gebruikte afkortingen

- kleiner dan of gelijk aan Achtergrondwaarde
* groter dan Achtergrondwaarde
** groter dan Tussenwaarde
*** groter dan Interventiewaarde

GSSD Gestandaardiseerd gehalte
RG Vereiste Rapportagegrens
AW Achtergrondwaarde
T Tussenwaarde
I Interventiewaarde

Deze toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa.

Zie voor info: <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bbki/instrumenten/botova/>
N.B.: de vermelde tussenwaarde is door PAIS berekend en is niet afkomstig uit BoToVa

BoToVa T12 Toetsing Wbb grond

Projectnummer 2111190
 Projectnaam Kwakkelwei
 Ordernummer 2111190g1
 Datum monstername 25-11-2021

Certificaatnummer 2021192719
 Startdatum 25-11-2021
 Rapportagedatum 02-12-2021

Analyse	Eenheid	3	GSSD	Oordeel	RG	AW	T	I
Bodemtype correctie								
Organische stof		2,7						
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)		10,3						
Voorbehandeling								
Cryogeen malen		Uitgevoerd						
Bodemkundige analyses								
Droge stof	% (m/m)	77,4	77,4					
Organische stof	% (m/m) ds	2,7	2,7					
Gloeirest	% (m/m) ds	97						
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)	% (m/m) ds	10,3	10,3					
Metalen								
Barium (Ba)	mg/kg ds	36	68,47		20	190	555	920
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	0,21	0,3117	-	0,2	0,6	6,8	13
Kobalt (Co)	mg/kg ds	4,8	8,845	-	3	15	103	190
Koper (Cu)	mg/kg ds	11	17,37	-	5	40	115	190
Kwik (Hg)	mg/kg ds	0,11	0,1386	-	0,05	0,15	18,1	36
Molybdeen (Mo)	mg/kg ds	<1,5	1,05	-	1,5	1,5	95,8	190
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	12	20,69	-	4	35	67,5	100
Lood (Pb)	mg/kg ds	38	51,27	*	10	50	290	530
Zink (Zn)	mg/kg ds	80	131,8	-	20	140	430	720
Minerale olie								
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<3,0	7,778					
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	<5,0	12,96					
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	<5,0	12,96					
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	<11	28,52					
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	<5,0	12,96					
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	<6,0	15,56					
Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	<35	90,74	-	35	190	2600	5000
Polychloorbifenylen, PCB								
PCB 28	mg/kg ds	<0,0010	0,0025					
PCB 52	mg/kg ds	<0,0010	0,0025					
PCB 101	mg/kg ds	<0,0010	0,0025					
PCB 118	mg/kg ds	<0,0010	0,0025					
PCB 138	mg/kg ds	<0,0010	0,0025					
PCB 153	mg/kg ds	<0,0010	0,0025					
PCB 180	mg/kg ds	<0,0010	0,0025					
PCB (som 7) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0049	0,0181	-	0,007	0,02	0,51	1
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAH								
Naftaleen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Fenanthreen	mg/kg ds	0,17	0,17					
Anthraceen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Fluorantheen	mg/kg ds	0,31	0,31					
Benzo(a)anthraceen	mg/kg ds	0,14	0,14					
Chryseen	mg/kg ds	0,18	0,18					
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg ds	0,084	0,084					
Benzo(a)pyreen	mg/kg ds	0,15	0,15					
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg ds	0,11	0,11					
Indeno(123-cd)pyreen	mg/kg ds	0,12	0,12					
PAK VROM (10) (factor 0,7)	mg/kg ds	1,3	1,334	-	0,35	1,5	20,8	40

Legenda

Nr. Analytico-nr Monster
 3 12424947 mm 3: 02.1+15.1+05.4+22.1

Eindoordeel: Voldoet aan Achtergrondwaarde

Gebruikte afkortingen

- kleiner dan of gelijk aan Achtergrondwaarde
 * groter dan Achtergrondwaarde
 ** groter dan Tussenwaarde
 *** groter dan Interventiewaarde

GSSD Gestandaardiseerd gehalte
 RG Vereiste Rapportagegrens
 AW Achtergrondwaarde
 T Tussenwaarde
 I Interventiewaarde

Deze toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa.

Zie voor info: <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bbk/instrumenten/botova/>
 N.B.: de vermelde tussenwaarde is door PAIS berekend en is niet afkomstig uit BoToVa

BoToVa T12 Toetsing Wbb grond

Projectnummer 2111190
 Projectnaam Kwakkelwei
 Ordernummer 2111190g1
 Datum monstername 25-11-2021

Certificaatnummer 2021192719
 Startdatum 25-11-2021
 Rapportagedatum 02-12-2021

Analyse	Eenheid	4	GSSD	Oordeel	RG	AW	T	I
Bodemtype correctie								
Organische stof		2,5						
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)		13,9						
Voorbehandeling								
Cryogeen malen		Uitgevoerd						
Bodemkundige analyses								
Droge stof	% (m/m)	76	76					
Organische stof	% (m/m) ds	2,5	2,5					
Gloeirest	% (m/m) ds	97						
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)	% (m/m) ds	13,9	13,9					
Metalen								
Barium (Ba)	mg/kg ds	27	42,06		20	190	555	920
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	<0,20	0,1999	-	0,2	0,6	6,8	13
Kobalt (Co)	mg/kg ds	6	9,165	-	3	15	103	190
Koper (Cu)	mg/kg ds	8,1	11,74	-	5	40	115	190
Kwik (Hg)	mg/kg ds	<0,050	0,042	-	0,05	0,15	18,1	36
Molybdeen (Mo)	mg/kg ds	<1,5	1,05	-	1,5	1,5	95,8	190
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	16	23,43	-	4	35	67,5	100
Lood (Pb)	mg/kg ds	12	15,36	-	10	50	290	530
Zink (Zn)	mg/kg ds	34	49,87	-	20	140	430	720
Minerale olie								
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<3,0	8,4					
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	<5,0	14					
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	<5,0	14					
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	<11	30,8					
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	5,8	23,2					
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	<6,0	16,8					
Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	<35	98	-	35	190	2600	5000
Polychloorbifenylen, PCB								
PCB 28	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 52	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 101	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 118	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 138	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 153	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB 180	mg/kg ds	<0,0010	0,0028					
PCB (som 7) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0049	0,0196	-	0,007	0,02	0,51	1
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAH								
Naftaleen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Fenantheen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Anthraceen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Fluorantheen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Benzo(a)anthraceen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Chryseen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Benzo(a)pyreen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
Indeno(123-cd)pyreen	mg/kg ds	<0,050	0,035					
PAK VROM (10) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,35	0,35	-	0,35	1,5	20,8	40

Legenda

Nr. Analytico-nr Monster
 4 12424948 mm 4: 09.3+09.4+18.3+21.3+01.4

Eindoordeel: Voldoet aan Achtergrondwaarde

Gebruikte afkortingen

- kleiner dan of gelijk aan Achtergrondwaarde
 * groter dan Achtergrondwaarde
 ** groter dan Tussenwaarde
 *** groter dan Interventiewaarde

GSSD Gestandaardiseerd gehalte
 RG Vereiste Rapportagegrens
 AW Achtergrondwaarde
 T Tussenwaarde
 I Interventiewaarde

Deze toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa.

Zie voor info: <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bbk/instrumenten/botova/>

N.B.: de vermelde tussenwaarde is door PAIS berekend en is niet afkomstig uit BoToVa

BoToVa T1 Beoordeling kwaliteit van grond en bagger bij toepassing op of in de landb

Projectnummer 2111190
 Projectnaam Kwakkelwei
 Ordernummer 2111190g1
 Datum monsternamen 25-11-2021

Certificaatnummer 2021192719
 Startdatum 25-11-2021
 Rapportagedatum 02-12-2021

Analyse	Eenheid	1	GSSD	Oordeel	RG Eis	AW	Wonen	Industrie	IW
Bodemtype correctie									
Organische stof		2,5							
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)		8,3							
Voorbehandeling									
Cryogeen malen		Uitgevoerd							
Bodemkundige analyses									
Droge stof	% (m/m)	83,4	83,4						
Organische stof	% (m/m) ds	2,5	2,5						
Gloeirest	% (m/m) ds	97							
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)	% (m/m) ds	8,3	8,3						
Metalen									
Barium (Ba)	mg/kg ds	32	69,37		20				920
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	0,25	0,3844	<=AW	0,2	0,6	1,2	4,3	13
Kobalt (Co)	mg/kg ds	4,6	9,574	<=AW	3	15	35	190	190
Koper (Cu)	mg/kg ds	12	20,11	<=AW	5	40	54	190	190
Kwik (Hg)	mg/kg ds	0,14	0,1819	Wonen	0,05	0,15	0,83	4,8	36
Molybdeen (Mo)	mg/kg ds	<1,5	1,05	<=AW	1,5	1,5	88	190	190
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	11	21,04	<=AW	4	35		100	100
Lood (Pb)	mg/kg ds	32	44,74	<=AW	10	50	210	530	530
Zink (Zn)	mg/kg ds	99	176,2	Wonen	20	140	200	720	720
Minerale olie									
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<3,0	8,4						
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	<5,0	14						
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	<5,0	14						
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	<11	30,8						
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	10	40						
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	<6,0	16,8						
Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	<35	98	<=AW	35	190	190	500	5000
Organo chloorbestrijdingsmiddelen, OCB									
alfa-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	<=AW	0,001	0,001	0,001	0,5	17
beta-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	<=AW	0,001	0,002	0,002	0,5	1,6
gamma-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	<=AW	0,001	0,003	0,04	0,5	1,2
delta-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
Hexachloorbenzeen	mg/kg ds	0,0053	0,0212	Wonen	0,001	0,0085	0,027	1,4	2
Heptachloor	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	<=AW	0,001	0,0007	0,0007	0,1	4
Heptachloorepoxide(cis- of A)	mg/kg ds	0,0047	0,0188						
Heptachloorepoxide(trans- of B)	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
Hexachloorbutadien	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	<=AW	0,001	0,003			
Aldrin	mg/kg ds	0,0053	0,0212		0,001				0,32
Dieldrin	mg/kg ds	0,12	0,48						
Endrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
Isodrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
Telodrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
alfa-Endosulfan	mg/kg ds	<0,0010	0,0028	<=AW	0,001	0,0009	0,0009	0,1	4
beta-Endosulfan	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
Endosulfansulfaat	mg/kg ds	<0,0020	0,0056						
alfa-Chloordaan	mg/kg ds	0,0036	0,0144						
gamma-Chloordaan	mg/kg ds	0,012	0,048						
o,p'-DDT	mg/kg ds	0,018	0,072						
p,p'-DDT	mg/kg ds	0,051	0,204						
o,p'-DDE	mg/kg ds	0,0018	0,0072						
p,p'-DDE	mg/kg ds	0,058	0,232						
o,p'-DDD	mg/kg ds	0,0058	0,0232						
p,p'-DDD	mg/kg ds	0,015	0,06						
HCH (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0021							
Drins (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,13	0,504	Niet toepasbaar	0,001	0,015	0,04	0,14	4
Heptachloorepoxide (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0054	0,0216	Industrie	0,001	0,002	0,002	0,1	4
DDD (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,021	0,0832	Wonen	0,001	0,02	0,84	34	34
DDE (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,06	0,2392	Industrie	0,001	0,1	0,13	1,3	2,3
DDT (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,069	0,276	Industrie	0,001	0,2	0,2	1	1,7
DDX (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,15							
Chloordaan (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,016	0,0624	Industrie	0,001	0,002	0,002	0,1	4
OCB (som) LB (factor 0,7)	mg/kg ds	0,31	1,227	Industrie		0,4			
OCB (som) WB (factor 0,7)	mg/kg ds	0,3							
Polychloorbifenylene, PCB									
PCB 28	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 52	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 101	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 118	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 138	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 153	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 180	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB (som 7) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0049	0,0196	<=AW	0,0049	0,02	0,04	0,5	1
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK									
Naftaleen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Fenanthreen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Anthraceen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Fluorantheen	mg/kg ds	0,081	0,081						
Benzo(a)anthraceen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Chryseen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Benzo(a)pyreen	mg/kg ds	0,058	0,058						
Benzo(ghi)perylene	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Indeno(123-cd)pyreen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
PAK VROM (10) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,42	0,419	<=AW	0,5	1,5	6,8	40	40

Legenda

Nr. Analytico-nr Monster
 1 12424945 mm 1: 03.1+09.1+14.1+16.1+18.1+25.1+24.1

Eendoordeel: Niet Toepasbaar > Industrie

Gebruikte afkortingen

GSSD Gestandaardiseerd gehalte
 AW Achtergrondwaarde
 <= AW kleiner dan of gelijk aan Achtergrondwaarde
 RG Eis Vereiste rapportagegrens
 IW Interventiewaarde

Deze toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa.

Zie voor info: <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bbk/instrumenten/botova/>

BoToVa T1 Beoordeling kwaliteit van grond en bagger bij toepassing op of in de landb

Projectnummer	2111190
Projectnaam	Kwakkelwei
Ordernummer	2111190g1
	25-11-2021
Monste	
Certificaatnummer	2021192719
Startdatum	25-11-2021
Rapportagedatum	02-12-2021

Analyse	Eenheid	2	GSSD	Oordeel	RG Eis	AW	Wonen	Industrie	IW
Bodemtype correctie									
Organische stof		2							
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)		7,3							
Voorbehandeling									
Cryogeen malen		Uitgevoerd							
Bodemkundige analyses									
Droge stof	% (m/m)	83,8	83,8						
Organische stof	% (m/m) ds	2	2						
Gloeirest	% (m/m) ds	97							
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)	% (m/m) ds	7,3	7,3						
Metalen									
Barium (Ba)	mg/kg ds	27	62,93		20				920
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	0,22	0,3502	<=AW	0,2	0,6	1,2	4,3	13
Kobalt (Co)	mg/kg ds	4,7	10,46	<=AW	3	15	35	190	190
Koper (Cu)	mg/kg ds	11	19,24	<=AW	5	40	54	190	190
Kwik (Hg)	mg/kg ds	0,15	0,1985	Wonen	0,05	0,15	0,83	4,8	36
Molybdeen (Mo)	mg/kg ds	<1,5	1,05	<=AW	1,5	1,5	88	190	190
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	10	20,23	<=AW	4	35		100	100
Lood (Pb)	mg/kg ds	28	40,13	<=AW	10	50	210	530	530
Zink (Zn)	mg/kg ds	61	114	<=AW	20	140	200	720	720
Minerale olie									
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<3,0	10,5						
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	<5,0	17,5						
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	<5,0	17,5						
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	<11	38,5						
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	10	50						
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	<6,0	21						
Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	<35	122,5	<=AW	35	190	190	500	5000
Organo chloorbestrijdingsmiddelen, OCB									
alfa-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	<=AW	0,001	0,001	0,001	0,5	17
beta-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	<=AW	0,001	0,002	0,002	0,5	1,6
gamma-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	<=AW	0,001	0,003	0,04	0,5	1,2
delta-HCH	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
Hexachloorbenzeen	mg/kg ds	0,0067	0,0335	Industrie	0,001	0,0085	0,027	1,4	2
Heptachloor	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	<=AW	0,001	0,0007	0,0007	0,1	4
Heptachloorepoxide(cis- of A)	mg/kg ds	0,0056	0,028						
Heptachloorepoxide(trans- of B)	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
Hexachloorbutadien	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	<=AW	0,001	0,003			
Aldrin	mg/kg ds	0,0045	0,0225		0,001				0,32
Dieldrin	mg/kg ds	0,093	0,465						
Endrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
Isodrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
Telodrin	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
alfa-Endosulfan	mg/kg ds	<0,0010	0,0035	<=AW	0,001	0,0009	0,0009	0,1	4
beta-Endosulfan	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
Endosulfansulfaat	mg/kg ds	<0,0020	0,007						
alfa-Chloordaan	mg/kg ds	0,0039	0,0195						
gamma-Chloordaan	mg/kg ds	0,014	0,07						
o,p'-DDT	mg/kg ds	0,012	0,06						
p,p'-DDT	mg/kg ds	0,042	0,21						
o,p'-DDE	mg/kg ds	0,0016	0,008						
p,p'-DDE	mg/kg ds	0,055	0,275						
o,p'-DDD	mg/kg ds	0,0047	0,0235						
p,p'-DDD	mg/kg ds	0,016	0,08						
HCH (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0021							
Drins (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,098	0,491	Niet toepasbaar	0,001	0,015	0,04	0,14	4
Heptachloorepoxide (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0063	0,0315	Industrie	0,001	0,002	0,002	0,1	4
DDD (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,02	0,1035	Wonen	0,001	0,02	0,84	34	34
DDE (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,057	0,283	Industrie	0,001	0,1	0,13	1,3	2,3
DDT (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,054	0,27	Industrie	0,001	0,2	0,2	1	1,7
DDX (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,13							
Chloordaan (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,018	0,0895	Industrie	0,001	0,002	0,002	0,1	4
OCB (som) LB (factor 0,7)	mg/kg ds	0,26	1,327	Industrie		0,4			
OCB (som) WB (factor 0,7)	mg/kg ds	0,26							
Polychloorbifenylene, PCB									
PCB 28	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
PCB 52	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
PCB 101	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
PCB 118	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
PCB 138	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
PCB 153	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
PCB 180	mg/kg ds	<0,0010	0,0035						
PCB (som 7) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0049	0,0245	<=AW	0,0049	0,02	0,04	0,5	1
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK									
Naftaleen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Fenanthreen	mg/kg ds	0,71	0,71						
Anthraceen	mg/kg ds	0,071	0,071						
Fluorantheen	mg/kg ds	1,1	1,1						
Benzo(a)anthraceen	mg/kg ds	0,53	0,53						
Chryseen	mg/kg ds	0,5	0,5						
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg ds	0,3	0,3						
Benzo(a)pyreen	mg/kg ds	0,5	0,5						
Benzo(ghi)perylene	mg/kg ds	0,35	0,35						
Indeno(123-cd)pyreen	mg/kg ds	0,42	0,42						
PAK VROM (10) (factor 0,7)	mg/kg ds	4,5	4,516	Wonen	0,5	1,5	6,8	40	40

Legenda

Nr.	Analytico-nr	Monster
2	12424946	mm 2: 11.1+12.1+13.1+17.1+21.1+01.1

Indoordeel: Niet Toepasbaar > Industrie

Gebruikte afkortingen

GSSD	Gestandaardiseerd gehalte
AW	Achtergrondwaarde
<= AW	kleiner dan of gelijk aan Achtergrondwaarde
RG Eis	Vereiste rapportagegrens
IW	Interventiewaarde

Deze toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa.

Zie voor info: <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bbk/instrumenten/botova/>

BoToVa T1 Beoordeling kwaliteit van grond en bagger bij toepassing op of in de lan

Projectnummer 2111190
 Projectnaam Kwakkelwei
 Ordernummer 2111190g1
 Datum monstername 25-11-2021

 Certificaatnummer 2021192719
 Startdatum 25-11-2021
 Rapportagedatum 02-12-2021

Analyse	Eenheid	3	GSSD	Oordeel	RG Eis	AW	Wonen	Industrie	IW
Bodemtype correctie									
Organische stof		2,7							
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)		10,3							
Voorbehandeling									
Cryogeen malen		Uitgevoerd							
Bodemkundige analyses									
Droge stof	% (m/m)	77,4	77,4						
Organische stof	% (m/m) ds	2,7	2,7						
Gloeirest	% (m/m) ds	97							
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)	% (m/m) ds	10,3	10,3						
Metalen									
Barium (Ba)	mg/kg ds	36	68,47		20				920
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	0,21	0,3117	<=AW	0,2	0,6	1,2	4,3	13
Kobalt (Co)	mg/kg ds	4,8	8,845	<=AW	3	15	35	190	190
Koper (Cu)	mg/kg ds	11	17,37	<=AW	5	40	54	190	190
Kwik (Hg)	mg/kg ds	0,11	0,1386	<=AW	0,05	0,15	0,83	4,8	36
Molybdeen (Mo)	mg/kg ds	<1,5	1,05	<=AW	1,5	1,5	88	190	190
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	12	20,69	<=AW	4	35		100	100
Lood (Pb)	mg/kg ds	38	51,27	Wonen	10	50	210	530	530
Zink (Zn)	mg/kg ds	80	131,8	<=AW	20	140	200	720	720
Minerale olie									
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<3,0	7,778						
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	<5,0	12,96						
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	<5,0	12,96						
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	<11	28,52						
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	<5,0	12,96						
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	<6,0	15,56						
Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	<35	90,74	<=AW	35	190	190	500	5000
Polychloorbifenylen, PCB									
PCB 28	mg/kg ds	<0,0010	0,0025						
PCB 52	mg/kg ds	<0,0010	0,0025						
PCB 101	mg/kg ds	<0,0010	0,0025						
PCB 118	mg/kg ds	<0,0010	0,0025						
PCB 138	mg/kg ds	<0,0010	0,0025						
PCB 153	mg/kg ds	<0,0010	0,0025						
PCB 180	mg/kg ds	<0,0010	0,0025						
PCB (som 7) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0049	0,0181	<=AW	0,0049	0,02	0,04	0,5	1
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAH									
Naftaleen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Fenanthreen	mg/kg ds	0,17	0,17						
Anthraceen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Fluorantheen	mg/kg ds	0,31	0,31						
Benzo(a)anthraceen	mg/kg ds	0,14	0,14						
Chryseen	mg/kg ds	0,18	0,18						
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg ds	0,084	0,084						
Benzo(a)pyreen	mg/kg ds	0,15	0,15						
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg ds	0,11	0,11						
Indeno(123-cd)pyreen	mg/kg ds	0,12	0,12						
PAK VROM (10) (factor 0,7)	mg/kg ds	1,3	1,334	<=AW	0,5	1,5	6,8	40	40

Legenda

Nr. Analytico-nr Monster
 3 12424947 mm 3: 02.1+15.1+05.4+22.1

Eindoordeel: Altijd toepasbaar

Gebruikte afkortingen

GSSD Gestandaardiseerd gehalte
 AW Achtergrondwaarde
 <= AW kleiner dan of gelijk aan Achtergrondwaarde
 RG Eis Vereiste rapportagegrens
 IW Interventiewaarde

Deze toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa.

Zie voor info: <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bbk/instrumenten/botova/>

BoToVa T1 Beoordeling kwaliteit van grond en bagger bij toepassing op of in de lan

Projectnummer 2111190
Projectnaam Kwakkelwei
Ordernummer 2111190g1

Certificaatnummer 2021192719
Startdatum 25-11-2021
Rapportagedatum 02-12-2021

Analyse	Eenheid	4	GSSD	Oordeel	RG Eis	AW	Wonen	Industrie	IW
Bodemtype correctie									
Organische stof		2,5							
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)		13,9							
Voorbehandeling									
Cryogeen malen		Uitgevoerd							
Bodemkundige analyses									
Droge stof	% (m/m)	76	76						
Organische stof	% (m/m) ds	2,5	2,5						
Gloeirest	% (m/m) ds	97							
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)	% (m/m) ds	13,9	13,9						
Metalen									
Barium (Ba)	mg/kg ds	27	42,06		20				920
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	<0,20	0,1999	<=AW	0,2	0,6	1,2	4,3	13
Kobalt (Co)	mg/kg ds	6	9,165	<=AW	3	15	35	190	190
Koper (Cu)	mg/kg ds	8,1	11,74	<=AW	5	40	54	190	190
Kwik (Hg)	mg/kg ds	<0,050	0,042	<=AW	0,05	0,15	0,83	4,8	36
Molybdeen (Mo)	mg/kg ds	<1,5	1,05	<=AW	1,5	1,5	88	190	190
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	16	23,43	<=AW	4	35		100	100
Lood (Pb)	mg/kg ds	12	15,36	<=AW	10	50	210	530	530
Zink (Zn)	mg/kg ds	34	49,87	<=AW	20	140	200	720	720
Minerale olie									
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<3,0	8,4						
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	<5,0	14						
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	<5,0	14						
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	<11	30,8						
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	5,8	23,2						
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	<6,0	16,8						
Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	<35	98	<=AW	35	190	190	500	5000
Polychloorbifenylen, PCB									
PCB 28	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 52	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 101	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 118	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 138	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 153	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB 180	mg/kg ds	<0,0010	0,0028						
PCB (som 7) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,0049	0,0196	<=AW	0,0049	0,02	0,04	0,5	1
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAH									
Naftaleen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Fenantheen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Anthraceen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Fluorantheen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Benzo(a)anthraceen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Chryseen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Benzo(a)pyreen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
Indeno(123-cd)pyreen	mg/kg ds	<0,050	0,035						
PAK VROM (10) (factor 0,7)	mg/kg ds	0,35	0,35	<=AW	0,5	1,5	6,8	40	40

Legenda

Nr. Analytico-nr Monster
4 12424948 mm 4: 09.3+09.4+18.3+21.3+01.4

Eindoordeel: Altijd toepasbaar

Gebruikte afkortingen
GSSD Gestandaardiseerd gehalte
AW Achtergrondwaarde
<= AW kleiner dan of gelijk aan Achtergrondwaarde
RG Eis Vereiste rapportagegrens
IW Interventiewaarde

Deze toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa.

Zie voor info: <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bbk/instrumenten/botova/>

BoToVa T12 Toetsing Wbb grond

Uw projectnummer 2111190
 Projectnaam Kwakkelwei
 Ordernummer 2111190g2

Certificaatnummer 2021192721
 Startdatum 25-11-2021
 Rapportagedatum 02-12-2021

Analyse	Eenheid	1	GSSD	Oordeel	2	GSSD	Oordeel	3	GSSD	Oordeel	4	GSSD	Oordeel
Bodemtype correctie													
Organische stof		4,8			2,4			3,1			2,7		
Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)		25		#	25		#	25		#	25		#
Voorbehandeling													
Cryogeen malen		Uitgevoerd			Uitgevoerd			Uitgevoerd			Uitgevoerd		
Bodemkundige analyses													
Droge stof	% (m/m)	69,4	69,4		75,9	75,9		72,3	72,3		74	74	
Organische stof	% (m/m) ds	4,8	4,8		2,4	2,4		3,1	3,1		2,7	2,7	
Gloeirest	% (m/m) ds	95			97			97			97		
Minerale olie													
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<3,0	4,375		48	200		4,7	15,16		<3,0	7,778	
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	<5,0	7,292		51	212,5		5,5	17,74		<5,0	12,96	
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	<5,0	7,292		<5,0	14,58		<5,0	11,29		<5,0	12,96	
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	<11	16,04		<11	32,08		<11	24,84		<11	28,52	
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	6,1	12,71		<5,0	14,58		<5,0	11,29		<5,0	12,96	
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	<6,0	8,75		<6,0	17,5		<6,0	13,55		<6,0	15,56	
Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	<35	51,04	-	110	458,3	*	<35	79,03	-	<35	90,74	-
Chromatogram olie (GC)					Zie bijl.								

Legenda			
Nr.	Analytico-nr	Monster	BoToVa Oordeel
1	12424956	1[80-110]: 01.3	Voldoet aan Achtergrondwaarde
2	12424957	10[80-110]: 10.3	Overschrijding Achtergrondwaarde
3	12424958	08[90-110]: 08.3	Voldoet aan Achtergrondwaarde
4	12424959	mm 5 [80-150]: 23.3+24.3+25.3	Voldoet aan Achtergrondwaarde

Verklaring van de gebruikte tekens:

- kleiner dan of gelijk aan de Achtergrondwaarde
 * groter dan Achtergrondwaarde
 ** groter dan Tussenwaarde
 *** groter dan Interventiewaarde

Deze toetsing is m.b.v. BoToVa uitgevoerd.

Zie voor info: <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bbk/instrumenten/botova/>

BoToVa T13 Toetsing Wbb grondwater (ondiep)

Projectnummer 2111190
 Projectnaam Kwakkelwei
 Ordernummer 2111190w1
 Datum monstername 07-12-2021

Certificaatnummer 2021200347
 Startdatum 08-12-2021
 Rapportagedatum 10-12-2021

Analyse	Eenheid	1	GSSD	Oordeel	RG	S	T	I
Metalen								
Barium (Ba)	µg/L	78	78	*	20	50	338	625
Cadmium (Cd)	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	0,4	3,2	6
Kobalt (Co)	µg/L	<2,0	1,4	-	2	20	60	100
Koper (Cu)	µg/L	<2,0	1,4	-	2	15	45	75
Kwik (Hg)	µg/L	<0,050	0,035	-	0,05	0,05	0,175	0,3
Molybdeen (Mo)	µg/L	<2,0	1,4	-	2	5	153	300
Nikkel (Ni)	µg/L	<3,0	2,1	-	3	15	45	75
Lood (Pb)	µg/L	<2,0	1,4	-	2	15	45	75
Zink (Zn)	µg/L	<10	7	-	10	65	433	800
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen								
Benzeen	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	0,2	15,1	30
Tolueen	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	7	504	1000
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	4	77	150
o-Xyleen	µg/L	<0,10	0,07	-	-	-	-	-
m,p-Xyleen	µg/L	<0,20	0,14	-	-	-	-	-
Xylenen (som) factor 0,7	µg/L	0,21	0,21	-	0,2	0,2	35,1	70
BTEX (som)	µg/L	<0,90	-	-	-	-	-	-
Naftaleen	µg/L	<0,020	0,014	-	0,02	0,01	35	70
Styreen	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	6	153	300
Vluchtige organische halogeenkoolwaterstoffen								
Dichloormethaan	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	0,01	500	1000
Trichloormethaan	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	6	203	400
Tetrachloormethaan	µg/L	<0,10	0,07	-	0,1	0,01	5	10
Trichlooretheen	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	24	262	500
Tetrachlooretheen	µg/L	<0,10	0,07	-	0,1	0,01	20	40
1,1-Dichloorethaan	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	7	454	900
1,2-Dichloorethaan	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	7	204	400
1,1,1-Trichloorethaan	µg/L	<0,10	0,07	-	0,1	0,01	150	300
1,1,2-Trichloorethaan	µg/L	<0,10	0,07	-	0,1	0,01	65	130
cis 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<0,10	0,07	-	-	-	-	-
trans 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<0,10	0,07	-	-	-	-	-
CKW (som)	µg/L	<1,6	-	-	-	-	-	-
Tribroommethaan	µg/L	<0,20	0,14	-	-	-	-	630
Vinylchloride	µg/L	<0,10	0,07	-	0,2	0,01	2,5	5
1,1-Dichlooretheen	µg/L	<0,10	0,07	-	0,1	0,01	5	10
1,2-Dichloorethenen (Som) factor 0,7	µg/L	0,14	0,14	-	0,2	0,01	10	20
1,1-Dichloorpropan	µg/L	<0,20	0,14	-	-	-	-	-
1,2-Dichloorpropan	µg/L	<0,20	0,14	-	-	-	-	-
1,3-Dichloorpropan	µg/L	<0,20	0,14	-	-	-	-	-
Dichloorpropanen som factor 0.7	µg/L	0,42	0,42	-	0,6	0,8	40,4	80
Minerale olie								
Minerale olie (C10-C12)	µg/L	15	15	-	-	-	-	-
Minerale olie (C12-C16)	µg/L	13	13	-	-	-	-	-
Minerale olie (C16-C21)	µg/L	<10	7	-	-	-	-	-
Minerale olie (C21-C30)	µg/L	<15	10,5	-	-	-	-	-
Minerale olie (C30-C35)	µg/L	<10	7	-	-	-	-	-
Minerale olie (C35-C40)	µg/L	<10	7	-	-	-	-	-
Minerale olie totaal (C10-C40)	µg/L	<50	35	-	50	50	325	600
Extra parameters								
som 16 aromatische oplosmiddelen	µg/L	-	0,77	Geen oordeel mogelijk	-	-	-	-

Legenda

Nr. Analytico-nr Monster
 1 12449904 Pb 10: 10-PB1

Indoordeel: Overschrijding Streefwaarde

Gebruikte afkortingen

- kleiner dan of gelijk aan Streefwaarde
 * groter dan Streefwaarde
 ** groter dan Tussenwaarde
 *** groter dan Interventiewaarde

GSSD Gestandaardiseerd gehalte
 RG Vereiste Rapportagegrens
 S Streefwaarde
 T Tussenwaarde
 I Interventiewaarde

Deze toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa.

Zie voor info: <http://www.wsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bbk/instrumenten/botova/>

N.B.: de vermelde tussenwaarde is door PAIS berekend en is niet afkomstig uit BoToVa

BoToVa T13 Toetsing Wbb grondwater (ondiep)

Projectnummer 2111190
 Projectnaam Kwakkelwei
 Ordernummer 2111190w1
 Datum monstername 07-12-2021

Certificaatnummer 2021200347
 Startdatum 08-12-2021
 Rapportagedatum 10-12-2021

Analyse	Eenheid	2	GSSD	Oordeel	RG	S	T	I
Metalen								
Barium (Ba)	µg/L	45	45	-	20	50	338	625
Cadmium (Cd)	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	0,4	3,2	6
Kobalt (Co)	µg/L	<2,0	1,4	-	2	20	60	100
Koper (Cu)	µg/L	<2,0	1,4	-	2	15	45	75
Kwik (Hg)	µg/L	<0,050	0,035	-	0,05	0,05	0,175	0,3
Molybdeen (Mo)	µg/L	<2,0	1,4	-	2	5	153	300
Nikkel (Ni)	µg/L	7,2	7,2	-	3	15	45	75
Lood (Pb)	µg/L	<2,0	1,4	-	2	15	45	75
Zink (Zn)	µg/L	17	17	-	10	65	433	800
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen								
Benzeen	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	0,2	15,1	30
Tolueen	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	7	504	1000
Ethylbenzeen	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	4	77	150
o-Xyleen	µg/L	<0,10	0,07	-	-	-	-	-
m,p-Xyleen	µg/L	<0,20	0,14	-	-	-	-	-
Xylenen (som) factor 0,7	µg/L	0,21	0,21	-	0,2	0,2	35,1	70
BTEX (som)	µg/L	<0,90	-	-	-	-	-	-
Naftaleen	µg/L	<0,020	0,014	-	0,02	0,01	35	70
Styreen	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	6	153	300
Vluchtige organische halogeenkoolwaterstoffen								
Dichloormethaan	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	0,01	500	1000
Trichloormethaan	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	6	203	400
Tetrachloormethaan	µg/L	<0,10	0,07	-	0,1	0,01	5	10
Trichlooretheen	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	24	262	500
Tetrachlooretheen	µg/L	<0,10	0,07	-	0,1	0,01	20	40
1,1-Dichloorethaan	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	7	454	900
1,2-Dichloorethaan	µg/L	<0,20	0,14	-	0,2	7	204	400
1,1,1-Trichloorethaan	µg/L	<0,10	0,07	-	0,1	0,01	150	300
1,1,2-Trichloorethaan	µg/L	<0,10	0,07	-	0,1	0,01	65	130
cis 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<0,10	0,07	-	-	-	-	-
trans 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<0,10	0,07	-	-	-	-	-
CKW (som)	µg/L	<1,6	-	-	-	-	-	-
Tribroommethaan	µg/L	<0,20	0,14	-	-	-	-	630
Vinylchloride	µg/L	<0,10	0,07	-	0,2	0,01	2,5	5
1,1-Dichlooretheen	µg/L	<0,10	0,07	-	0,1	0,01	5	10
1,2-Dichloorethenen (Som) factor 0,7	µg/L	0,14	0,14	-	0,2	0,01	10	20
1,1-Dichloorpropan	µg/L	<0,20	0,14	-	-	-	-	-
1,2-Dichloorpropan	µg/L	<0,20	0,14	-	-	-	-	-
1,3-Dichloorpropan	µg/L	<0,20	0,14	-	-	-	-	-
Dichloorpropanen som factor 0.7	µg/L	0,42	0,42	-	0,6	0,8	40,4	80
Minerale olie								
Minerale olie (C10-C12)	µg/L	<10	7	-	-	-	-	-
Minerale olie (C12-C16)	µg/L	<10	7	-	-	-	-	-
Minerale olie (C16-C21)	µg/L	<10	7	-	-	-	-	-
Minerale olie (C21-C30)	µg/L	<15	10,5	-	-	-	-	-
Minerale olie (C30-C35)	µg/L	<10	7	-	-	-	-	-
Minerale olie (C35-C40)	µg/L	<10	7	-	-	-	-	-
Minerale olie totaal (C10-C40)	µg/L	<50	35	-	50	50	325	600
Extra parameters								
som 16 aromatische oplosmiddelen	µg/L	-	0,77	Geen oordeel mogelijk	-	-	-	-

Legenda

Nr. Analytico-nr Monster
 2 12449905 Pb 18: 18-PB1

Eindoordeel: Voldoet aan Streefwaarde

Gebruikte afkortingen

- kleiner dan of gelijk aan Streefwaarde
 * groter dan Streefwaarde
 ** groter dan Tussenwaarde
 *** groter dan Interventiewaarde

GSSD Gestandaardiseerd gehalte
 RG Vereiste Rapportagegrens
 S Streefwaarde
 T Tussenwaarde
 I Interventiewaarde

Deze toetsing is uitgevoerd met behulp van BoToVa.

Zie voor info: <http://www.wsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bbk/instrumenten/botova/>

N.B.: de vermelde tussenwaarde is door PAIS berekend en is niet afkomstig uit BoToVa

Bijlage 5: Analysecertificaten

Analysecertificaat

Datum: 08-Dec-2021

Hierbij ontvangt u de resultaten van het navolgende laboratoriumonderzoek.

Certificaatnummer/Versie	2021192719/2
Uw project/verslagnummer	2111190
Uw projectnaam	Kwakkelwei
Uw ordernummer	2111190g1
Monster(s) ontvangen	25-Nov-2021

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.
De analyse resultaten hebben alleen betrekking op het beproefde object.

De grondmonsters worden tot 4 weken na datum ontvangst bewaard en watermonsters tot 2 weken na datum ontvangst. Zonder tegenbericht worden de monsters nadien afgevoerd.

Indien de monsters langer bewaard dienen te blijven verzoeken wij U dit exemplaar uiterlijk 1 werkdag voor afloop van de standaardbewaarperiode ondertekend aan ons te retourneren. Voor de kosten van het langer bewaren van monsters verwijzen wij naar de prijslijst.

Bewaren tot:

Datum:

Naam:

Handtekening:

Analysecertificaat

Uw project/verslagnummer 2111190
Uw projectnaam Kwakkelwei
Uw ordernummer 2111190g1

Certificaatnummer/Versie 2021192719/2
Startdatum analyse 25-Nov-2021
Datum einde analyse 02-Dec-2021
Rapportagedatum 08-Dec-2021/11:18
Bijlage A, B, C
Pagina 1/3

Analyse	Eenheid	1	2	3	4
Voorbehandeling					
Cryogeen malen		Uitgevoerd	Uitgevoerd	Uitgevoerd	Uitgevoerd
Bodemkundige analyses					
S Droge stof	% (m/m)	83.4	83.8	77.4	76.0
S Organische stof	% (m/m) ds	2.5	2.0	2.7	2.5
Gloeirest	% (m/m) ds	97	97	97	97
S Korrelgrootte < 2 µm (Lutum)	% (m/m) ds	8.3	7.3	10.3	13.9
Metalen					
S Barium (Ba)	mg/kg ds	32	27	36	27
S Cadmium (Cd)	mg/kg ds	0.25	0.22	0.21	<0.20
S Kobalt (Co)	mg/kg ds	4.6	4.7	4.8	6.0
S Koper (Cu)	mg/kg ds	12	11	11	8.1
S Kwik (Hg)	mg/kg ds	0.14	0.15	0.11	<0.050
S Molybdeen (Mo)	mg/kg ds	<1.5	<1.5	<1.5	<1.5
S Nikkel (Ni)	mg/kg ds	11	10	12	16
S Lood (Pb)	mg/kg ds	32	28	38	12
S Zink (Zn)	mg/kg ds	99	61	80	34
Minerale olie					
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	<11	<11	<11	<11
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	10	10.0	<5.0	5.8
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0
S Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	<35	<35	<35	<35
Organo chloorbestrijdingsmiddelen, OCB					
S alfa-HCH	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		
S beta-HCH	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		
S gamma-HCH	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		
S delta-HCH	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		

Nr.	Uw monsteromschrijving	Opgegeven monsternatrix	Monster nr.
1	mm 1: 03.1+09.1+14.1+16.1+18.1+25.1+24.1	Grond (AS3000)	12424945
2	mm 2: 11.1+12.1+13.1+17.1+21.1+01.1	Grond (AS3000)	12424946
3	mm 3: 02.1+15.1+05.4+22.1	Grond (AS3000)	12424947
4	mm 4: 09.3+09.4+18.3+21.3+01.4	Grond (AS3000)	12424948

Analysecertificaat

Uw project/verslagnummer 2111190
 Uw projectnaam Kwakkelwei
 Uw ordernummer 2111190g1

Certificaatnummer/Versie 2021192719/2
 Startdatum analyse 25-Nov-2021
 Datum einde analyse 02-Dec-2021
 Rapportagedatum 08-Dec-2021/11:18
 Bijlage A, B, C
 Pagina 2/3

Analyse	Eenheid	1	2	3	4
S Hexachloorbenzeen	mg/kg ds	0.0053	0.0067		
S Heptachloor	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		
S Heptachloorepoxide(cis- of A)	mg/kg ds	0.0047	0.0056		
S Heptachloorepoxide(trans- of B)	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		
S Hexachloorbutadien	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		
S Aldrin	mg/kg ds	0.0053	0.0045		
S Dieldrin	mg/kg ds	0.12	0.093		
S Endrin	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		
S Isodrin	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		
S Telodrin	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		
S alfa-Endosulfan	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		
Q beta-Endosulfan	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010		
S Endosulfansulfaat	mg/kg ds	<0.0020	<0.0020		
S alfa-Chloordaan	mg/kg ds	0.0036	0.0039		
S gamma-Chloordaan	mg/kg ds	0.012	0.014		
S o,p'-DDT	mg/kg ds	0.018	0.012		
S p,p'-DDT	mg/kg ds	0.051	0.042		
S o,p'-DDE	mg/kg ds	0.0018	0.0016		
S p,p'-DDE	mg/kg ds	0.058	0.055		
S o,p'-DDD	mg/kg ds	0.0058	0.0047		
S p,p'-DDD	mg/kg ds	0.015	0.016		
S HCH (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0.0021 ¹⁾	0.0021 ¹⁾		
S Drins (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0.13	0.098		
S Heptachloorepoxide (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0.0054	0.0063		
S DDD (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0.021	0.020		
S DDE (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0.060	0.057		
S DDT (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0.069	0.054		
S DDX (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0.15	0.13		
S Chloordaan (som) (factor 0,7)	mg/kg ds	0.016	0.018		
S OCB (som) LB (factor 0,7)	mg/kg ds	0.31	0.26		
S OCB (som) WB (factor 0,7)	mg/kg ds	0.30	0.26		

Nr.	Uw monsteromschrijving	Opgegeven monsternatrix	Monster nr.
1	mm 1: 03.1+09.1+14.1+16.1+18.1+25.1+24.1	Grond (AS3000)	12424945
2	mm 2: 11.1+12.1+13.1+17.1+21.1+01.1	Grond (AS3000)	12424946
3	mm 3: 02.1+15.1+05.4+22.1	Grond (AS3000)	12424947
4	mm 4: 09.3+09.4+18.3+21.3+01.4	Grond (AS3000)	12424948

Analysecertificaat

Uw project/verslagnummer 2111190
Uw projectnaam Kwakkelwei
Uw ordernummer 2111190g1

Certificaatnummer/Versie 2021192719/2
Startdatum analyse 25-Nov-2021
Datum einde analyse 02-Dec-2021
Rapportagedatum 08-Dec-2021/11:18
Bijlage A, B, C
Pagina 3/3

Analyse	Eenheid	1	2	3	4
Polychloorbifenylen, PCB					
S PCB 28	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
S PCB 52	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
S PCB 101	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
S PCB 118	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
S PCB 138	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
S PCB 153	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
S PCB 180	mg/kg ds	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
S PCB (som 7) (factor 0,7)	mg/kg ds	0.0049 ¹⁾	0.0049 ¹⁾	0.0049 ¹⁾	0.0049 ¹⁾
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK					
S Naftaleen	mg/kg ds	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
S Fenanthreen	mg/kg ds	<0.050	0.71	0.17	<0.050
S Anthraceen	mg/kg ds	<0.050	0.071	<0.050	<0.050
S Fluorantheen	mg/kg ds	0.081	1.1	0.31	<0.050
S Benzo(a)anthraceen	mg/kg ds	<0.050	0.53	0.14	<0.050
S Chryseen	mg/kg ds	<0.050	0.50	0.18	<0.050
S Benzo(k)fluorantheen	mg/kg ds	<0.050	0.30	0.084	<0.050
S Benzo(a)pyreen	mg/kg ds	0.058	0.50	0.15	<0.050
S Benzo(ghi)peryleen	mg/kg ds	<0.050	0.35	0.11	<0.050
S Indeno(123-cd)pyreen	mg/kg ds	<0.050	0.42	0.12	<0.050
S PAK VROM (10) (factor 0,7)	mg/kg ds	0.42	4.5	1.3	0.35 ¹⁾

Bijlage (A) met de opgegeven deelmonsterinformatie behorende bij het analysecertificaat. 2021192719/2

Pagina 1/1

Monster nr.	Uw monsteromschrijving				
Barcode	Boornr	Van	Tot	Uw datum monstername	Monsteromsch./Monstername ID
12424945	mm 1: 03.1+09.1+14.1+16.1+18.1+25.1+24.1				
3995000AA	09.1(0-40)	0	40	25-Nov-2021	
3995534AA	18.1(0-30)	0	30	25-Nov-2021	
3995508AA	14.1(0-30)	0	30	25-Nov-2021	
3995528AA	16.1(0-50)	0	50	25-Nov-2021	
3995054AA	24.1(0-50)	0	50	25-Nov-2021	
3995058AA	25.1(0-40)	0	40	25-Nov-2021	
3995600AA	03.1(0-50)	0	50	25-Nov-2021	
12424946	mm 2: 11.1+12.1+13.1+17.1+21.1+01.1				
3995850AA	01.1(0-50)	0	50	25-Nov-2021	
3995788AA	11.1(0-50)	0	50	25-Nov-2021	
3995537AA	13.1(0-50)	0	50	25-Nov-2021	
3995542AA	12.1(0-30)	0	30	25-Nov-2021	
3995535AA	17.1(0-50)	0	50	25-Nov-2021	
3994998AA	21.1(0-30)	0	30	25-Nov-2021	
12424947	mm 3: 02.1+15.1+05.4+22.1				
3995608AA	02.1(0-50)	0	50	25-Nov-2021	
3995614AA	05.4(60-110)	60	110	25-Nov-2021	
3995533AA	15.1(0-30)	0	30	25-Nov-2021	
3995596AA	22.1(0-30)	0	30	25-Nov-2021	
12424948	mm 4: 09.3+09.4+18.3+21.3+01.4				
3995001AA	01.4(110-160)	110	160	25-Nov-2021	
3995540AA	09.3(90-110)	90	110	25-Nov-2021	
3995544AA	09.4(110-160)	110	160	25-Nov-2021	
3995532AA	18.3(70-110)	70	110	25-Nov-2021	
3995055AA	21.3(70-110)	70	110	25-Nov-2021	

Bijlage (B) met opmerkingen behorende bij analysecertificaat 2021192719/2

Pagina 1/1

Algemene opmerking behorende bij analysecertificaat

Herziene versie in verband met gecorrigeerde Zink (Zn) resultaat monster 12424945. d.d. 08-12-2021.

Dit analysecertificaat vervangt eerder uitgegeven certifica(a)t(en) met een lager versienummer

Opmerking 1)

De toetswaarde van de som is gelijk aan de sommatie van $0,7 \cdot R_G$

Bijlage (C) met methodeverwijzingen behorende bij analysecertificaat 2021192719/2

Pagina 1/1

Analyse	Methode	Techniek	Methode referentie
Voorbehandeling			
Cryogeen malen	W0106	Voorbehandeling	AS3000
Bodemkundige analyses			
Droge Stof	W0104	Gravimetrie	pb 3010-2 en NEN-EN 15934
Organische stof (gloeiverlies)	W0109	Gravimetrie	pb 3010-3 en NEN 5754
Korrelgrootte < 2 µm (lutum)	W0171	Sedimentatie	pb 3010-4 en NEN 5753
Metalen			
Barium (Ba)	W0423	ICP-MS	pb 3010-5 en NEN-EN-ISO 17294-2
Cadmium (Cd)	W0423	ICP-MS	pb 3010-5 en NEN-EN-ISO 17294-2
Kobalt (Co)	W0423	ICP-MS	pb 3010-5 en NEN-EN-ISO 17294-2
Koper (Cu)	W0423	ICP-MS	pb 3010-5 en NEN-EN-ISO 17294-2
Kwik (Hg)	W0423	ICP-MS	pb 3010-5 en NEN-EN-ISO 17294-2
Molybdeen (Mo)	W0423	ICP-MS	pb 3010-5 en NEN-EN-ISO 17294-2
Nikkel (Ni)	W0423	ICP-MS	pb 3010-5 en NEN-EN-ISO 17294-2
Lood (Pb)	W0423	ICP-MS	pb 3010-5 en NEN-EN-ISO 17294-2
Zink (Zn)	W0423	ICP-MS	pb 3010-5 en NEN-EN-ISO 17294-2
Minerale olie			
Minerale Olie (C10-C40)	W0202	GC-FID	pb 3010-7 en NEN-EN-ISO 16703
Organo chloorbestrijdingsmiddelen, OCB			
OCB (25)	W0262	GC-MS	pb 3020-1-3 & NEN 6980
OCB som AP04/AS3X	W0262	GC-MS	pb 3020-1-3 & NEN 6980
Polychloorbifenylen, PCB			
PCB (7)	W0271	GC-MS	pb 3010-8 en NEN 6980
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK			
PAK (10) (VR0M)	W0271	GC-MS	pb. 3010-6 en NEN-ISO 18287
PAK som AS3000/AP04	W0271	GC-MS	pb. 3010-6 en NEN-ISO 18287

Nadere informatie over de toegepaste onderzoeksmethoden alsmede een classificatie van de meetonzekerheid staan vermeld in ons overzicht "Specificaties analysemethoden", versie juni 2020.

Analysecertificaat

Datum: 02-Dec-2021

Hierbij ontvangt u de resultaten van het navolgende laboratoriumonderzoek.

Certificaatnummer/Versie	2021192721/1
Uw project/verslagnummer	2111190
Uw projectnaam	Kwakkelwei
Uw ordernummer	2111190g2
Monster(s) ontvangen	25-Nov-2021

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.
De analyse resultaten hebben alleen betrekking op het beproefde object.

De grondmonsters worden tot 4 weken na datum ontvangst bewaard en watermonsters tot 2 weken na datum ontvangst. Zonder tegenbericht worden de monsters nadien afgevoerd.

Indien de monsters langer bewaard dienen te blijven verzoeken wij U dit exemplaar uiterlijk 1 werkdag voor afloop van de standaardbewaarperiode ondertekend aan ons te retourneren. Voor de kosten van het langer bewaren van monsters verwijzen wij naar de prijslijst.

Bewaren tot:

Datum:

Naam:

Handtekening:

Wij vertrouwen erop uw opdracht hiermee naar verwachting te hebben uitgevoerd, mocht U naar aanleiding van dit analysecertificaat nog vragen hebben verzoeken wij U contact op te nemen met de afdeling Verkoop en Advies.

{

Analysecertificaat

Uw project/verslagnummer 2111190
Uw projectnaam Kwakkelwei
Uw ordernummer 2111190g2

Certificaatnummer/Versie 2021192721/1
Startdatum analyse 25-Nov-2021
Datum einde analyse 02-Dec-2021
Rapportagedatum 02-Dec-2021/12:02
Bijlage A, B, C
Pagina 1/1

Analyse	Eenheid	1	2	3	4
Voorbehandeling					
Cryogeen malen		Uitgevoerd	Uitgevoerd	Uitgevoerd	Uitgevoerd
Bodemkundige analyses					
S Droge stof	% (m/m)	69.4	75.9	72.3	74.0
S Organische stof	% (m/m) ds	4.8 ¹⁾	2.4 ¹⁾	3.1 ¹⁾	2.7 ¹⁾
Gloeirest	% (m/m) ds	95	97	97	97
Minerale olie					
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<3.0	48	4.7	<3.0
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	<5.0	51	5.5	<5.0
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	<11	<11	<11	<11
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	6.1	<5.0	<5.0	<5.0
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0
S Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	<35	110	<35	<35
Chromatogram olie (GC)			Zie bijl.		

Nr.	Uw monsteromschrijving	Opgegeven monstermatrix	Monster nr.
1	1[80-110]: 01.3	Grond (AS3000)	12424956
2	10[80-110]: 10.3	Grond (AS3000)	12424957
3	08[90-110]: 08.3	Grond (AS3000)	12424958
4	mm 5 [80-150]: 23.3+24.3+25.3	Grond (AS3000)	12424959

Bijlage (A) met de opgegeven deelmonsterinformatie behorende bij het analysecertificaat. 2021192721/1

Pagina 1/1

Monster nr.	Uw monsteromschrijving				
Barcode	Boornr	Van	Tot	Uw datum monstername	Monsteromsch./Monstername ID
12424956	1[80-110]: 01.3				
3995005AA	01.3(80-110)	80	110	25-Nov-2021	
12424957	10[80-110]: 10.3				
3995860AA	10.3(80-110)	80	110	25-Nov-2021	
12424958	08[90-110]: 08.3				
3995437AA	08.3(90-110)	90	110	25-Nov-2021	
12424959	mm 5 [80-150]: 23.3+24.3+25.3				
3995056AA	23.3(90-120)	90	120	25-Nov-2021	
3995045AA	24.3(100-150)	100	150	25-Nov-2021	
3995885AA	25.3(80-130)	80	130	25-Nov-2021	

Bijlage (B) met opmerkingen behorende bij analysecertificaat 2021192721/1

Pagina 1/1

Opmerking 1)

Het organische stof gehalte is gecorrigeerd voor het lutumgehalte van 5.4 % m/m (SIKB 3010 pb 3).



Bijlage (C) met methodeverwijzingen behorende bij analysecertificaat 2021192721/1

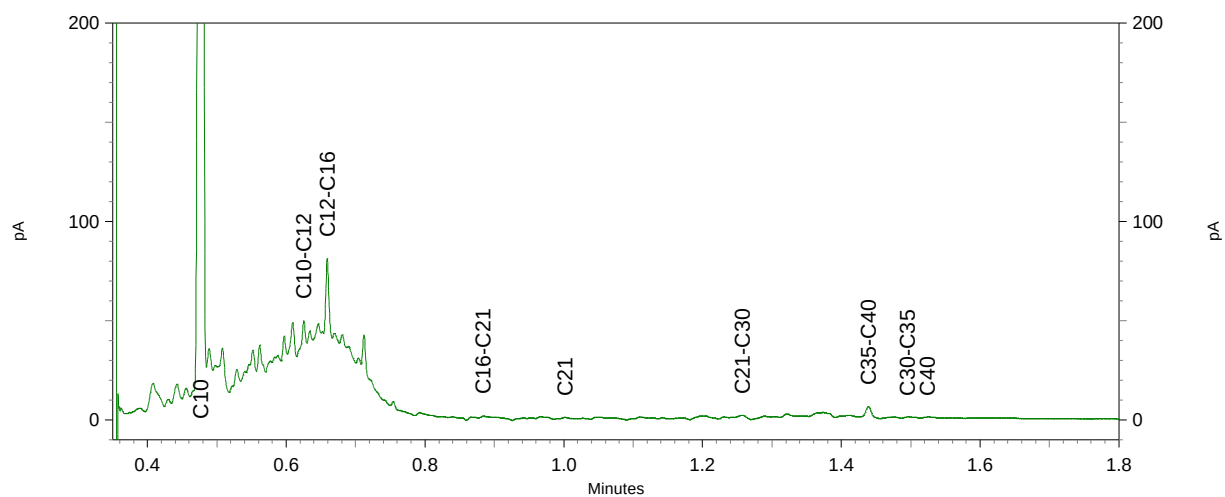
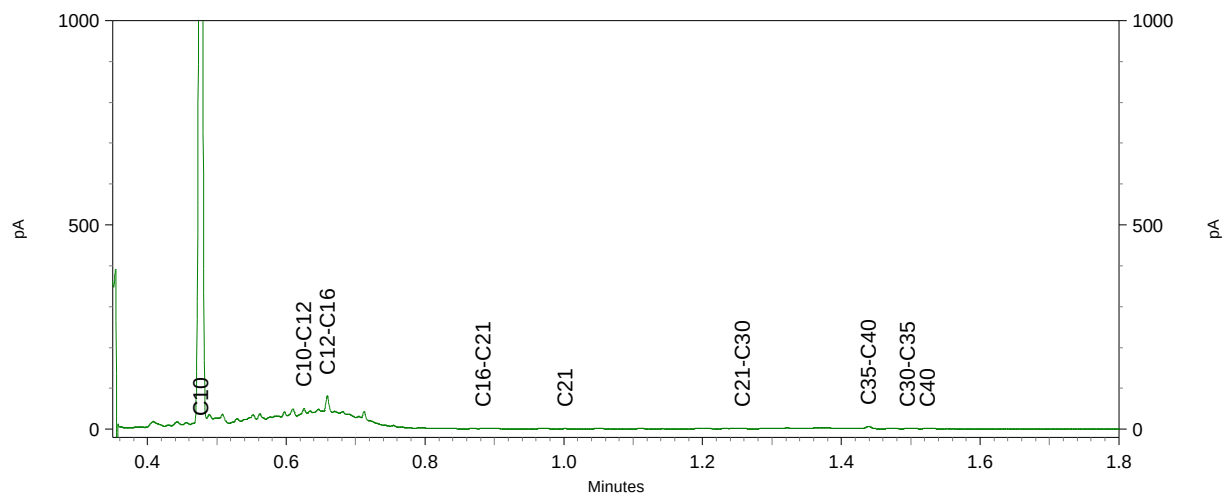
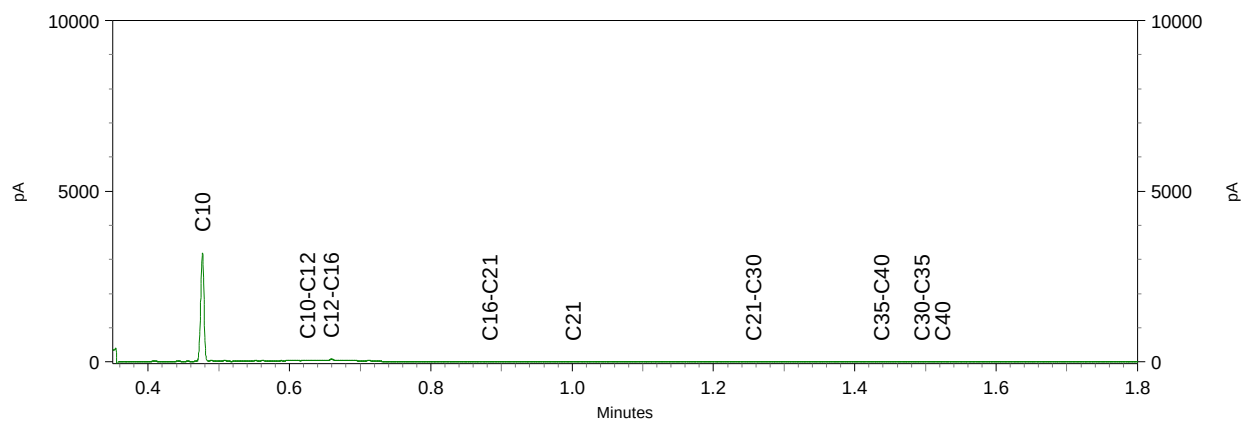
Pagina 1/1

Analyse	Methode	Techniek	Methode referentie
Voorbehandeling			
Cryogeen malen	W0106	Voorbehandeling	AS3000
Bodemkundige analyses			
Droge Stof	W0104	Gravimetrie	pb 3010-2 en NEN-EN 15934
Organische stof (gloeiverlies)	W0109	Gravimetrie	pb 3010-3 en NEN 5754
Minerale olie			
Minerale Olie (C10-C40)	W0202	GC-FID	pb 3010-7 en NEN-EN-ISO 16703
Chromatogram M0 (GC)	W0202	GC-FID	NEN-EN-ISO 16703

Nadere informatie over de toegepaste onderzoeksmethoden alsmede een classificatie van de meetonzekerheid staan vermeld in ons overzicht "Specificaties analysemethoden", versie juni 2020.



Certificate no.: 2021192721
Sample description.: 10[80-110]: 10.3
V



Analysecertificaat

Datum: 02-Dec-2021

Hierbij ontvangt u de resultaten van het navolgende laboratoriumonderzoek.

Certificaatnummer/Versie	2021192722/1
Uw project/verslagnummer	2111190
Uw projectnaam	Kwakkelwei
Uw ordernummer	2111190asbest

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.
De analyse resultaten hebben alleen betrekking op het beproefde object.

De grondmonsters worden tot 4 weken na datum ontvangst bewaard en watermonsters tot 2 weken na datum ontvangst. Zonder tegenbericht worden de monsters nadien afgevoerd.
Indien de monsters langer bewaard dienen te blijven verzoeken wij U dit exemplaar uiterlijk 1 werkdag voor afloop van de standaardbewaarperiode ondertekend aan ons te retourneren. Voor de kosten van het langer bewaren van monsters verwijzen wij naar de prijslijst.

Bewaren tot:

Datum:

Naam:

Handtekening:

Wij vertrouwen erop uw opdracht hiermee naar verwachting te hebben uitgevoerd, mocht U naar aanleiding van dit analysecertificaat nog vragen hebben verzoeken wij U contact op te nemen met de afdeling Verkoop en Advies.

{

Analysecertificaat

Uw project/verslagnummer 2111190
 Uw projectnaam Kwakkelwei
 Uw ordernummer 2111190asbest

Certificaatnummer/Versie 2021192722/1
 Startdatum analyse 25-Nov-2021
 Datum einde analyse 02-Dec-2021
 Rapportagedatum 02-Dec-2021/15:47
 Bijlage A, B, C
 Pagina 1/2

Analyse	Eenheid	1	2	3
Extern / Overig onderzoek				
Droge stof (Extern)	% (m/m)	84.0 ¹⁾	95.5 ¹⁾	82.5 ¹⁾
In behandeling genomen hoeveelheid	kg			15.1 ²⁾
Droge massa aangeleverd monster	g	24763 ¹⁾		12425 ¹⁾
Asbest fractie <0,5mm	mg	N.v.t. ¹⁾		N.v.t. ¹⁾
Asbest fractie 0,5-1mm	mg			0.0 ²⁾
Asbest fractie 1-2mm	mg			0.0 ²⁾
Asbest fractie 2-4mm	mg			24 ²⁾
Asbest fractie 4-8mm	mg			300 ²⁾
Asbest fractie 8-20mm	mg			1700 ²⁾
Asbest fractie >20mm	mg			0.0 ²⁾
Asbest (som)	mg			2000 ²⁾
Totaal asbest (ondergrens)	mg/kg ds	0.0 ¹⁾		6.0 ¹⁾
Totaal asbest (bovengrens)	mg/kg ds	0.7 ¹⁾		12 ¹⁾
Serpentijn ondergrens	mg/kg ds	0.0 ¹⁾		6.0 ¹⁾
Serpentijn bovengrens	mg/kg ds	0.4 ¹⁾		12 ¹⁾
Amfibool ondergrens	mg/kg ds	0.0 ¹⁾		0.0 ¹⁾
Amfibool bovengrens	mg/kg ds	0.4 ¹⁾		0.0 ¹⁾
Asbest in grond	mg/kg ds			8.9 ²⁾
Totaal gehalte asbest	mg/kg ds			8.9 ²⁾
Serpentijn concentratie	mg/kg ds			8.9 ²⁾
Amfibool concentratie	mg/kg ds			0.0 ²⁾
Totaal asbest hechtgebonden	mg/kg ds			8.9 ²⁾
Totaal asbest niet hechtgebonden	mg/kg ds			0.0 ²⁾
Aantal stuks			4 ²⁾	
Totaal massa asbest	g		127.0 ²⁾	
Amfibool massa asbest	mg		0.0 ²⁾	
Serpentijn massa asbest	mg		16000 ²⁾	
Totaal Amfibool ondergrens	mg		0.0 ¹⁾	
Totaal Amfibool bovengrens	mg		0.0 ¹⁾	
Totaal Serpentijn ondergrens	mg		13000 ¹⁾	
Nr. Uw monsteromschrijving				
1	AMM 1 [G05]: AMM1.1	Opgegeven monsternatrix		Monster nr.
2	G05 [AVM]: G05.1	Asbestverdachte grond		12424960
3	AMM2 [G15+G22]: AMM2.1	Asbestverdachte grond		12424961
		Asbestverdachte grond		12424962

Analysecertificaat

Uw project/verslagnummer 2111190
Uw projectnaam Kwakkelwei
Uw ordernummer 2111190asbest
Uw monsternemer J. Brussee

Certificaatnummer/Versie 2021192722/1
Startdatum analyse 25-Nov-2021
Datum einde analyse 02-Dec-2021
Rapportagedatum 02-Dec-2021/15:47
Bijlage A, B, C
Pagina 2/2

Analyse	Eenheid	1	2	3
Totaal Serpentine bovengrens	mg		19000 ¹⁾	
In behandeling genomen hoeveelheid	kg	29.5 ³⁾		
Asbest fractie 0,5-1mm	mg	0.0 ³⁾		
Asbest fractie 1-2mm	mg	0.0 ³⁾		
Asbest fractie 2-4mm	mg	0.0 ³⁾		
Asbest fractie 4-8mm	mg	0.0 ³⁾		
Asbest fractie 8-20mm	mg	0.0 ³⁾		
Asbest fractie >20mm	mg	0.0 ³⁾		
Asbest (som)	mg	0.0 ³⁾		
Asbest in puin	mg/kg ds	<0.4 ³⁾		
Totaal gehalte asbest	mg/kg ds	<0.4 ³⁾		
Serpentine concentratie	mg/kg ds	<0.4 ³⁾		
Amfibool concentratie	mg/kg ds	0.0 ³⁾		
Totaal asbest hechtgebonden	mg/kg ds	0.0 ³⁾		
Totaal asbest niet hechtgebonden	mg/kg ds	0.0 ³⁾		

Bijlage (A) met de opgegeven deelmonsterinformatie behorende bij het analysecertificaat. 2021192722/1

Pagina 1/1

Monster nr.	Uw monsteromschrijving				
Barcode	Boornr	Van	Tot	Uw datum monstername	Monsteromsch./Monstername ID
12424960	AMM 1 [G05]: AMM1.1				
1710046MG	AMM1.1(0-20)	0	20	25-Nov-2021	
1710047MG	AMM1.190-20)	0	20	25-Nov-2021	
12424961	G05 [AVM]: G05.1				
0252863AK	G05.1(0-20)	0	20	25-Nov-2021	
12424962	AMM2 [G15+G22]: AMM2.1				
1710048MG	AMM2.1(0-30)	0	30	25-Nov-2021	

Bijlage (B) met opmerkingen behorende bij analysecertificaat 2021192722/1

Pagina 1/1

Opmerking 1)

Deze bepaling is uitgevoerd bij Eurofins Omegam (L086).

Opmerking 2)

Deze bepaling is uitgevoerd bij Eurofins Omegam (L086).

Opmerking 3)

Deze bepaling is uitbesteed en uitgevoerd onder accreditatie L086.

Bijlage (C) met methodeverwijzingen behorende bij analysecertificaat 2021192722/1

Pagina 1/1

Analyse	Methode	Techniek	Methode referentie
Extern / Overig onderzoek			
Droge stof (uitbesteed)	W0004	Extern	Uitbesteding
Asbest Grond NEN5898 2016 ext	W0004	Microscopie	NEN 5898
Asbest NEN5898 (2016) ext	W0004	Microscopie	NEN 5898
Asbest Verz. NEN5898 2016 ext	W0004	Microscopie	NEN 5898
Asbest Verzamel NEN5898 (2016) ext	W0004	Microscopie	NEN 5898
Asbest Puin NEN5898 2016 ext	W0004	Microscopie	NEN 5898

Nadere informatie over de toegepaste onderzoeksmethoden alsmede een classificatie van de meetonzekerheid staan vermeld in ons overzicht "Specificaties analysemethoden", versie juni 2020.

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1278894
Uw project omschrijving : 2021192722-2111190

Monstercode : 6965796
Uw referentie : G05 [AVM]: G05.1
Opgegeven bemonsteringsdatum : 25/11/2021

Asbest verzamelmonster

Datum geanalyseerd : 25-11-2021

Analyse is uitgevoerd conform NEN 5898 (S).

Massa aangeleverde monster : 133,0 g
 Droge massa aangeleverde monster : 127,0 g
 Percentage droogrest : 95,49 m/m %

type onderzocht materiaal	massa onderzocht materiaal (gram)	gebonden- heid	percentage serpentine asbest (m/m %)	percentage amfibool asbest (m/m %)	aantal geanalyseerde deeltjes	serpentine massa asbest (mg)	amfibool massa asbest (mg)
cement, vlakke plaat	127,0	hecht	chrysotiel 10-15		4	15875,0	0,0
Totaal	127,0				4	15875,0	0,0
						Ondergrens	12700
						Bovengrens	19050

Aangetroffen type asbest : Serpentine
 Bijzonderheden waargenomen : Geen

Serpentine asbest is chrysotiel.
 Amfibool asbest is amosiet, crocidoliet, actinoliet, anthophylliet en tremoliet.

Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht, de analyse is uitgevoerd conform NEN 5896.

gebondenheid	serpentine asbest	amfibool asbest	totaal afgerond
hecht	16000	0,0	16000
niet hecht	0,0	0,0	0,0
totaal afgerond	16000	0,0	

Totaal massa asbest: **16000 mg**

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1278894
Uw project omschrijving : 2021192722-2111190

Monstercode : 6965797
Uw referentie : AMM2 [G15+G22]: AMM2.1
Opgegeven bemonsteringsdatum : 25/11/2021

Asbestonderzoek

Datum geanalyseerd : 02-12-2021

Analyse is uitgevoerd conform NEN 5898 (S).

Massa aangeleverde monster : 15060 g
 Droge massa aangeleverde monster : 12425 g
 Percentage droogrest : 82,5 m/m %
 Type zeving : nat

zeef fractie (mm)	massa zeef fractie (gram)	percentage zeef fractie (m/m %)	massa onderzocht (gram)	percentage onderzocht (m/m %)	aantal asbest (deeltjes)	massa asbest-houdend materiaal (mg)
<0,5 mm	11204,0	91,6	13,0	0,12	n.v.t.	n.v.t.
0,5-1 mm	45,0	0,4	7,5	16,67	0	0,0
1-2 mm	94,0	0,8	43,0	45,74	0	0,0
2-4 mm	144,0	1,2	144,0	100,00	2	24,5
4-8 mm	310,0	2,5	310,0	100,00	6	295,0
8-20 mm	429,5	3,5	429,5	100,00	5	1727,5
>20 mm	0,0	0,0	0,0	100,00	0	0,0
Totaal	12226,5	100,0	947,0		13	2047,0

zeef fractie (mm)	asbest totaal			serpentine asbest			amfibool asbest		
	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)
<0,5 mm	-								
0,5-1 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-2 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-4 mm	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
4-8 mm	1,7	1,2	2,1	1,7	1,2	2,1	0,0	0,0	0,0
8-20 mm	7,1	4,8	9,5	7,1	4,8	9,5	0,0	0,0	0,0
>20 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	8,9	6,0	12	8,9	6,0	12	0,0	0,0	0,0

Aangetroffen type asbest : Serpentine
 Bijzonderheden waargenomen : Geen

Serpentine asbest is chrysotiel.
 Amfibool asbest is amosiet, crocidoliet, actinoliet, anthophylliet en tremoliet.

De bepalingsgrens is bepaald voor de zeef fracties kleiner dan 4 mm. De totale bepalingsgrens is verkregen door de bepalingsgrenzen van de afzonderlijke zeef fracties te sommeren.
 Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht, de analyse is uitgevoerd conform NEN 5896.

gebondenheid	serpentine asbest	amfibool asbest	totaal afgerond
hecht	8,9	0,0	8,9
niet hecht	0,0	0,0	0,0
totaal afgerond	8,9	0,0	

Gewogen concentratie (serpentineasbestconcentratie vermeerderd met 10 maal de amfiboolasbestconcentratie) is: **8,9 mg/kg ds**

De gewogen asbestconcentratie wordt berekend uit de niet-afgeronde gehalten aan serpentine en amfibool asbest. De weergegeven resultaten zijn afgerond.

Verklaring kwalitatief onderzoek zeef fractie <0,5 mm:
 - : geen asbest waargenomen

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1278894
Uw project omschrijving : 2021192722-2111190

Monstercode : 6965797
Uw referentie : AMM2 [G15+G22]: AMM2.1
Opgegeven bemonsteringsdatum : 25/11/2021

Asbestonderzoek - productidentificatie

zeef fractie (mm)	materiaal	gebondenheid	asbestsoort	percentage (m/m %)
2-4 mm	colovinyl	hecht	chrysotiel	2-5
4-8 mm	colovinyl	hecht	chrysotiel	2-5
	cement, vlakke plaat	hecht	chrysotiel	10-15
8-20 mm	colovinyl	hecht	chrysotiel	2-5
	cement, vlakke plaat	hecht	chrysotiel	10-15

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1278894
 Uw project omschrijving : 2021192722-2111190
 Opdrachtgever : Eurofins Analytico B.V.

Monstercode : 6965795
 Uw referentie : AMM 1 [G05]: AMM1.1
 Opgegeven bemonsteringsdatum : 25/11/2021

Asbestonderzoek

Initialen analist : G.N.
 Datum geanalyseerd : 02-12-2021

Analyse is uitgevoerd conform NEN 5898 (Q).

Massa aangeleverde monster : 29480 g
 Droge massa aangeleverde monster : 24763 g
 Percentage droogrest : 84,0 m/m %
 Type zeving : nat

zeef fractie (mm)	massa zeef fractie (gram)	percentage zeef fractie (m/m %)	massa onderzocht (gram)	percentage onderzocht (m/m %)	aantal asbest (deeltjes)	massa asbest-houdend materiaal (mg)
<0,5 mm	14456,1	58,9	14,0	0,10	n.v.t.	n.v.t.
0,5-1 mm	825,0	3,4	196,0	23,76	0	0,0
1-2 mm	1354,0	5,5	481,0	35,52	0	0,0
2-4 mm	1395,5	5,7	949,0	68,00	0	0,0
4-8 mm	2569,5	10,5	2569,5	100,00	0	0,0
8-20 mm	3961,5	16,1	3961,5	100,00	0	0,0
>20 mm	0,0	0,0	0,0	100,00	0	0,0
Totaal	24561,6	100,0	8171,0		0	0,0

zeef fractie (mm)	asbest totaal			serpentiijn asbest			amfibool asbest		
	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)
<0,5 mm	-								
0,5-1 mm	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-2 mm	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
2-4 mm	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2
4-8 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8-20 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
>20 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	<0,4	0,0	0,7	<0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4

Aangetroffen type asbest : Geen
 Bijzonderheden waargenomen : Geen

Serpentiijn asbest is chrysotiel.
 Amfibool asbest is amosiet, crocidoliet, actinoliet, anthophylliet en tremoliet.

De bepalingsgrens is bepaald voor de zeef fracties kleiner dan 4 mm. De totale bepalingsgrens is verkregen door de bepalingsgrenzen van de afzonderlijke zeef fracties te sommeren.
 Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht, de analyse is uitgevoerd conform NEN 5896.

gebondenheid	serpentiijn asbest	amfibool asbest	totaal afgerond
hecht	0,0	0,0	0,0
niet hecht	0,0	0,0	0,0
totaal afgerond	0,0	0,0	

Gewogen concentratie (serpentiijnasbestconcentratie vermeerderd met 10 maal de amfiboolasbestconcentratie) is: **<0,4 mg/kg ds**

De gewogen asbestconcentratie wordt berekend uit de niet-afgeronde gehalten aan serpentiijn en amfibool asbest. De weergegeven resultaten zijn afgerond.

Verklaring kwalitatief onderzoek zeef fractie <0,5 mm:
 - : geen asbest waargenomen

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1278894
Uw project omschrijving : 2021192722-2111190

Opmerkingen m.b.t. analyses

Opmerking(en) algemeen

De volgende informatie is indien van toepassing verstrekt door de opdrachtgever:
Project omschrijving, Monsterreferentie(s), Opgegeven bemonsteringsdatum, Matrix, Monsterdiepte, Potnr (Barcode), Veldgegevens, Veldwaarnemingen en Bemonsteringsdata. De opgegeven bemonsteringsdatum kan van invloed zijn op de geldigheid van de resultaten.

Asbest

Individuele monsters van dit project zijn als asbest verdacht gekwalificeerd. De analysedeelmonsters zijn met beschermende maatregelen in het laboratorium in behandeling genomen.

Opmerking bij project:	- Eurofins Omegam heeft het asbestonderzoek in dit/deze monster(s) uitgevoerd volgens de NEN 5898, en zoals beschreven in een aparte bijlage als onderdeel van dit analysecertificaat. Voor de analyseresultaten van het asbestonderzoek geldt dat Eurofins Omegam de analyse heeft uitgevoerd in de monsters die de opdrachtgever, zoals deze staan vermeld in de koptekst van dit analysecertificaat, zelf heeft genomen of laten nemen en aan Eurofins Omegam heeft aangeboden. Eurofins Omegam draagt geen verantwoordelijkheid inzake de herkomst en representativiteit alsmede de veiligheid tijdens de monsterneming.
------------------------	--

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1278894
Uw project omschrijving : 2021192722-2111190

Barcodeschema's

<i>Monstercode</i>	<i>Uw referentie</i>	<i>uw monsterref.</i>	<i>uw diepte</i>	<i>uw barcode</i>
6965796	G05 [AVM]: G05.1	G05.1(0-20	0-.2	0252863AK
6965797	AMM2 [G15+G22]: AMM2.1	AMM2.1(0-3	0-.3	1710048MG
6965795	AMM 1 [G05]: AMM1.1	AMM1.190-20) AMM1.1(0-20)	0-.2 0-.2	1710047MG 1710046MG

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1278894
Uw project omschrijving : 2021192722-2111190

Analysemethoden in Grond (AS3000)

AS3000

In dit analysecertificaat zijn de met 'S' gemerkte analyses uitgevoerd volgens de analysemethoden beschreven in het "Accreditatieschema Laboratoriumanalyses voor grond-, waterbodem- en grondwateronderzoek (AS SIKB 3000)". Het laboratoriumonderzoek is uitgevoerd volgens de onderstaande analysemethoden. Deze analyses zijn vastgelegd in het geldende accreditatie-certificaat met bijbehorende verrichtingenlijst L086 van Eurofins Omegam BV.

Asbest verzamelmonster :
Asbestonderzoek : Conform AS3070 prestatieblad 1 en NEN 5898

Analysemethoden in Puin

In dit analysecertificaat zijn de met 'Q' gemerkte analyses uitgevoerd volgens de onderstaande analysemethoden. De matrix puin is representatief voor bouw- en sloopafval, puin en granulaat. Deze analyses zijn vastgelegd in het geldende accreditatie-certificaat met bijbehorende verrichtingenlijst L086 van Eurofins Omegam BV.

Asbestonderzoek : Conform NEN 5898

Analysecertificaat

Datum: 10-Dec-2021

Hierbij ontvangt u de resultaten van het navolgende laboratoriumonderzoek.

Certificaatnummer/Versie	2021200347/1
Uw project/verslagnummer	2111190
Uw projectnaam	Kwakkelwei
Uw ordernummer	2111190w1
Monster(s) ontvangen	07-Dec-2021

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.
De analyse resultaten hebben alleen betrekking op het beproefde object.

De grondmonsters worden tot 4 weken na datum ontvangst bewaard en watermonsters tot 2 weken na datum ontvangst. Zonder tegenbericht worden de monsters nadien afgevoerd.

Indien de monsters langer bewaard dienen te blijven verzoeken wij U dit exemplaar uiterlijk 1 werkdag voor afloop van de standaardbewaarperiode ondertekend aan ons te retourneren. Voor de kosten van het langer bewaren van monsters verwijzen wij naar de prijslijst.

Bewaren tot:

Datum:

Naam:

Handtekening:

Wij vertrouwen erop uw opdracht hiermee naar verwachting te hebben uitgevoerd, mocht U naar aanleiding van dit analysecertificaat nog vragen hebben verzoeken wij U contact op te nemen met de afdeling Verkoop en Advies.

{

Analysecertificaat

Uw project/verslagnummer 2111190
Uw projectnaam Kwakkelwei
Uw ordernummer 2111190w1

Certificaatnummer/Versie 2021200347/1
Startdatum analyse 08-Dec-2021
Datum einde analyse 10-Dec-2021
Rapportagedatum 10-Dec-2021/10:07
Bijlage A, B, C
Pagina 1/2

Analyse	Eenheid	1	2
Metalen			
S Barium (Ba)	µg/L	78	45
S Cadmium (Cd)	µg/L	<0.20	<0.20
S Kobalt (Co)	µg/L	<2.0	<2.0
S Koper (Cu)	µg/L	<2.0	<2.0
S Kwik (Hg)	µg/L	<0.050	<0.050
S Molybdeen (Mo)	µg/L	<2.0	<2.0
S Nikkel (Ni)	µg/L	<3.0	7.2
S Lood (Pb)	µg/L	<2.0	<2.0
S Zink (Zn)	µg/L	<10	17
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen			
S Benzeen	µg/L	<0.20	<0.20
S Toluene	µg/L	<0.20	<0.20
S Ethylbenzeen	µg/L	<0.20	<0.20
S o-Xyleen	µg/L	<0.10	<0.10
S m,p-Xyleen	µg/L	<0.20	<0.20
S Xylenen (som) factor 0,7	µg/L	0.21 ¹⁾	0.21 ¹⁾
BTEX (som)	µg/L	<0.90	<0.90
S Naftaleen	µg/L	<0.020	<0.020
S Styreen	µg/L	<0.20	<0.20
Vluchtige organische halogeenkoolwaterstoffen			
S Dichloormethaan	µg/L	<0.20	<0.20
S Trichloormethaan	µg/L	<0.20	<0.20
S Tetrachloormethaan	µg/L	<0.10	<0.10
S Trichlooretheen	µg/L	<0.20	<0.20
S Tetrachlooretheen	µg/L	<0.10	<0.10
S 1,1-Dichloorethaan	µg/L	<0.20	<0.20
S 1,2-Dichloorethaan	µg/L	<0.20	<0.20
S 1,1,1-Trichloorethaan	µg/L	<0.10	<0.10
S 1,1,2-Trichloorethaan	µg/L	<0.10	<0.10
S cis 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<0.10	<0.10
Nr. Uw monsteromschrijving	Opgegeven monstermatrix		Monster nr.
1 Pb 10: 10-PB1	Water (AS3000)		12449904
2 Pb 18: 18-PB1	Water (AS3000)		12449905

Analysecertificaat

Uw project/verslagnummer 2111190
Uw projectnaam Kwakkelwei
Uw ordernummer 2111190w1

Certificaatnummer/Versie 2021200347/1
Startdatum analyse 08-Dec-2021
Datum einde analyse 10-Dec-2021
Rapportagedatum 10-Dec-2021/10:07
Bijlage A, B, C
Pagina 2/2

Analyse	Eenheid	1	2
S trans 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<0.10	<0.10
CKW (som)	µg/L	<1.6	<1.6
S Tribroommethaan	µg/L	<0.20	<0.20
S Vinylchloride	µg/L	<0.10	<0.10
S 1,1-Dichlooretheen	µg/L	<0.10	<0.10
S 1,2-Dichloorethenen (Som) factor 0,7	µg/L	0.14 ¹⁾	0.14 ¹⁾
S 1,1-Dichloorpropaan	µg/L	<0.20	<0.20
S 1,2-Dichloorpropaan	µg/L	<0.20	<0.20
S 1,3-Dichloorpropaan	µg/L	<0.20	<0.20
S Dichloorpropanen som factor 0.7	µg/L	0.42	0.42
Minerale olie			
Minerale olie (C10-C12)	µg/L	15	<10
Minerale olie (C12-C16)	µg/L	13	<10
Minerale olie (C16-C21)	µg/L	<10	<10
Minerale olie (C21-C30)	µg/L	<15	<15
Minerale olie (C30-C35)	µg/L	<10	<10
Minerale olie (C35-C40)	µg/L	<10	<10
S Minerale olie totaal (C10-C40)	µg/L	<50	<50

Nr.	Uw monsteromschrijving	Opgegeven monstermatrix	Monster nr.
1	Pb 10: 10-PB1	Water (AS3000)	12449904
2	Pb 18: 18-PB1	Water (AS3000)	12449905

Bijlage (A) met de opgegeven deelmonsterinformatie behorende bij het analysecertificaat. 2021200347/1

Pagina 1/1

Monster nr.	Uw monsteromschrijving				
Barcode	Boornr	Van	Tot	Uw datum monstername	Monsteromsch./Monstername ID
12449904	Pb 10: 10-PB1				
0692112991	10-PB1	140	240	07-Dec-2021	
0801012753	10-PB1	140	240	07-Dec-2021	
12449905	Pb 18: 18-PB1				
0692112999	18-PB1	140	240	07-Dec-2021	
0801012639	18-PB1	140	240	07-Dec-2021	

CA

Bijlage (B) met opmerkingen behorende bij analysecertificaat 2021200347/1

Pagina 1/1

Opmerking 1)

De toetswaarde van de som is gelijk aan de sommatie van $0,7 \star RG$

CA

Analyse	Methode	Techniek	Methode referentie
Metalen			
Barium (Ba)	W0421	ICP-MS	pb 3110-3 en NEN-EN-ISO 17294-2
Cadmium (Cd)	W0421	ICP-MS	pb 3110-3 en NEN-EN-ISO 17294-2
Kobalt (Co)	W0421	ICP-MS	pb 3110-3 en NEN-EN-ISO 17294-2
Koper (Cu)	W0421	ICP-MS	pb 3110-3 en NEN-EN-ISO 17294-2
Kwik (Hg)	W0421	ICP-MS	pb 3110-3 en NEN-EN-ISO 17294-2
Molybdeen (Mo)	W0421	ICP-MS	pb 3110-3 en NEN-EN-ISO 17294-2
Nikkel (Ni)	W0421	ICP-MS	pb 3110-3 en NEN-EN-ISO 17294-2
Lood (Pb)	W0421	ICP-MS	pb 3110-3 en NEN-EN-ISO 17294-2
Zink (Zn)	W0421	ICP-MS	pb 3110-3 en NEN-EN-ISO 17294-2
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen			
Xylenen som AS3000	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
Aromaten (BTEXN)	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
Styreen	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
Vluchtige organische halogeenkoolwaterstoffen			
VOCl (11)	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
Tribroommethaan (Bromoform)	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
Vinylchloride	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
1,1-Dichlooretheen	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
DiClEtheen som AS3000	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
1,1-Dichloorpropaan	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
1,2-Dichloorpropaan	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
1,3-Dichloorpropaan	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
DiChlprop. som AS3000	W0254	HS-GC-MS	pb 3130-1
Minerale olie			
Minerale olie (C10-C40)	W0215	GC-FID	pb 3110-5

Nadere informatie over de toegepaste onderzoeksmethoden alsmede een classificatie van de meetonzekerheid staan vermeld in ons overzicht "Specificaties analysemethoden", versie juni 2020.

Analysecertificaat

Datum: 15-Dec-2021

Hierbij ontvangt u de resultaten van het navolgende laboratoriumonderzoek.

Certificaatnummer/Versie	2021200604/1
Uw project/verslagnummer	2111190
Uw projectnaam	Kwakkelwei

Monster(s) ontvangen	07-Dec-2021
----------------------	-------------

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.
De analyse resultaten hebben alleen betrekking op het beproefde object.

De grondmonsters worden tot 4 weken na datum ontvangst bewaard en watermonsters tot 2 weken na datum ontvangst. Zonder tegenbericht worden de monsters nadien afgevoerd.

Indien de monsters langer bewaard dienen te blijven verzoeken wij U dit exemplaar uiterlijk 1 werkdag voor afloop van de standaardbewaarperiode ondertekend aan ons te retourneren. Voor de kosten van het langer bewaren van monsters verwijzen wij naar de prijslijst.

Bewaren tot:

Datum:

Naam:

Handtekening:

Wij vertrouwen erop uw opdracht hiermee naar verwachting te hebben uitgevoerd, mocht U naar aanleiding van dit analysecertificaat nog vragen hebben verzoeken wij U contact op te nemen met de afdeling Verkoop en Advies.

{

Analysecertificaat

Uw project/verslagnummer 2111190
Uw projectnaam Kwakkelwei

Certificaatnummer/Versie 2021200604/1
Startdatum analyse 08-Dec-2021
Datum einde analyse 15-Dec-2021
Rapportagedatum 15-Dec-2021/16:47
Bijlage A, B, C
Pagina 1/3

Analyse	Eenheid	1	2	3	4	5
Extern / Overig onderzoek						
Droge stof (Extern)	% (m/m)	85.7 ¹⁾	86.5 ¹⁾	83.2 ¹⁾	79.7 ¹⁾	92.6 ¹⁾
In behandeling genomen hoeveelheid	kg		15.4 ²⁾	15.1 ²⁾	17.6 ²⁾	
Droge massa aangeleverd monster	g	29721 ¹⁾	13295 ¹⁾	12547 ¹⁾	13995 ¹⁾	
Asbest fractie <0,5mm	mg	N.v.t. ¹⁾	N.v.t. ¹⁾	N.v.t. ¹⁾	N.v.t. ¹⁾	
Asbest fractie 0,5-1mm	mg		0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	
Asbest fractie 1-2mm	mg		0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	
Asbest fractie 2-4mm	mg		0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	
Asbest fractie 4-8mm	mg		0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	
Asbest fractie 8-20mm	mg		0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	
Asbest fractie >20mm	mg		0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	
Asbest (som)	mg		0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	
Totaal asbest (ondergrens)	mg/kg ds	0.0 ¹⁾	0.0 ¹⁾	0.0 ¹⁾	0.0 ¹⁾	
Totaal asbest (bovangrens)	mg/kg ds	2.7 ¹⁾	0.6 ¹⁾	1.4 ¹⁾	0.6 ¹⁾	
Serpentijn ondergrens	mg/kg ds	0.0 ¹⁾	0.0 ¹⁾	0.0 ¹⁾	0.0 ¹⁾	
Serpentijn bovangrens	mg/kg ds	1.4 ¹⁾	0.3 ¹⁾	0.7 ¹⁾	0.3 ¹⁾	
Amfibool ondergrens	mg/kg ds	0.0 ¹⁾	0.0 ¹⁾	0.0 ¹⁾	0.0 ¹⁾	
Amfibool bovangrens	mg/kg ds	1.4 ¹⁾	0.3 ¹⁾	0.7 ¹⁾	0.3 ¹⁾	
Asbest in grond	mg/kg ds		<0.3 ²⁾	<0.8 ²⁾	<0.4 ²⁾	
Totaal gehalte asbest	mg/kg ds		<0.3 ²⁾	<0.8 ²⁾	<0.4 ²⁾	
Serpentijn concentratie	mg/kg ds		<0.3 ²⁾	<0.8 ²⁾	<0.4 ²⁾	
Amfibool concentratie	mg/kg ds		0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	
Totaal asbest hechtgebonden	mg/kg ds		0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	
Totaal asbest niet hechtgebonden	mg/kg ds		0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	
Aantal stuks						13 ²⁾
Totaal massa asbest	g					311.6 ²⁾
Amfibool massa asbest	mg					11000.0 ²⁾
Serpentijn massa asbest	mg					39000 ²⁾
Totaal Amfibool ondergrens	mg					6200 ¹⁾
Totaal Amfibool bovangrens	mg					16000 ¹⁾
Totaal Serpentijn ondergrens	mg					31000 ¹⁾

Nr. Uw monsteromschrijving

1 AMM100: AMM100.1
2 AMM107: AMM107.1
3 AMM104: AMM104.1
4 AMM108: AMM108.2
5 AVM100: SL100.1

Opgegeven monsternatrix

Asbestverdachte grond
Asbestverdachte grond
Asbestverdachte grond
Asbestverdachte grond
Asbestverdachte grond

Monster nr.

12450748
12450749
12450750
12450751
12450752

Q: door RvA geaccrediteerde verrichting

R: AP04 erkende en geaccrediteerde verrichting

S: AS SIKB erkende en geaccrediteerde verrichting

Analysecertificaat

Uw project/verslagnummer 2111190
Uw projectnaam Kwakkelwei

Certificaatnummer/Versie 2021200604/1
Startdatum analyse 08-Dec-2021
Datum einde analyse 15-Dec-2021
Rapportagedatum 15-Dec-2021/16:47
Bijlage A, B, C
Pagina 2/3

Analyse	Eenheid	1	2	3	4	5
Totaal Serpentine bovengrens	mg					47000 ¹⁾
In behandeling genomen hoeveelheid	kg	34.7 ³⁾				
Asbest fractie 0,5-1mm	mg	0.0 ³⁾				
Asbest fractie 1-2mm	mg	0.0 ³⁾				
Asbest fractie 2-4mm	mg	0.0 ³⁾				
Asbest fractie 4-8mm	mg	0.0 ³⁾				
Asbest fractie 8-20mm	mg	0.0 ³⁾				
Asbest fractie >20mm	mg	0.0 ³⁾				
Asbest (som)	mg	0.0 ³⁾				
Asbest in puin	mg/kg ds	<1.4 ³⁾				
Totaal gehalte asbest	mg/kg ds	<1.4 ³⁾				
Serpentine concentratie	mg/kg ds	<1.4 ³⁾				
Amfibool concentratie	mg/kg ds	0.0 ³⁾				
Totaal asbest hechtgebonden	mg/kg ds	0.0 ³⁾				
Totaal asbest niet hechtgebonden	mg/kg ds	0.0 ³⁾				

Analysecertificaat

Uw project/verslagnummer 2111190
Uw projectnaam Kwakkelwei
Uw ordernummer 2111190asbestno

Certificaatnummer/Versie 2021200604/1
Startdatum analyse 08-Dec-2021
Datum einde analyse 15-Dec-2021
Rapportagedatum 15-Dec-2021/16:47
Bijlage A, B, C
Pagina 3/3

Analyse	Eenheid	6	7	8
Extern / Overig onderzoek				
Droge stof (Extern)	% (m/m)	94.5 ¹⁾	95.8 ¹⁾	92.3 ¹⁾
Aantal stuks		21 ²⁾	1 ²⁾	6 ²⁾
Totaal massa asbest	g	453.0 ²⁾	99.3 ²⁾	388.9 ²⁾
Amfibool massa asbest	mg	0.0 ²⁾	0.0 ²⁾	13000.0 ²⁾
Serpentijn massa asbest	mg	57000 ²⁾	12000 ²⁾	47000 ²⁾
Totaal Amfibool ondergrens	mg	0.0 ¹⁾	0.0 ¹⁾	7500 ¹⁾
Totaal Amfibool bovengrens	mg	0.0 ¹⁾	0.0 ¹⁾	19000 ¹⁾
Totaal Serpentine ondergrens	mg	45000 ¹⁾	9900 ¹⁾	37000 ¹⁾
Totaal Serpentine bovengrens	mg	68000 ¹⁾	15000 ¹⁾	56000 ¹⁾

Bijlage (A) met de opgegeven deelmonsterinformatie behorende bij het analysecertificaat. 2021200604/1

Pagina 1/1

Monster nr.	Uw monsteromschrijving					
Barcode	Boornr	Van	Tot	Uw datum	monstername	Monsteromsch./Monstername ID
12450748	AMM100: AMM100.1					
1724181MG	AMM100.1(0-20)	0	20	07-Dec-2021		
1724182MG	AMM100.1(0-20)	0	20	07-Dec-2021		
12450749	AMM107: AMM107.1					
1724189MG	AMM107.1(0-15)	0	15	07-Dec-2021		
12450750	AMM104: AMM104.1					
1724186MG	AMM104.1(0-20)	0	20	07-Dec-2021		
12450751	AMM108: AMM108.2					
1724190MG	AMM108.2(15-60)	15	60	07-Dec-2021		
12450752	AVM100: SL100.1					
0252860AK	SL100.1(0-20)	0	20	07-Dec-2021		
12450753	AVM101: SL101.1					
0223100AK	SL101.1(0-10)	0	10	07-Dec-2021		
12450754	AVM102: SL102.1					
0084052AK	SL102.1(0-20)	0	20	07-Dec-2021		
12450755	AVM107: SL107.1					
0223014AK	SL107.1(0-15)	0	15	07-Dec-2021		

Bijlage (B) met opmerkingen behorende bij analysecertificaat 2021200604/1

Pagina 1/1

Opmerking 1)

Deze bepaling is uitgevoerd bij Eurofins Omegam (L086).

Opmerking 2)

Deze bepaling is uitgevoerd bij Eurofins Omegam (L086).

Opmerking 3)

Deze bepaling is uitbesteed en uitgevoerd onder accreditatie L086.

Bijlage (C) met methodeverwijzingen behorende bij analysecertificaat 2021200604/1

Pagina 1/1

Analyse	Methode	Techniek	Methode referentie
Extern / Overig onderzoek			
Droge stof (uitbesteed)	W0004	Extern	Uitbesteding
Asbest Grond NEN5898 2016 ext	W0004	Microscopie	NEN 5898
Asbest NEN5898 (2016) ext	W0004	Microscopie	NEN 5898
Asbest Verz. NEN5898 2016 ext	W0004	Microscopie	NEN 5898
Asbest Verzamel NEN5898 (2016) ext	W0004	Microscopie	NEN 5898
Asbest Puin NEN5898 2016 ext	W0004	Microscopie	NEN 5898

Nadere informatie over de toegepaste onderzoeksmethoden alsmede een classificatie van de meetonzekerheid staan vermeld in ons overzicht "Specificaties analysemethoden", versie juni 2020.

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1284374
Uw project omschrijving : 2021200604-2111190

Monstercode : 6981994
Uw referentie : AMM107: AMM107.1
Opgegeven bemonsteringsdatum : 07/12/2021

Asbestonderzoek

Initialen analist : K.A.
Datum geanalyseerd : 15-12-2021

Analyse is uitgevoerd conform NEN 5898 (S).

Massa aangeleverde monster : 15370 g
Droge massa aangeleverde monster : 13295 g
Percentage droogrest : 86,5 m/m %
Type zieving : nat

zeeffractie (mm)	massa zeeffractie (gram)	percentage zeeffractie (m/m %)	massa onderzocht (gram)	percentage onderzocht (m/m %)	aantal asbest (deeltjes)	massa asbest-houdend materiaal (mg)
<0,5 mm	7808,3	59,8	12,6	0,16	n.v.t.	n.v.t.
0,5-1 mm	519,3	4,0	88,5	17,04	0	0,0
1-2 mm	835,2	6,4	408,8	48,95	0	0,0
2-4 mm	519,8	4,0	519,8	100,00	0	0,0
4-8 mm	1315,5	10,1	1315,5	100,00	0	0,0
8-20 mm	2054,8	15,7	2054,8	100,00	0	0,0
>20 mm	0,0	0,0	0,0	100,00	0	0,0
Totaal	13052,9	100,0	4400,0		0	0,0

zeeffractie (mm)	asbest totaal			serpentiijn asbest			amfibool asbest		
	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)
<0,5 mm	-								
0,5-1 mm	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
1-2 mm	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
2-4 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4-8 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8-20 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
>20 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	<0,3	0,0	0,6	<0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3

Aangetroffen type asbest : Geen
Bijzonderheden waargenomen : Geen

Serpentiijn asbest is chrysotiel.
Amfibool asbest is amosiet, crocidoliet, actinoliet, anthophylliet en tremoliet.

De bepalingsgrens is bepaald voor de zeeffracties kleiner dan 4 mm. De totale bepalingsgrens is verkregen door de bepalingsgrenzen van de afzonderlijke zeeffracties te sommeren.
Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht, de analyse is uitgevoerd conform NEN 5896.

gebondenheid	serpentiijn asbest	amfibool asbest	totaal afgerond
hecht	0,0	0,0	0,0
niet hecht	0,0	0,0	0,0
totaal afgerond	0,0	0,0	

Gewogen concentratie (serpentiijnasbestconcentratie vermeerderd met 10 maal de amfiboolasbestconcentratie) is: **<0,3 mg/kg ds**

De gewogen asbestconcentratie wordt berekend uit de niet-afgeronde gehalten aan serpentiijn en amfibool asbest. De weergegeven resultaten zijn afgerond.

Verklaring kwalitatief onderzoek zeeffractie <0,5 mm:
- : geen asbest waargenomen

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1284374
Uw project omschrijving : 2021200604-2111190

Monstercode : 6981995
Uw referentie : AMM104: AMM104.1
Opgegeven bemonsteringsdatum : 07/12/2021

Asbestonderzoek

Initialen analist : D.G.
Datum geanalyseerd : 15-12-2021

Analyse is uitgevoerd conform NEN 5898 (S).

Massa aangeleverde monster : 15080 g
Droge massa aangeleverde monster : 12547 g
Percentage droogrest : 83,2 m/m %
Type zieving : nat

zeeffractie (mm)	massa zeeffractie (gram)	percentage zeeffractie (m/m %)	massa onderzocht (gram)	percentage onderzocht (m/m %)	aantal asbest (deeltjes)	massa asbest-houdend materiaal (mg)
<0,5 mm	11871,9	96,7	10,9	0,09	n.v.t.	n.v.t.
0,5-1 mm	51,8	0,4	9,0	17,37	0	0,0
1-2 mm	96,6	0,8	20,5	21,22	0	0,0
2-4 mm	109,4	0,9	109,4	100,00	0	0,0
4-8 mm	56,1	0,5	56,1	100,00	0	0,0
8-20 mm	86,2	0,7	86,2	100,00	0	0,0
>20 mm	0,0	0,0	0,0	100,00	0	0,0
Totaal	12272,0	100,0	292,1		0	0,0

zeeffractie (mm)	asbest totaal			serpentiijn asbest			amfibool asbest		
	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)
<0,5 mm	-								
0,5-1 mm	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
1-2 mm	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,6
2-4 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4-8 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8-20 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
>20 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	<0,8	0,0	1,4	<0,8	0,0	0,7	0,0	0,0	0,7

Aangetroffen type asbest : Geen
Bijzonderheden waargenomen : Geen

Serpentiijn asbest is chrysotiel.
 Amfibool asbest is amosiet, crocidoliet, actinoliet, anthophylliet en tremoliet.

De bepalingsgrens is bepaald voor de zeeffracties kleiner dan 4 mm. De totale bepalingsgrens is verkregen door de bepalingsgrenzen van de afzonderlijke zeeffracties te sommeren.
 Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht, de analyse is uitgevoerd conform NEN 5896.

gebondenheid	serpentiijn asbest	amfibool asbest	totaal afgerond
hecht	0,0	0,0	0,0
niet hecht	0,0	0,0	0,0
totaal afgerond	0,0	0,0	

Gewogen concentratie (serpentiijnasbestconcentratie vermeerderd met 10 maal de amfiboolasbestconcentratie) is: **<0,8 mg/kg ds**

De gewogen asbestconcentratie wordt berekend uit de niet-afgeronde gehalten aan serpentiijn en amfibool asbest. De weergegeven resultaten zijn afgerond.

Verklaring kwalitatief onderzoek zeeffractie <0,5 mm:
 - : geen asbest waargenomen

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1284374
Uw project omschrijving : 2021200604-2111190

Monstercode : 6981996
Uw referentie : AMM108: AMM108.2
Opgegeven bemonsteringsdatum : 07/12/2021

Asbestonderzoek

Initialen analist : D.v.G.
Datum geanalyseerd : 15-12-2021

Analyse is uitgevoerd conform NEN 5898 (S).

Massa aangeleverde monster : 17560 g
Droge massa aangeleverde monster : 13995 g
Percentage droogrest : 79,7 m/m %
Type zieving : nat

zeeffractie (mm)	massa zeeffractie (gram)	percentage zeeffractie (m/m %)	massa onderzocht (gram)	percentage onderzocht (m/m %)	aantal asbest (deeltjes)	massa asbest-houdend materiaal (mg)
<0,5 mm	13501,0	97,9	12,8	0,09	n.v.t.	n.v.t.
0,5-1 mm	63,1	0,5	14,2	22,50	0	0,0
1-2 mm	66,9	0,5	25,1	37,52	0	0,0
2-4 mm	48,4	0,4	48,4	100,00	0	0,0
4-8 mm	50,4	0,4	50,4	100,00	0	0,0
8-20 mm	58,3	0,4	58,3	100,00	0	0,0
>20 mm	0,0	0,0	0,0	100,00	0	0,0
Totaal	13788,1	100,0	209,2		0	0,0

zeeffractie (mm)	asbest totaal			serpentiin asbest			amfibool asbest		
	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)
<0,5 mm	-								
0,5-1 mm	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
1-2 mm	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2
2-4 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4-8 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8-20 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
>20 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	<0,4	0,0	0,6	<0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3

Aangetroffen type asbest : Geen
Bijzonderheden waargenomen : Geen

Serpentiin asbest is chrysotiel.
 Amfibool asbest is amosiet, crocidoliet, actinoliet, anthophylliet en tremoliet.

De bepalingsgrens is bepaald voor de zeeffracties kleiner dan 4 mm. De totale bepalingsgrens is verkregen door de bepalingsgrenzen van de afzonderlijke zeeffracties te sommeren.
 Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht, de analyse is uitgevoerd conform NEN 5896.

gebondenheid	serpentiin asbest	amfibool asbest	totaal afgerond
hecht	0,0	0,0	0,0
niet hecht	0,0	0,0	0,0
totaal afgerond	0,0	0,0	

Gewogen concentratie (serpentiinasbestconcentratie vermeerderd met 10 maal de amfiboolasbestconcentratie) is: **<0,4 mg/kg ds**

De gewogen asbestconcentratie wordt berekend uit de niet-afgeronde gehalten aan serpentiin en amfibool asbest. De weergegeven resultaten zijn afgerond.

Verklaring kwalitatief onderzoek zeeffractie <0,5 mm:
 - : geen asbest waargenomen

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1284374
Uw project omschrijving : 2021200604-2111190

Monstercode : 6981997
Uw referentie : AVM100: SL100.1
Opgegeven bemonsteringsdatum : 07/12/2021

Asbest verzamelmonster

Initialen analist : D.G.
Datum geanalyseerd : 08-12-2021

Analyse is uitgevoerd conform NEN 5898 (S).

Massa aangeleverde monster : 336,7 g
Droge massa aangeleverde monster : 311,6 g
Percentage droogrest : 92,55 m/m %

type onderzocht materiaal	massa onderzocht materiaal (gram)	gebondenheid	percentage serpentijn asbest (m/m %)	percentage amfibool asbest (m/m %)	aantal geanalyseerde deeltjes	serpentijn massa asbest (mg)	amfibool massa asbest (mg)
cement, vlakke plaat	311,6	hecht	chrysotiel 10-15	amosiet 2-5	13	38950,0	10906,0
Totaal	311,6				13	38950,0	10906,0
						Ondergrens	31160
						Bovengrens	46740

Aangetroffen type asbest : Serpentine en Amfibool
Bijzonderheden waargenomen : Geen

Serpentine asbest is chrysotiel.
Amfibool asbest is amosiet, crocidoliet, actinoliet, anthophylliet en tremoliet.

Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht, de analyse is uitgevoerd conform NEN 5896.

gebondenheid	serpentine asbest	amfibool asbest	totaal afgerond
hecht	39000	11000	50000
niet hecht	0,0	0,0	0,0
totaal afgerond	39000	11000	

Totaal massa asbest: **50000 mg**

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1284374
Uw project omschrijving : 2021200604-2111190
Opdrachtgever : Eurofins Analytico B.V.

Monstercode : 6981998
Uw referentie : AVM101: SL101.1
Opgegeven bemonsteringsdatum : 07/12/2021

Asbest verzamelmonster

Initialen analist : D.G.
Datum geanalyseerd : 08-12-2021

Analyse is uitgevoerd conform NEN 5898 (S).

Massa aangeleverde monster : 479,4 g
Droge massa aangeleverde monster : 453,0 g
Percentage droogrest : 94,49 m/m %

type onderzocht materiaal	massa onderzocht materiaal (gram)	gebonden- heid	percentage serpentine asbest (m/m %)	percentage amfibool asbest (m/m %)	aantal geanalyseerde deeltjes	serpentine massa asbest (mg)	amfibool massa asbest (mg)
cement, golfplaat	109,6	hecht	chrysotiel 10-15		5	13700,0	0,0
cement, vlakke plaat	343,4	hecht	chrysotiel 10-15		16	42925,0	0,0
Totaal	453,0				21	56625,0	0,0
						Ondergrens	45300
						Bovengrens	67950

Aangetroffen type asbest : Serpentine
Bijzonderheden waargenomen : Geen

Serpentine asbest is chrysotiel.
Amfibool asbest is amosiet, crocidoliet, actinoliet, anthophylliet en tremoliet.

Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht, de analyse is uitgevoerd conform NEN 5896.

gebondenheid	serpentine asbest	amfibool asbest	totaal afgerond
hecht	57000	0,0	57000
niet hecht	0,0	0,0	0,0
totaal afgerond	57000	0,0	

Totaal massa asbest: **57000 mg**

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1284374
Uw project omschrijving : 2021200604-2111190

Monstercode : 6981999
Uw referentie : AVM102: SL102.1
Opgegeven bemonsteringsdatum : 07/12/2021

Asbest verzamelmonster

Initialen analist : M.A.
Datum geanalyseerd : 08-12-2021

Analyse is uitgevoerd conform NEN 5898 (S).

Massa aangeleverde monster : 103,7 g
Droge massa aangeleverde monster : 99,3 g
Percentage droogrest : 95,76 m/m %

type onderzocht materiaal	massa onderzocht materiaal (gram)	gebondenheid	percentage serpentijn asbest (m/m %)	percentage amfibool asbest (m/m %)	aantal geanalyseerde deeltjes	serpentijn massa asbest (mg)	amfibool massa asbest (mg)
cement, vlakke plaat	99,3	hecht	chrysotiel 10-15		1	12412,5	0,0
Totaal	99,3				1	12412,5	0,0
						Ondergrens	9930
						Bovengrens	14895

Aangetroffen type asbest : Serpentine
Bijzonderheden waargenomen : Geen

Serpentine asbest is chrysotiel.
Amfibool asbest is amosiet, crocidoliet, actinoliet, anthophylliet en tremoliet.

Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht, de analyse is uitgevoerd conform NEN 5896.

gebondenheid	serpentine asbest	amfibool asbest	totaal afgerond
hecht	12000	0,0	12000
niet hecht	0,0	0,0	0,0
totaal afgerond	12000	0,0	

Totaal massa asbest: **12000 mg**

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1284374
Uw project omschrijving : 2021200604-2111190

Monstercode : 6982000
Uw referentie : AVM107: SL107.1
Opgegeven bemonsteringsdatum : 07/12/2021

Asbest verzamelmonster

Initialen analist : D.G.
Datum geanalyseerd : 08-12-2021

Analyse is uitgevoerd conform NEN 5898 (S).

Massa aangeleverde monster : 421,2 g
Droge massa aangeleverde monster : 388,9 g
Percentage droogrest : 92,33 m/m %

type onderzocht materiaal	massa onderzocht materiaal (gram)	gebonden- heid	percentage serpentine asbest (m/m %)	percentage amfibool asbest (m/m %)	aantal geanalyseerde deeltjes	serpentine massa asbest (mg)	amfibool massa asbest (mg)
cement, vlakke plaat	15,9				1	0,0	0,0
cement, golfplaat	373,0	hecht	chrysotiel 10-15	crocidoliet 2-5	5	46625,0	13055,0
Totaal	388,9				6	46625,0	13055,0
						Ondergrens	37300
						Bovengrens	55950

Aangetroffen type asbest : Serpentine en Amfibool
Bijzonderheden waargenomen : Geen

Serpentine asbest is chrysotiel.
Amfibool asbest is amosiet, crocidoliet, actinoliet, anthophylliet en tremoliet.

Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht, de analyse is uitgevoerd conform NEN 5896.

gebondenheid	serpentine asbest	amfibool asbest	totaal afgerond
hecht	47000	13000	60000
niet hecht	0,0	0,0	0,0
totaal afgerond	47000	13000	

Totaal massa asbest: **60000 mg**

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1284374
Uw project omschrijving : 2021200604-2111190

Monstercode : 6981993
Uw referentie : AMM100: AMM100.1
Opgegeven bemonsteringsdatum : 07/12/2021

Asbestonderzoek

Initialen analist : K.K.
Datum geanalyseerd : 15-12-2021

Analyse is uitgevoerd conform NEN 5898 (Q).

Massa aangeleverde monster : 34680 g
Droge massa aangeleverde monster : 29721 g
Percentage droogrest : 85,7 m/m %
Type zieving : nat

zeef fractie (mm)	massa zeef fractie (gram)	percentage zeef fractie (m/m %)	massa onderzocht (gram)	percentage onderzocht (m/m %)	aantal asbest (deeltjes)	massa asbest-houdend materiaal (mg)
<0,5 mm	8125,7	27,5	0,0	0,00	n.v.t.	n.v.t.
0,5-1 mm	2770,3	9,4	188,4	6,80	0	0,0
1-2 mm	2672,6	9,1	486,6	18,21	0	0,0
2-4 mm	3766,5	12,8	975,7	25,90	0	0,0
4-8 mm	5460,1	18,5	5460,1	100,00	0	0,0
8-20 mm	6702,7	22,7	6702,7	100,00	0	0,0
>20 mm	0,0	0,0	0,0	100,00	0	0,0
Totaal	29497,9	100,0	13813,5		0	0,0

zeef fractie (mm)	asbest totaal			serpentiin asbest			amfibool asbest		
	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)	gehalte asbest (mg/kg ds)	ondergrens (mg/kg ds)	bovengrens (mg/kg ds)
<0,5 mm									
0,5-1 mm	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2
1-2 mm	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3
2-4 mm	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,9
4-8 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8-20 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
>20 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	<1,4	0,0	2,7	<1,4	0,0	1,4	0,0	0,0	1,4

Aangetroffen type asbest : Geen
Bijzonderheden waargenomen : Geen

Serpentiin asbest is chrysotiel.
 Amfibool asbest is amosiet, crocidoliet, actinoliet, anthophylliet en tremoliet.

De bepalingsgrens is bepaald voor de zeef fracties kleiner dan 4 mm. De totale bepalingsgrens is verkregen door de bepalingsgrenzen van de afzonderlijke zeef fracties te sommeren.
 Het materiaal is middels polarisatiemicroscopie onderzocht, de analyse is uitgevoerd conform NEN 5896.

gebondenheid	serpentiin asbest	amfibool asbest	totaal afgerond
hecht	0,0	0,0	0,0
niet hecht	0,0	0,0	0,0
totaal afgerond	0,0	0,0	

Gewogen concentratie (serpentiinasbestconcentratie vermeerderd met 10 maal de amfiboolasbestconcentratie) is: **<1,4 mg/kg ds**

De gewogen asbestconcentratie wordt berekend uit de niet-afgeronde gehalten aan serpentiin en amfibool asbest. De weergegeven resultaten zijn afgerond.

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1284374
Uw project omschrijving : 2021200604-2111190

Opmerkingen m.b.t. analyses

Opmerking(en) algemeen

De volgende informatie is indien van toepassing verstrekt door de opdrachtgever:
Project omschrijving, Monsterreferentie(s), Opgegeven bemonsteringsdatum, Matrix, Monsterdiepte, Potnr (Barcode), Veldgegevens, Veldwaarnemingen en Bemonsteringsdata. De opgegeven bemonsteringsdatum kan van invloed zijn op de geldigheid van de resultaten.

Asbest

Individuele monsters van dit project zijn als asbest verdacht gekwalificeerd. De analysedeelmonsters zijn met beschermende maatregelen in het laboratorium in behandeling genomen.

Opmerking bij project: - Eurofins Omegam heeft het asbestonderzoek in dit/deze monster(s) uitgevoerd volgens de NEN 5898, en zoals beschreven in een aparte bijlage als onderdeel van dit analysecertificaat. Voor de analyseresultaten van het asbestonderzoek geldt dat Eurofins Omegam de analyse heeft uitgevoerd in de monsters die de opdrachtgever, zoals deze staan vermeld in de koptekst van dit analysecertificaat, zelf heeft genomen of laten nemen en aan Eurofins Omegam heeft aangeboden. Eurofins Omegam draagt geen verantwoordelijkheid inzake de herkomst en representativiteit alsmede de veiligheid tijdens de monsterneming.

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1284374
Uw project omschrijving : 2021200604-2111190

Barcodeschema's

<i>Monstercode</i>	<i>Uw referentie</i>	<i>uw monsterref.</i>	<i>uw diepte</i>	<i>uw barcode</i>
6981994	AMM107: AMM107.1	AMM107.1(0	0-.15	1724189MG
6981995	AMM104: AMM104.1	AMM104.1(0	0-.2	1724186MG
6981996	AMM108: AMM108.2	AMM108.2(1	.15-.6	1724190MG
6981997	AVM100: SL100.1	SL100.1(0-	0-.2	0252860AK
6981998	AVM101: SL101.1	SL101.1(0-	0-.1	0223100AK
6981999	AVM102: SL102.1	SL102.1(0-	0-.2	0084052AK
6982000	AVM107: SL107.1	SL107.1(0-	0-.15	0223014AK
6981993	AMM100: AMM100.1	AMM100.1(0-20)	0-.2	1724182MG
		AMM100.1(0-20)	0-.2	1724181MG

ANALYSECERTIFICAAT

Projectcode : 1284374
Uw project omschrijving : 2021200604-2111190

Analysemethoden in Grond (AS3000)

AS3000

In dit analysecertificaat zijn de met 'S' gemerkte analyses uitgevoerd volgens de analysemethoden beschreven in het "Accreditatieschema Laboratoriumanalyses voor grond-, waterbodem- en grondwateronderzoek (AS SIKB 3000)". Het laboratoriumonderzoek is uitgevoerd volgens de onderstaande analysemethoden. Deze analyses zijn vastgelegd in het geldende accreditatie-certificaat met bijbehorende verrichtingenlijst L086 van Eurofins Omegam BV.

Asbest verzamelmonster :
Asbestonderzoek : Conform AS3070 prestatieblad 1 en NEN 5898

Analysemethoden in Puin

In dit analysecertificaat zijn de met 'Q' gemerkte analyses uitgevoerd volgens de onderstaande analysemethoden. De matrix puin is representatief voor bouw- en sloopafval, puin en granulaat. Deze analyses zijn vastgelegd in het geldende accreditatie-certificaat met bijbehorende verrichtingenlijst L086 van Eurofins Omegam BV.

Asbestonderzoek : Conform NEN 5898

Bijlage 6: Historische onderzoek, geraadpleegde bronnen

Topotijdreis;

Luchtfoto's: 1938-1981 en 2003 t/m 2022

Bodemloket;

Dinoloket ondergrondgegevens

AHN kaart Nederland

Bodem informatie opdrachtgever, rapportage AT ref. 18168, Kwakkelwei 2018

RapportZH053709916 Overrijn ong

Inhoud

1 Algemeen

- 1.1 Administratieve gegevens
- 1.2 Statusinformatie
- 1.3 Verontreinigende (onderzochte) activiteiten
- 1.4 Onderzoeksrapporten
- 1.5 Besluiten
- 1.6 Saneringsinformatie
- 1.7 Contactgegevens

2 Disclaimer

1 Algemeen

Dit rapport is opgesteld met de gegevens uit <http://www.bodemloket.nl>.

1.1 Administratieve gegevens

Locatienaam:	Overrijn ong
Identificatiecode volgens bevoegd gezag:	ZH053709916
Locatiecode gemeentelijk BIS:	AA053701193
Adres:	Overrijn 30ong 2223EP KATWIJK ZH
Gegevensbeheerder:	Katwijk

Als de gegevensbeheerder de provincie is, kan er bij de gemeente en/of de omgevingsdienst waar de locatie onder valt meer informatie beschikbaar zijn.

1.2 Statusinformatie

Vervolg: uitvoeren OO.

Omschrijving: Er moet op de locatie een oriënterend onderzoek worden uitgevoerd naar de aard en ernst van de (mogelijke) verontreiniging. De basis voor dit onderzoek is het 'Protocol Oriënterend Onderzoek' (Sdu, 1993).

1.3 Verontreinigende (onderzochte) activiteiten

Omschrijving	Start	Eind
brandstoftank (ondergronds) (631240)	1988	1993
bloemenkwekerij (011214)	1988	1993
brandstoftank (ondergronds) (631240)	1988	1993
sierplanten- en sierstruikenkwekerij (011215)	1931	1966
sierplanten- en sierstruikenkwekerij (011215)	1931	1966
bloemenkwekerij (011214)	1931	1993

1.4 Onderzoeksrapporten

Type	Auteur	Nummer	Datum
Historisch onderzoek	Onbekend	Onbekend	2009-01-13

1.5 Besluiten

Type	Kenmerk	Datum
------	---------	-------

1.6 Saneringsinformatie

Bovengronds	Ondergronds	Start	Eind
-------------	-------------	-------	------

1.7 Contact

Gedetailleerde informatie over deze locatie kunt u opvragen bij

Omgevingsdienst Haaglanden

[https://omgevingsdiensthaaglanden.nl/Opvragen bodemdocumenten](https://omgevingsdiensthaaglanden.nl/Opvragen_bodemdocumenten)

2 Disclaimer

De bodeminformatie omvat alleen informatie die bij de provincie en gemeenten bekend is. Wanneer er geen gegevens op de kaart staan kunnen we niet met zekerheid zeggen dat de ondergrond schoon is. Andersom wijzen historische bedrijfsactiviteiten op de kaart niet zonder meer op bodemverontreiniging. Om daar duidelijkheid in te krijgen moet de bodem verder onderzocht worden.

De inhoud van deze bodeminformatiekaart is met de grootste zorg samengesteld. Toch kan het voorkomen dat de informatie verouderd is of onjuistheden bevat. Wij vragen daarvoor uw begrip. Neem voor de meest actuele situatie van een locatie contact op met de gegevensbeheerder van de locatie. De contactgegevens van de gegevensbeheerder staat hierboven.

Uw reactie stellen we op prijs. Het geeft ons gelegenheid de fouten en gebreken te herstellen.

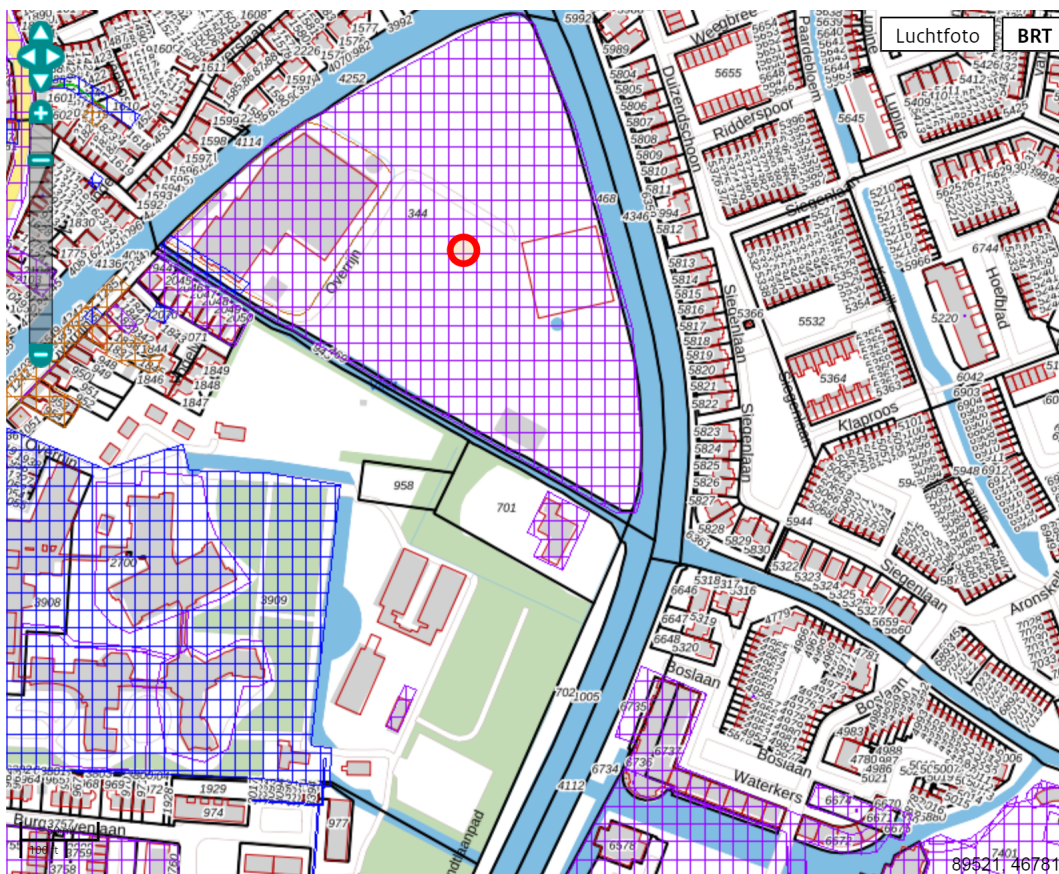
Rijkswaterstaat beheert de website Bodemloket. Vragen over de werking van de website kunt u stellen via onze helpdesk: <http://www.bodemplus.nl/helpdesk>.



Rapport Bodemloket

ZH053709655 bodemkwaliteitskaart locatie A - D

Datum: 2-11-2021



Legenda

Locatie



Voortgang onderzoek

-  Gegevens aanwezig, status onbekend
-  Saneringsactiviteit
-  Voldoende onderzocht/gesaneerd
-  Onderzoek uitvoeren
-  Historie bekend

Mijnsteengebieden

-  Mijnsteengebieden Limburg
Besluit Bodemkwaliteit

Rapport ZH053709655 bodemkwaliteitskaart locatie A - D

Inhoud

1 Algemeen

1.1 Administratieve gegevens

1.2 Statusinformatie

1.3 Verontreinigende (onderzochte) activiteiten

1.4 Onderzoeksrapporten

1.5 Besluiten

1.6 Saneringsinformatie

1.7 Contactgegevens

2 Disclaimer

1 Algemeen

Dit rapport is opgesteld met de gegevens uit <http://www.bodemloket.nl>.

1.1 Administratieve gegevens

Locatienaam:	bodemkwaliteitskaart locatie A - D
Identificatiecode volgens bevoegd gezag:	ZH053709655
Locatiecode gemeentelijk BIS:	AA053700782
Adres:	0
Gegevensbeheerder:	Katwijk

Als de gegevensbeheerder de provincie is, kan er bij de gemeente en/of de omgevingsdienst waar de locatie onder valt meer informatie beschikbaar zijn.

1.2 Statusinformatie

Vervolg:	voldoende onderzocht.
Omschrijving:	De resultaten van het uitgevoerde (historische) bodemonderzoek geven aan dat de (voormalige) activiteiten en/of de onderzoekslocatie voldoende zijn onderzocht in het kader van de Wet bodembescherming.

1.3 Verontreinigende (onderzochte) activiteiten

Omschrijving	Start	Eind
--------------	-------	------

1.4 Onderzoeksrapporten

Type	Auteur	Nummer	Datum
Indicatief onderzoek	05076730/AJ/rap1	05076730/AJ/rap1	2005-09-22
Indicatief onderzoek	05076730/AJ/rap1	05076730/AJ/rap1	2005-09-22
Indicatief onderzoek	05076730/AJ/rap1	05076730/AJ/rap1	2005-09-22
Indicatief onderzoek	05076730/AJ/rap1	05076730/AJ/rap1	2005-09-22

1.5 Besluiten

Type	Kenmerk	Datum
------	---------	-------

1.6 Saneringsinformatie

Bovengronds	Ondergronds	Start	Eind
-------------	-------------	-------	------

1.7 Contact

Gedetailleerde informatie over deze locatie kunt u opvragen bij

Omgevingsdienst Haaglanden

[https://omgevingsdiensthaaglanden.nl/Opvragen bodemdocumenten](https://omgevingsdiensthaaglanden.nl/Opvragen_bodemdocumenten)

2 Disclaimer

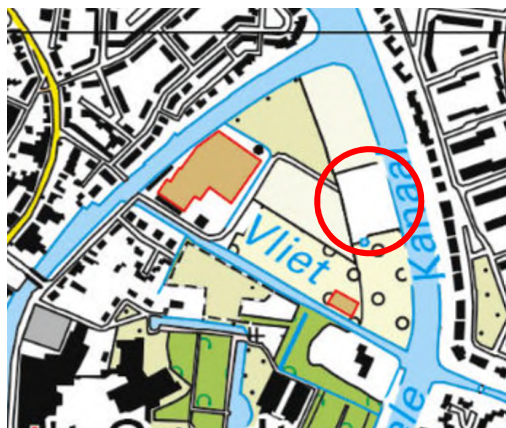
De bodeminformatie omvat alleen informatie die bij de provincie en gemeenten bekend is. Wanneer er geen gegevens op de kaart staan kunnen we niet met zekerheid zeggen dat de ondergrond schoon is. Andersom wijzen historische bedrijfsactiviteiten op de kaart niet zonder meer op bodemverontreiniging. Om daar duidelijkheid in te krijgen moet de bodem verder onderzocht worden.

De inhoud van deze bodeminformatiekaart is met de grootste zorg samengesteld. Toch kan het voorkomen dat de informatie verouderd is of onjuistheden bevat. Wij vragen daarvoor uw begrip. Neem voor de meest actuele situatie van een locatie contact op met de gegevensbeheerder van de locatie. De contactgegevens van de gegevensbeheerder staat hierboven.

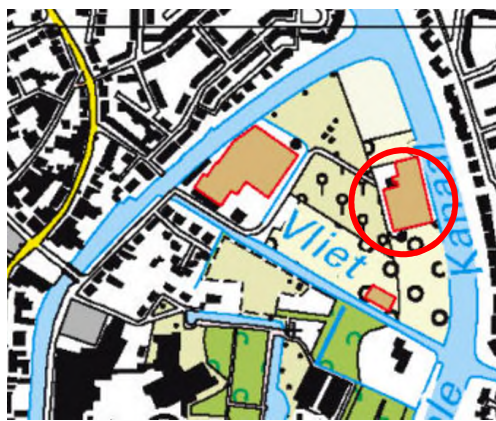
Uw reactie stellen we op prijs. Het geeft ons gelegenheid de fouten en gebreken te herstellen.

Rijkswaterstaat beheert de website Bodemloket. Vragen over de werking van de website kunt u stellen via onze helpdesk: <http://www.bodemplus.nl/helpdesk>.

Topotijdreis Kwakkelwei Katwijk



2020



2015



2005



1995



1990



1980



1970



1960



1950



1930



1910







1966



1938