S T A T I S C H E B E R E K E N I N G E N

STATUS:	FASE VERGUNNING
BETREFT:	ZONNEOVERKAPPING HACKFORT RIETBERGSTRAAT TE ZUTPHEN
KENMERK:	2023-35-3
OPDRACHTGEVER:	VOOR DE VVE, B.V. T.A.V. RENE TER VEER BRUNINGWEG 21, 6827 BM ARNHEM E-MAIL: rene@voordevve.nl, TEL. 0857470059
BOUWKUNDIGE:	EKSOM ONTWERP- EN ADVIESBUREAU ULGERSMAWEG 47, 9731 BK GRONINGEN E-MAIL: info@eksom.nl, TEL. 050 5777566
ADVISEUR:	EKSOM ONTWERP- EN ADVIESBUREAU ULGERSMAWEG 47, 9731 BK GRONINGEN E-MAIL: bakir@eksom.nl, TEL. 050 5777566

B. Abu-Shama
D.D. 27-03-2024

Inhoudsopgave

Algemene voorwaarden en opmerkingen constructies: 3

Algemene gegeven bouwwerk 4

Uitgangspunten berekening 7

Belastingen 7

Stabiliteit 9

Berekening stalenportaal (zonnepanelen) X-as 10

Berekening stalenportaal (zonnepanelen) Y-as 55

Controle bestaand dakvloer 75

Berekening hulpconstructie t.b.v. technische ruimte 76

Berekening hulpconstructie t.b.v. installaties 93

Controle op de draagwanden 110

Verankering voetplaat/kolom 114

BIJLAGEN 115

Algemene voorwaarden en opmerkingen constructies:

ONDER FUNDERINGEN OP STAAL GEEN ISOLATIE TOEPASSEN.
AANLEG VAN FUNDERINGEN OP VASTE GROND TE BEPALEN DOOR GRONDMECHANISCH ONDERZOEK. DIT DIENT RUIM VOOR UITVOERING WERKZAAMHEDEN TE GEBEUREN (PLANNING HIERVAN DOOR AANNEMER OF OPDRACHTGEVER, E.E.A. IN OPDRACHT EN VOOR REKENING VAN DE OPDRACHTGEVER).

GRONDWATERSTAND RUIM VOOR AANVANG VAN DE WERKZAAMHEDEN TE CONTROLEREN DOOR DE AANNEMER, INDIEN NOODZAKELIJK EEN BEMALING TOEPASSEN (DENK AAN OPNAME BUURPANDEN VOOR UITVOERING EN DE NOODZAKELIJKE VERGUNNINGEN HIERVOOR).

DE AANNAMES IN DEZE BEREKENING VAN DE DRAAGRICHTING VAN DE BESTAANDE VLOEREN EN BALKEN EN DE SAMENSTELLING VAN DEZE BESTAANDE CONSTRUCTIES DIENEN DOOR DE AANNEMER RUIM VOOR AANVANG VAN DE WERKZAAMHEDEN TE WORDEN GECONTROLEERD. BIJ AFWIJKING T.O.V. DEZE BEREKENING DIT MELDEN AAN UW CONSTRUCTEUR, CONSTRUCTIES HIEROP AAN TE PASSEN. SYSTEEMVLOEREN VOLGENS TEKENINGEN EN BEREKENINGEN FABRIKANT. OPLEGGING SYSTEEMVLOEREN OP OPLEGVILT.

STALEN BALKEN WELKE WORDEN AANGEBRACHT ONDER BESTAANDE CONSTRUCTIES ONDER SPANNING BRENGEN D.M.V. VIJZELEN OF WIGGEN O.D. E.E.A. TOT STEMPELCONSTRUCTIE SPANNINGENLOOS IS (ZIE OPMERKING HIERONDER).

BIJ HET AANBRENGEN VAN STALEN BALKEN TER GEVOLG VAN DOORBRAAK EN IN BESTAANDE CONSTRUCTIES KAN IN DE BOVENGELEGEN CONSTRUCTIE SCHEURVORMING OPTREDEN ONDANKS EEN ZORGVULDIGE UITVOERING.

SCHEIDINGSWANDEN EN METSELWERKWANDEN OP IN HET WERK GESTORTE (BREEDPLAAT)VLOEREN PLAATSEN NA VERWIJDERING VAN DE ONDERSTEMPELING EN UITHARDING VAN DE VLOER (28 DAGEN).

DOOR UITDROGING EN KRIMP EN KRUIP VAN DE VLOER ZAL IN DE LOOP VAN DE TIJD NOG EEN EXTRA VERVORMING OPTREDEN EN KAN ER OOK NOG SCHEURVORMING IN DE SCHEIDINGSWANDEN OPTREDEN NA DE PERIODE VAN 28 DAGEN.

NIEUWE PENANTEN IN VERBAND METSELEN MET HET BESTAANDE METSELWERK D.M.V. UITTANDEN.
DILATATIES IN METSELWERK AANBRENGEN VOLGENS ADVIES FABRIKANT.
UITBREIDINGEN AANSLUITEN OP BESTAAND METSELWERK D.M.V. DILATATIE.

AFSCHOT DAKEN NAAR HWA MINIMAAL 16 MM PER M.
TER PLAATSE VAN HEMELWATERAFVOER NOODVERLOPEN TOEPASSEN.

<u>STAALCONSTRUCTIES</u>
STAALCONSTRUCTIES: S 235 (INDIEN NIET ANDERS VERMELD)
BOUTEN EN MOEREN KWALIT EI 8.8 GEROLDE DRAAD (INDIEN NIET ANDERS IS AANGEGEVEN).
ANKERBOUTEN KWALITEIT 4.6 GEROLDE DRAAD.
DETAILBEREKENINGEN EN TEKENINGEN STAALCONSTRUCTIES DOOR STAALFABRIKANT TE MAKEN.
KOP- EN VOETPLATEN D=10 MM INDIEN NIET ANDERS IS VERMELD (KOLOM/LIGGER).
LASSEN INDIEN NIET ANDERS IS AANGEGEVEN MIN. A= 5 RONDOM.
OPLEGGING VAN STALENLIGGERS INDIEN NIET ANDERS IS VERMELD 200 MM.
VOETMORTEL K30.
STALEN HEKWERKEN VOLGENS TEKENING EN BEREKENING FABRIKANT.
STALEN HOEKLIJNEN NIET ONDERSTEMPELEN TIJDENS METSELEN.
HOOFDDRAAGCONSTRUCTIES BRANGWEREND BEKLEDEN VOLGENS EISEN GELDENDE BOUWBESLUIT.

<u>HOUTENCONSTRUCTIES</u>
INDIEN NIET ANDERS IS AANGEGEVEN GELDEN DE VOLGENDE SPECIFICATIES:
GORDINGEN-SPANTEN-BALKLAGEN: STANDAARD BOUWHOUT KWALITEIT C18
GELAMINEERD HOUT GL24H (OPLEGGING OP VILT VOLGENS ADVIES FABRIKANT).
BESCHOT HOUTENVLOEREN: 19 MM UNDERLAYMENT.
DE PALEN IN HALFSTEENSVERBAND TE LEGGEN EN BEVESTIGGEN D.M.V. SCHOEVEN.

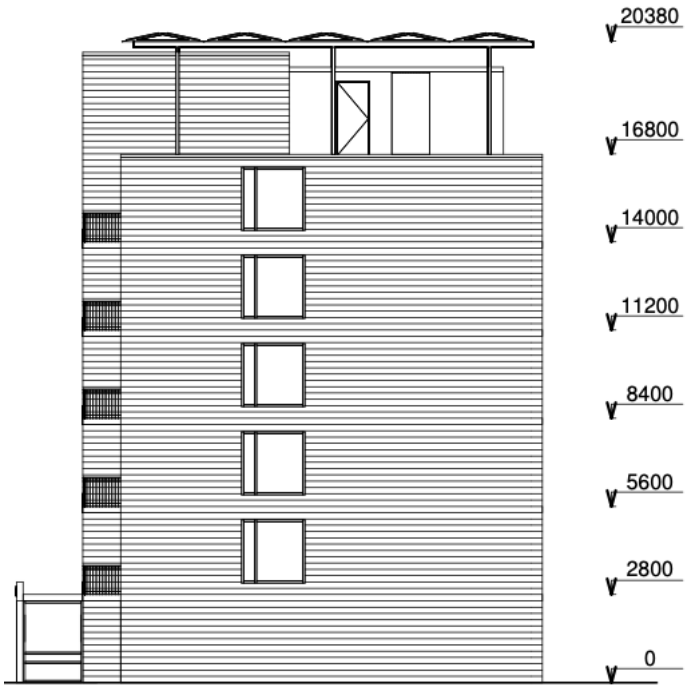
<u>GORDIGNEN</u>
AAN INDERE GORDING STORMANKER T.P.V. OPLEGGINGEN
AAN IEDERE GORDING HAAKANKER T.P.V. GEVEL
AAN IEDERE GORDING KOPPELSTRIP T.P.V. TUSSENOPLEGGING

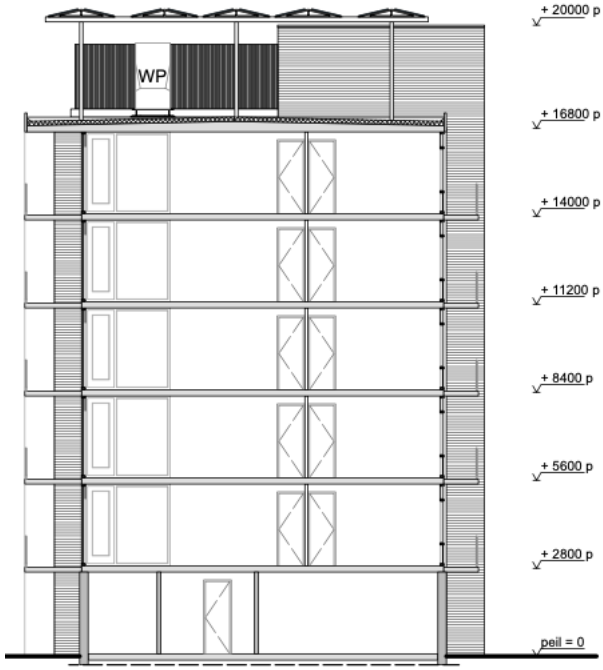
<u>PLAT DAK BALKEN</u>
OP DE ANDERE BALK STORMANKER T.P.V. OPLEGGINGEN LG. 700 MM.
OM DE ANDERE BALK HAAKANKER T.P.V. OPLEGGING.
STRIJKBALKANKERS AANBRENGEN H.O.H. MAX. 2000 MM.

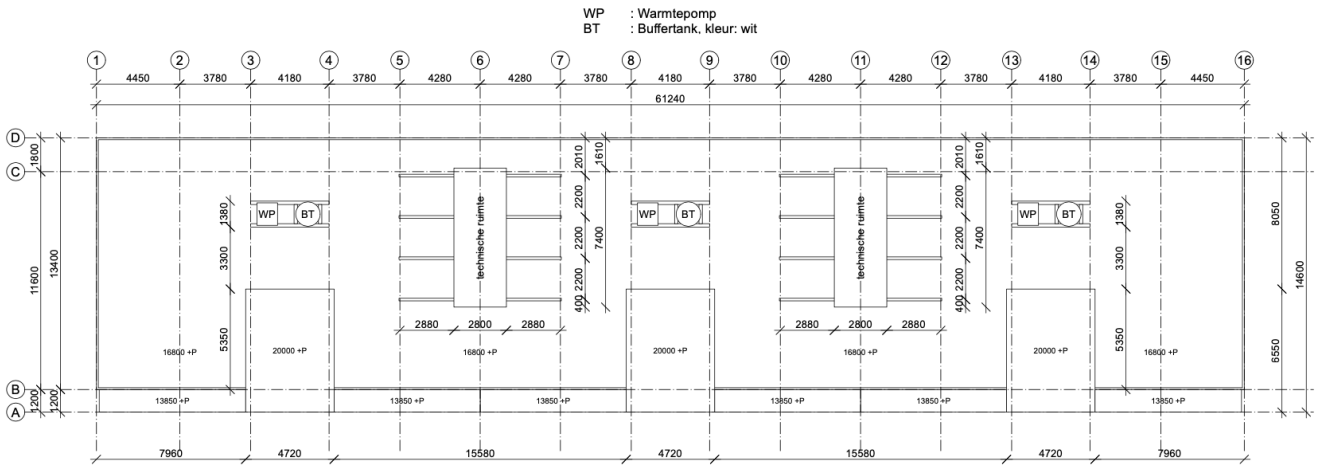
<u>BALKLAGEN VLOEREN</u>
OM DE ANDERE BALK EEN HAAKANKER TOEPASSEN
T.P.V. TUSSENWANDEN WAAR BALKLAGEN WORDEN GELAST EEN KOPPELANKER AANBRENGEN OP DE ANDERE BALK.
STRIJKBALKANKERS AANBRENGEN H.O.H. MAX. 2000 MM.

Algemene gegeven bouwwerk

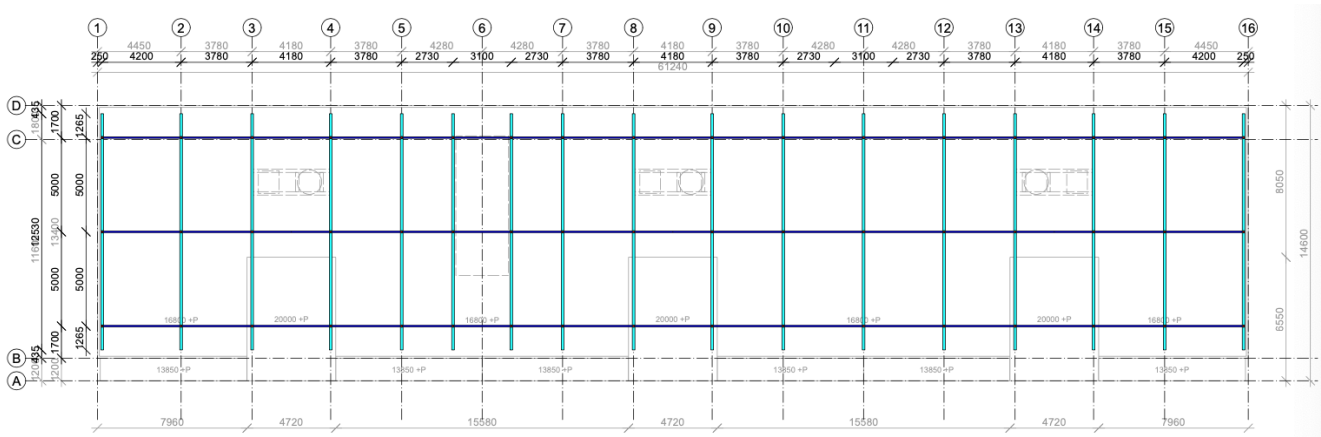
Voor het plaatsen van zonnepanelen op stalenframe, een technische ruimen en installatie op het dak van het pand, is er een (controle) berekeningen gemaakt om na te gaan of de constructie veilig is voor het realiseren van het plan. De berekening is gemaakt aan de hand van de tekeningen en berekeningen die beschikbaar zijn via het archief en de nieuwe tekeningen met het zonnepanelenplan en installatie. Deze stukken zijn als bijlage toegevoegd. Hieronder zijn er aantal afbeeldingen weergegeven van de bouwtekeningen. Middels deze berekening wordt ook de hulpconstructie en verankering meegenomen. Ook wordt de oplegging gecontroleerd van de bestaande constructieve delen.


20380
16800
14000
11200
8400
5600
2800
0

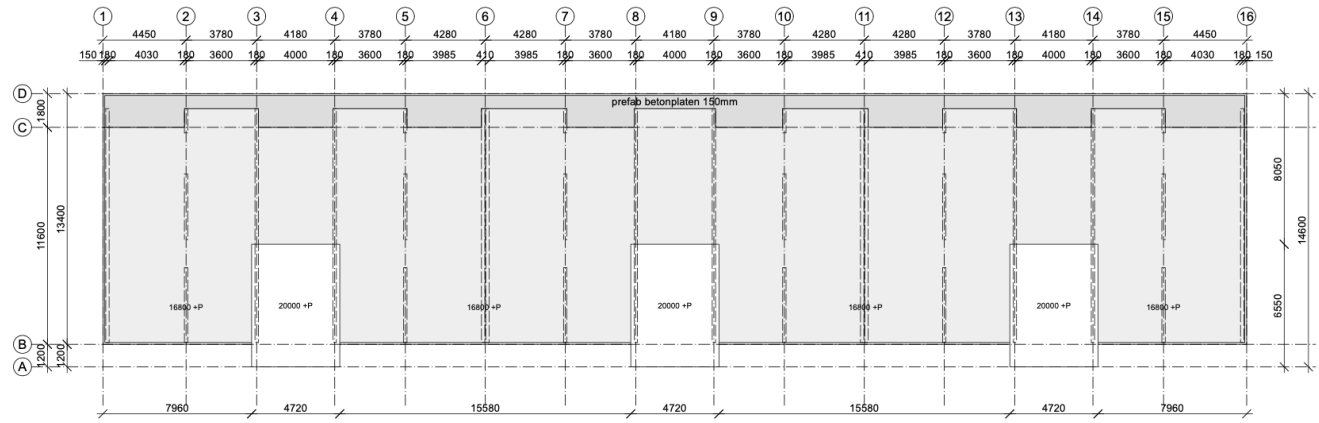

WP
+ 20000 p
+ 16800 p
+ 14000 p
+ 11200 p
+ 8400 p
+ 5600 p
+ 2800 p
peil = 0



Stalenconstructie t.b.v. installatie en technische ruimte



Stalenconstructie van de overkapping t.b.v. zonnepanelen



Constructieprincipe flat

Uitgangspunten berekening

Normen
De volgende normen zijn van toepassing:

NEN-EN 1990	Eurocode 0 - Grondslagen
NEN-EN 1991	Eurocode 1 - Belastingen op constructies
NEN-EN 1992	Eurocode 2 - Ontwerp en berekening van betonconstructies
NEN-EN 1993	Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies
NEN-EN 1994	Eurocode 4 - Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies
NEN-EN 1995	Eurocode 5 - Ontwerp en berekening van houtconstructies
NEN-EN 1996	Eurocode 6 - Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk
NEN-EN 1997	Eurocode 7 - Geotechnisch ontwerp

Materialen
De volgende materialen zijn toegepast:

Staal	Walsprofielen	S235
	Kokerprofielen	S235
	Bouten	8.8
	Ankers	4.6
Hout		C18 / C24
Beton	In het werk gestort	C20/25
	Betonstaal	B500A/B

Ontwerplevensduur
De ontwerplevensduur van het bouwwerk is 50 jaar.

ontwerplevensduur t = 50 jaar

ψ_0 = 0,40

reductiefactor r_f= $1 + \frac{(1 - \psi_0)}{9} * \ln\left(\frac{t}{50}\right)$ = 1,00

Gevolgklasse en belastingfactoren

Gevolgklasse	= CC2 - nieuwbouw
γ_{Ga}	= 1,35
γ_{Gb}	= 1,20
γ_{Q}	= 1,50
$\gamma_{Q,w}$	= 1,50

Belastingen

WOONFLAT:

ONTWERPLEVENSDUUR:	KLASSE 3	=>	ONTWERPLEVENSDUUR: 50 JAAR
GEVOLGKLASSE:	CC2		
VLOEREN/TRAPPEN:		GEBRUIKSKLASSE A	
DAKEN:		GEBRUIKSKLASSE H	
GEBRUIKSKLASSE A:		Ψ0= 0.4 Ψ1= 0.5	Ψ2= 0.3 VLOEREN
GEBRUIKSKLASSE H:		Ψ0= 0.0 Ψ1= 0.0	Ψ2= 0.0 DAKEN
SNEEUWBELASTING :		Ψ0= 0.0 Ψ1= 0.2	Ψ2= 0.0
WINDBELASTING :		Ψ0= 0.0 Ψ1= 0.2	Ψ2= 0.0
TEMPERATUUR :		Ψ0= 0.0 Ψ1= 0.5	Ψ2= 0.0

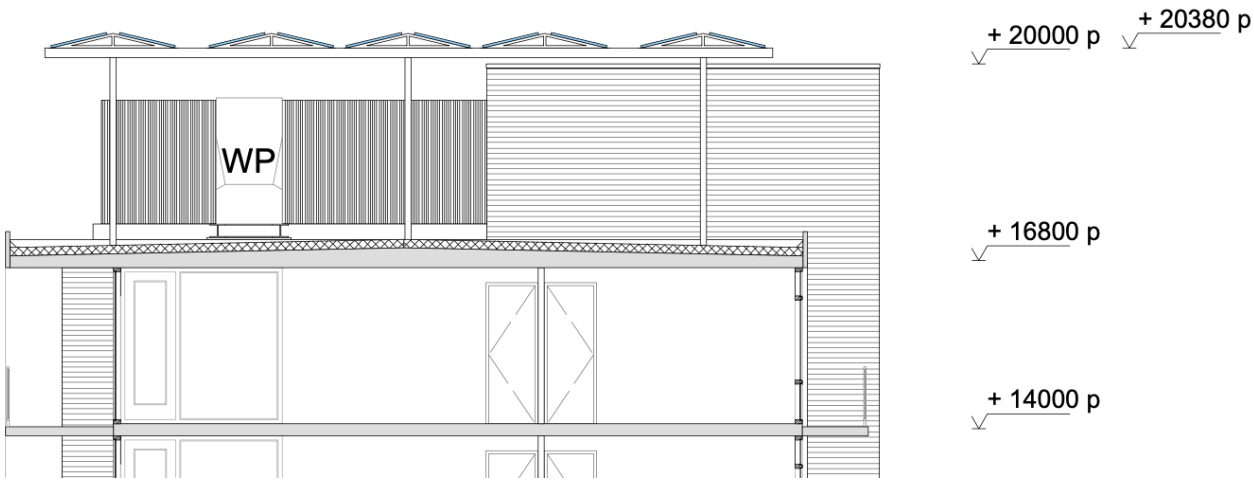
Belastingaannamen flat nieuwe situatie

	Permanent KN/m2	Veranderlijk KN/m2
Zonnepanelen		
➢ Zonnepanelen incl. onder frame	0,25 kN/m2	
➢ Stalen constructie	Zie rekensoftware	
➢ Veranderlijk		0,56
Technische ruimte		
➢ permanent	2,48 kN/m2	
➢ veranderlijk		4,00 kN/m2
Installatie		
➢ permanent warmtepomp	4,50 kN/m2	
➢ permanent buffer	12,50 kN/m2	
Dak		
➢ Betonvloer 150 mm	3,75	
➢ Afwerking	0,90	
➢ Veranderlijk		0,56
	4,65 KN/m2	**0,56 KN/m2**
Verdiepingen		
➢ Betonvloer 160 mm	4,00	
➢ Afwerkvloer	0,60	
➢ Variabel (incl. lichte scheidingswanden)		2,50
	4,60 KN/m2	**2,50 KN/m2**
Begane grondvloer		
➢ Betonvloer 160 mm	4,00	
➢ Afwerkvloer	0,60	
➢ Variabel (incl. lichte scheidingswanden)		2,50
	4,60 KN/m2	**2,50 KN/m2**
Wanden		
➢ HSB-wanden	0,80 KN/m2	
➢ PUI/Kozijnen/deur	0,75 KN/m2	
➢ Betonwand 180 mm	4,50 KN/m2	
Windbelasting		**1,14 KN/m2**
➢ Stuwdrukgebied II		
➢ Onbebouwde omgeving		
➢ Gebouwhoogte, h=25,60 m		
Sneeuwbelasting		
➢ Dak C1 = 0,8	**Psn;rep = 0,7**	**0,56 KN/m2**

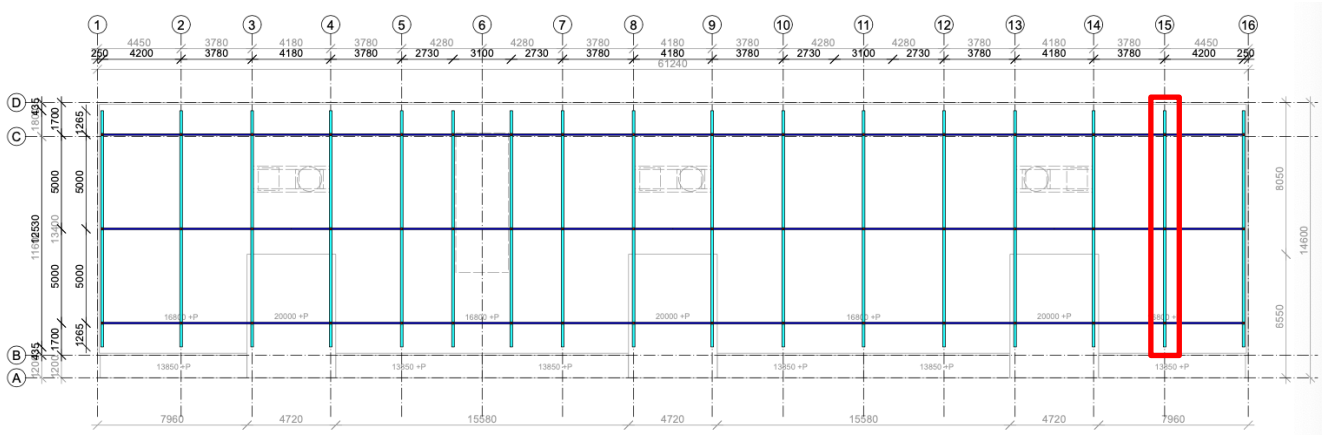
De windbelasting is ook middels een generator van de software gerekend bij de portaalberekening van de stalen frame.

Stabiliteit

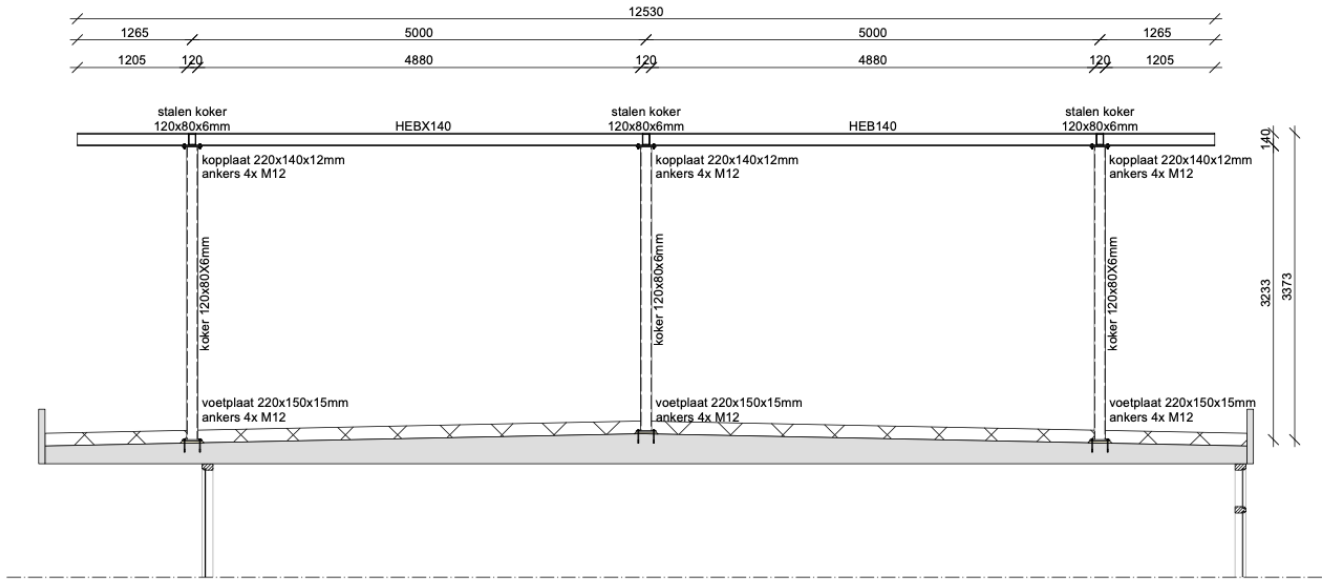
Het stalenframe bestaat uit portalen die de wind opvangt in de horizontale X-as richting. De wind in de horizontale (Y) richting is actief op een hoogte (zonnepanelen) van 0,38 m. Om de stabiliteit van de stalenframe te kunnen waarborgen is er ook in de Y-as richting ook een koker toegepast die de druk kan opvangen tussen de portalen. De kolommen worden op de bestaande dragende betonwanden verankerd. Daarnaast wordt de stalenframe aan de trappenhuizen verankerd om extra stabiliteit uit te kunnen halen.



Berekening stalenportaal (zonnepanelen) X-as



Constructieplan overkapping



Aanzicht overkapping

Belastingaanname overkapping

- Permanent zonnepanelen incl. oplegframe 0,25 kN/m2
- Sneeuw op zonnepanelen conform belasting generator software programma
- Windbelasting op X-as richting conform belasting generator software programma
  Op de horizontale richting is deze (1,14 kN/m2 x (0,90 m2 frame + 1,52 m2 zonnepanelen) 2,76 kN

Berekening portaal stalenframe (zonnepanelen) X-as

Bestand :....Berekening portaal zonneoverkapping.xfr2

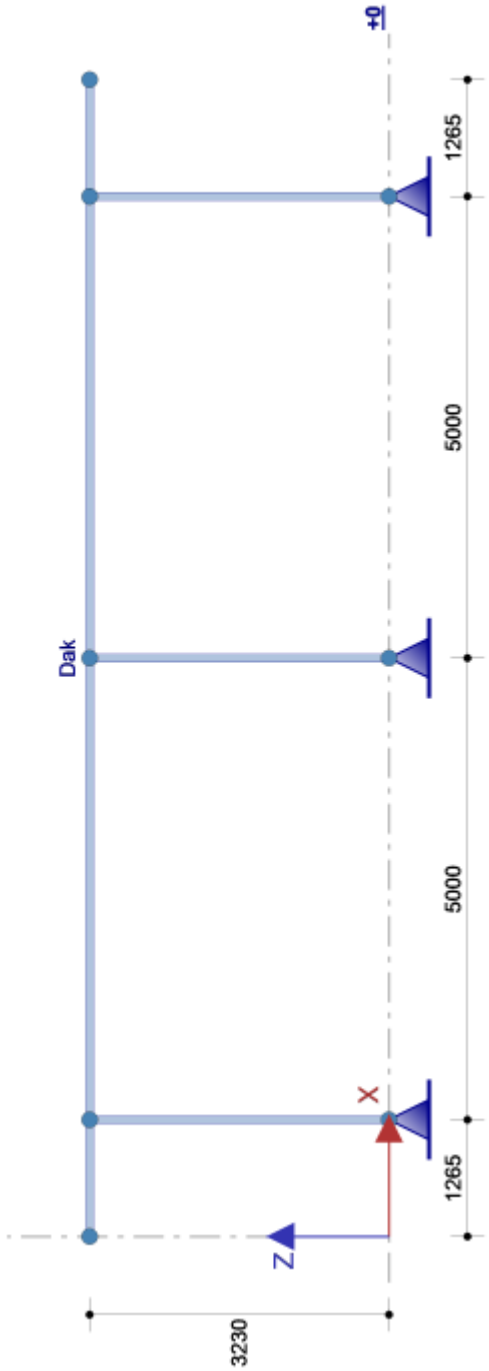
Inhoudsopgave

1.1 KNOPEN..... 4
1.2 STAVEN..... 4
1.3 PROFIELEN..... 4
1.4 Sneeuwbelasting..... 5
1.5 Winddrukken..... 6
1.6 Windbelastingen..... 6
1.7 BELASTINGSGEVALLEN..... 7
1.8 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht..... 7
1.9 BELASTINGSGEVAL 2 Sneeuw 1..... 9
1.10 BELASTINGSGEVAL 3 Wind van links A + Onderdruk..... 10
1.11 BELASTINGSGEVAL 4 Wind van links A + Overdruk..... 11
1.12 BELASTINGSGEVAL 5 Wind van links B + Onderdruk..... 12
1.13 BELASTINGSGEVAL 6 Wind van links B + Overdruk..... 13
1.14 BELASTINGSGEVAL 7 Wind van rechts A + Onderdruk..... 14
1.15 BELASTINGSGEVAL 8 Wind van rechts A + Overdruk..... 15
1.16 BELASTINGSGEVAL 9 Wind van rechts B + Onderdruk..... 16
1.17 BELASTINGSGEVAL 10 Wind van rechts B + Overdruk..... 17
1.18 BELASTINGSGEVAL 11 Wind loodrecht A + Onderdruk..... 18
1.19 BELASTINGSGEVAL 12 Wind loodrecht A + Overdruk..... 19
1.20 BELASTINGSGEVAL 13 Wind loodrecht B + Onderdruk..... 20
1.21 BELASTINGSGEVAL 14 Wind loodrecht B + Overdruk..... 21
1.22 BELASTINGSGEVAL 15 Windbelasting 22
2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand..... 23
2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)..... 23
2.2.2 Omhullende reactiekrachten..... 28
2.2.2 Omhullende reactiekrachten..... 29
2.2.3 Omhullende staafkrachten..... 30
2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)..... 31
2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen..... 35
2.4 EN1993 TOETSINGEN..... 35
2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen..... 36
2.5 BEREKENING VAN UNITY CHECKS..... 38
2.5.1 Staaf 2 - HFRHS120X80X6 (S235)..... 38
2.5.2 Staaf 4 - HE140B (S235)..... 41

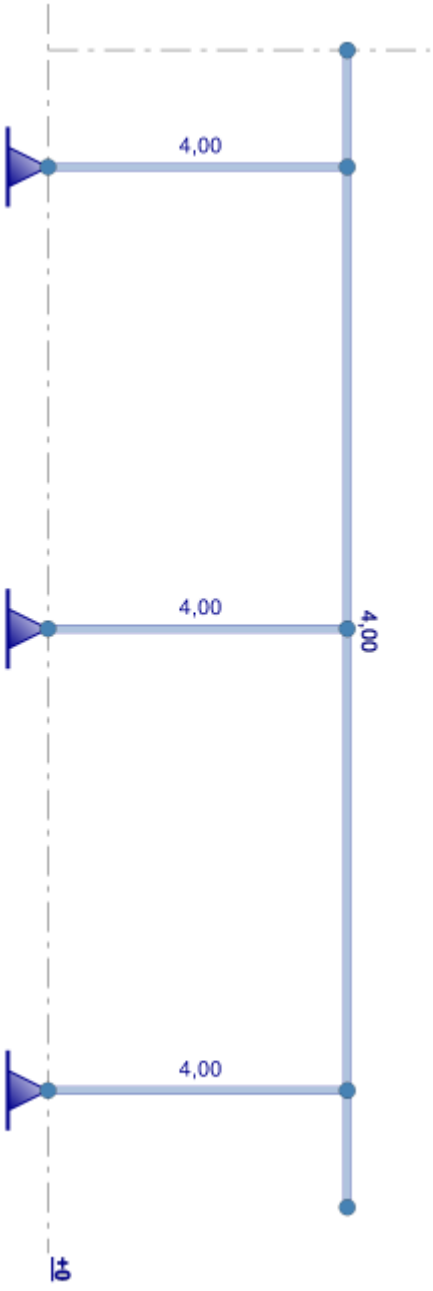
Gehanteerde normen: : NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl
Gevolgklasse : CC2

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s ^{2}

1 Invoergegevens



Belastingbreedten


4,00
4,00
4,00
4,00
z
y

1.1 KNOPEN

Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	1265	0	A	A	
2	6265	0	A	A	
3	11265	0	A	A	
4	0	3230			
5	1265	3230			
6	6265	3230			
7	11265	3230			
8	12530	3230			

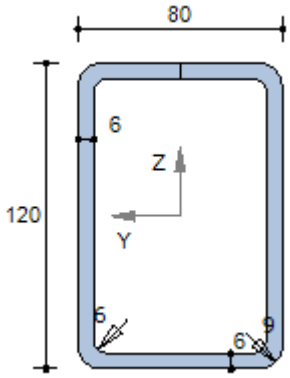
1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	5		HFRHS120X80X6	3230
2	2	6		HFRHS120X80X6	3230
3	3	7		HFRHS120X80X6	3230
4	4	8		HE140B	12530

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm²]	A [mm²]	Iy [mm4]	Wy;el_1 [mm³]	Wy;el_2 [mm³]
1	HFRHS120X80X6	17,4	210000	2,217E3	4,2307E6	7,0512E4	7,0512E4
2	HE140B	33,7	210000	4,298E3	1,5099E7	2,157E5	2,157E5

HFRHS120X80X6



Materiaalgegevens

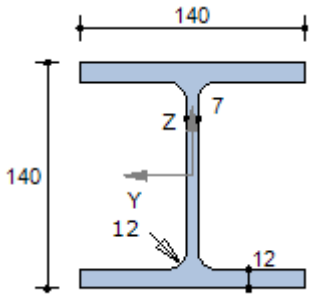
Staalsoort	S235 (Warmgewalst)							
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000	N/mm ^{2}				

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	40,0	mm	z_{max}	=	60,0	mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-40,0	mm	z_{min}	=	-60,0	mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0	mm	y_s	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	2216,7	mm ^{2}	G	=	17,4	kg/m
Statisch moment	S_y	=	43632	mm ^{3}	S_z	=	32745	mm ^{3}
Traagheidsmoment	I_y	=	4230730	mm ^{4}	I_z	=	2221400	mm ^{4}

Traagheidsstraal	i_y	=	43,7	mm	i_z	=	31,7	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	70512	mm^3	$W_{z;el}$	=	55535	mm^3
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0	mm^3	hoek	=	0,00	graden
Traagheidsmoment	I_{max}	=	4230730	mm^4	I_{min}	=	2221400	mm^4
Traagheidsstraal	i_{max}	=	43,7	mm	i_{min}	=	31,7	mm
Halveringslijn	z_h	=	0,0	mm	y_h	=	0,0	mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	87264	mm^3	$W_{z;pl}$	=	65491	mm^3

HE140B



Materiaalgegevens

Staalsoort	S235 (Warmgewalst)			
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000	N/mm^2

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	70,0	mm	z_{max}	=	70,0	mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-70,0	mm	z_{min}	=	-70,0	mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0	mm	y_s	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	4297,9	mm^2	G	=	33,7	kg/m
Statisch moment	S_y	=	122775	mm^3	S_z	=	59902	mm^3
Traagheidsmoment	I_y	=	15098936	mm^4	I_z	=	5496836	mm^4
Traagheidsstraal	i_y	=	59,3	mm	i_z	=	35,8	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	215699	mm^3	$W_{z;el}$	=	78526	mm^3
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0	mm^3	hoek	=	0,00	graden
Traagheidsmoment	I_{max}	=	15098936	mm^4	I_{min}	=	5496836	mm^4
Traagheidsstraal	i_{max}	=	59,3	mm	i_{min}	=	35,8	mm
Halveringslijn	z_h	=	0,0	mm	y_h	=	0,0	mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	245549	mm^3	$W_{z;pl}$	=	119803	mm^3

1.4 Sneeuwbelasting

Karakteristieke sneeuwbelasting op de grond : 0,700 kN/m^2

Dakhelling 0,0 graden $\mu_1 = \mu_2 = 0,80$ $\mu_3 = 0,80$

Let op! De belastinggenerator houdt geen rekening met situatie voor μ 3 (sneeuwophoping voor daken met meer dan één overspanning) volgens art. 5.3.4 - figuur 5.4!

Belastingsschikkingen art. 5.2

1.5 Winddrukken

Windgebied	: II	Referentieperiode wind T	: 50 jaar
Terreincategorie	: II Onbebouwd gebied		
Hoogte van het gebouw h	: 0,45 m	Hoogte boven maaiveld	: 20,5 m
Breedte van het gebouw	: 14,60 m	Diepte van het gebouw d	: 41,0 m
A - De afstand kopgevel - hart spant	: 4,20 m	B - Belastingbreedte spant	: 4,0 m

Terreinruwheid art. 4.3.2

$$k_r(z) = 0{,}19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0{,}07} = 0{,}19 \times \left(\frac{0{,}2}{0{,}05}\right)^{0{,}07} = 0{,}209 \quad (4.5)$$

$z_{min}\ (4) < z < z_{max}\ (200)$ $\quad c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0{,}209 \times \ln\left(\frac{20{,}5}{0{,}2}\right) = 0{,}969$ (4.4)

Variatie met hoogte art. 4.3.1

$V_b = c_{dir} . c_{season} . V_{b,0} = 1{,}000 \times 1{,}000 \times 27 = 27$ m/s (4.1)

$V_m(z) = c_r(z) . c_o(z) . V_b = 0{,}969 \times 1{,}000 \times 27 = 26{,}172$ m/s (4.3)

Windturbulentie art. 4.4

$\sigma_v = k_r . V_b . k_I = 0{,}209 \times 27{,}00 \times 1{,}000 = 5{,}653$ m/s (4.6)

$z_{min} < z < z_{max}$ $\quad I_v(z) = \frac{\sigma_v}{V_m(z)} = \frac{5{,}653}{26{,}172} = 0{,}216$ (4.7)

Extreme stuwdruk art. 4.5

$q_p(z) = (1 + 7 . I_v(z)) . ½ . \rho . V_m^2(z) = (1 + 7 \times 0{,}216) \times ½ \times 1{,}25 \times 26{,}172^2 = 1{,}075$ kN/m^2 (4.8)

Bepaling van $c_s c_d$ art. 6.2

$c_s c_d = 1{,}00$

1.6 Windbelastingen

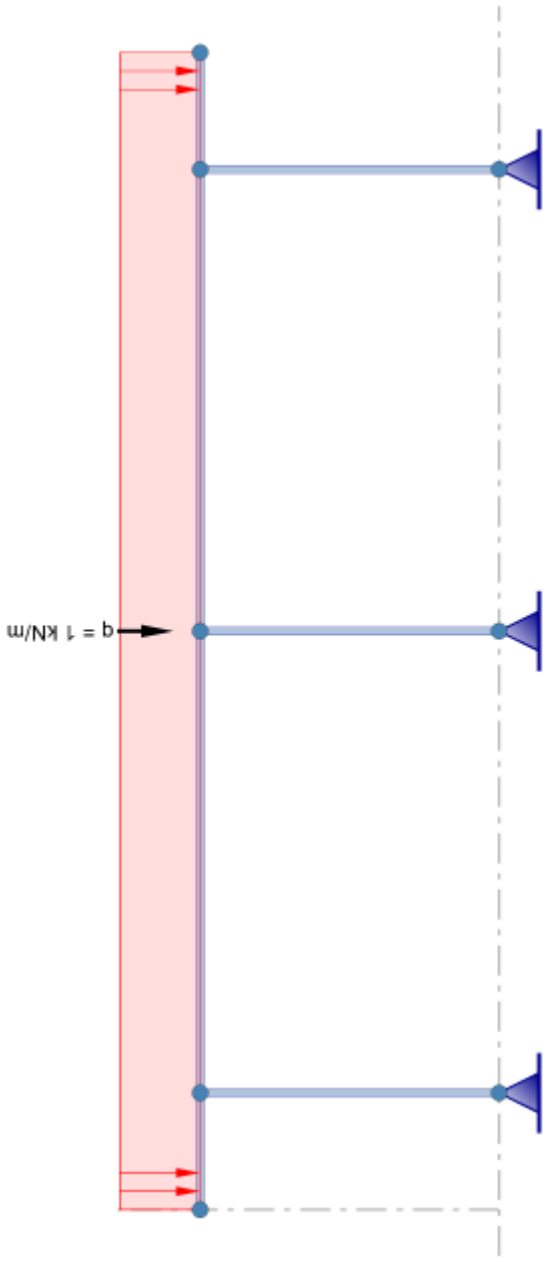
Ref.	Hoek [graden]	Zone	Cpi/Cpe	ze [m]	qp(ze) [kN/m2]	breedte [m]	qw [kN/m]	Art.
qw01	0,0	→ G	-1,200	20,50	1,075	4,0	-5,162	Tabel 7.2
qw02	0,0	→ H	-0,700	20,50	1,075	4,0	-3,011	"
qw03	0,0	→ I	+0,200	20,50	1,075	4,0	0,860	"
qw04	0,0	→ I	-0,200	20,50	1,075	4,0	-0,860	"
qw05	0,0	← G	-1,200	20,50	1,075	4,0	-5,162	"
qw06	0,0	← H	-0,700	20,50	1,075	4,0	-3,011	"
qw07	0,0	← I	+0,200	20,50	1,075	4,0	0,860	"
qw08	0,0	← I	-0,200	20,50	1,075	4,0	-0,860	"
qw09	0,0	↑ I	+0,200	20,50	1,075	4,0	0,860	"
qw10	0,0	↑ I	-0,200	20,50	1,075	4,0	-0,860	"
qw11		→	-0,450	20,50	1,075	4,0	-1,936	Art. 7.2.9
qw12		→	+0,720	20,50	1,075	4,0	3,097	"
qw13		←	-0,450	20,50	1,075	4,0	-1,936	"
qw14		←	+0,720	20,50	1,075	4,0	3,097	"
qw15		↑	-0,450	20,50	1,075	4,0	-1,936	"
qw16		↑	+0,720	20,50	1,075	4,0	3,097	"

*) Correlatie volgens 7.2.2 (3): 1,00

1.7 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ0	ψ1	ψ2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Sneeuw 1	Sneeuw	0,00	0,20	0,00
3	Wind van links A + Onderdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
4	Wind van links A + Overdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
5	Wind van links B + Onderdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
6	Wind van links B + Overdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
7	Wind van rechts A + Onderdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
8	Wind van rechts A + Overdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
9	Wind van rechts B + Onderdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
10	Wind van rechts B + Overdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
11	Wind loodrecht A + Onderdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
12	Wind loodrecht A + Overdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
13	Wind loodrecht B + Onderdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
14	Wind loodrecht B + Overdruk	Wind	0,00	0,20	0,00
15	Windbelasting	Wind	0,00	0,20	0,00

1.8 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht


q = 1 kN/m

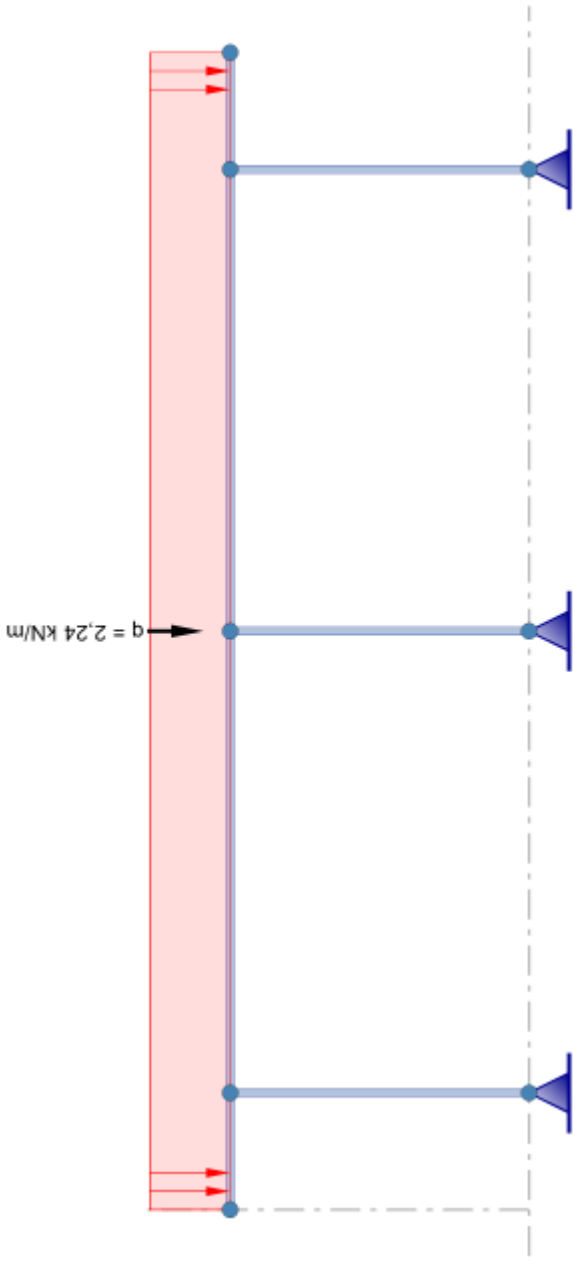
***) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!**

Totaal eigen gewicht: : 580 kg.

1.8.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-0,171 kN/m	-0,171 kN/m	-90,0	1	0	3230
2	q	-0,171 kN/m	-0,171 kN/m	-90,0	2	0	3230
3	q	-0,171 kN/m	-0,171 kN/m	-90,0	3	0	3230
4	q	-0,331 kN/m	-0,331 kN/m	0,0	4	0	12530
4	q	-1,000 kN/m	-1,000 kN/m	0,0	4	0	12530

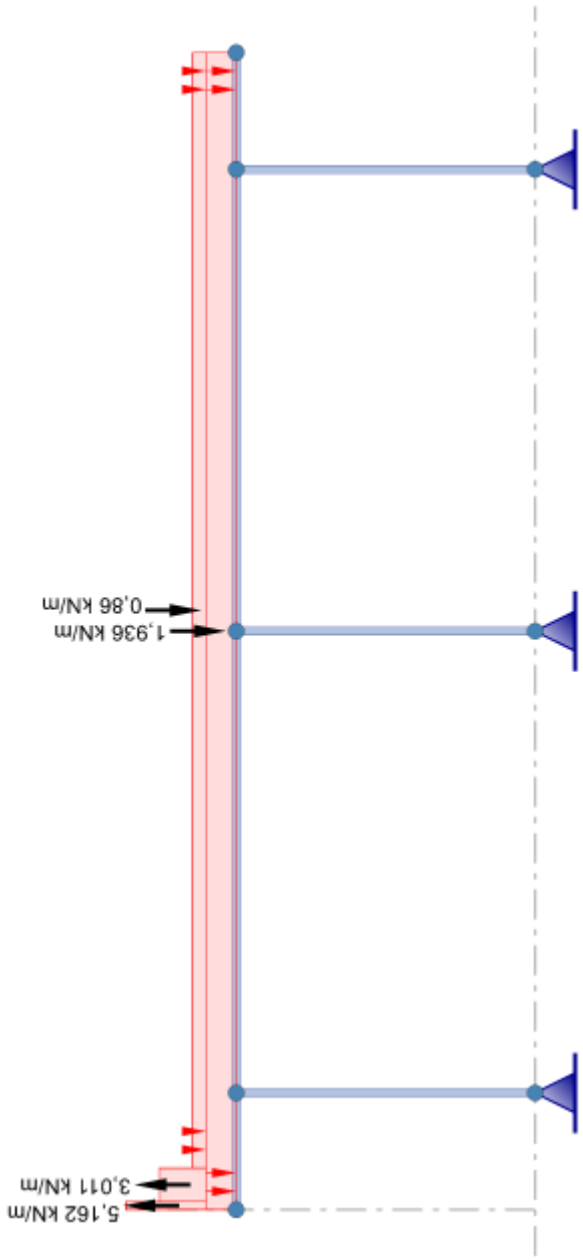
1.9 BELASTINGSGEVAL 2 Sneeuw 1



1.9.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4		-2,240 kN/m	-2,240 kN/m	0,0	4	0	12530

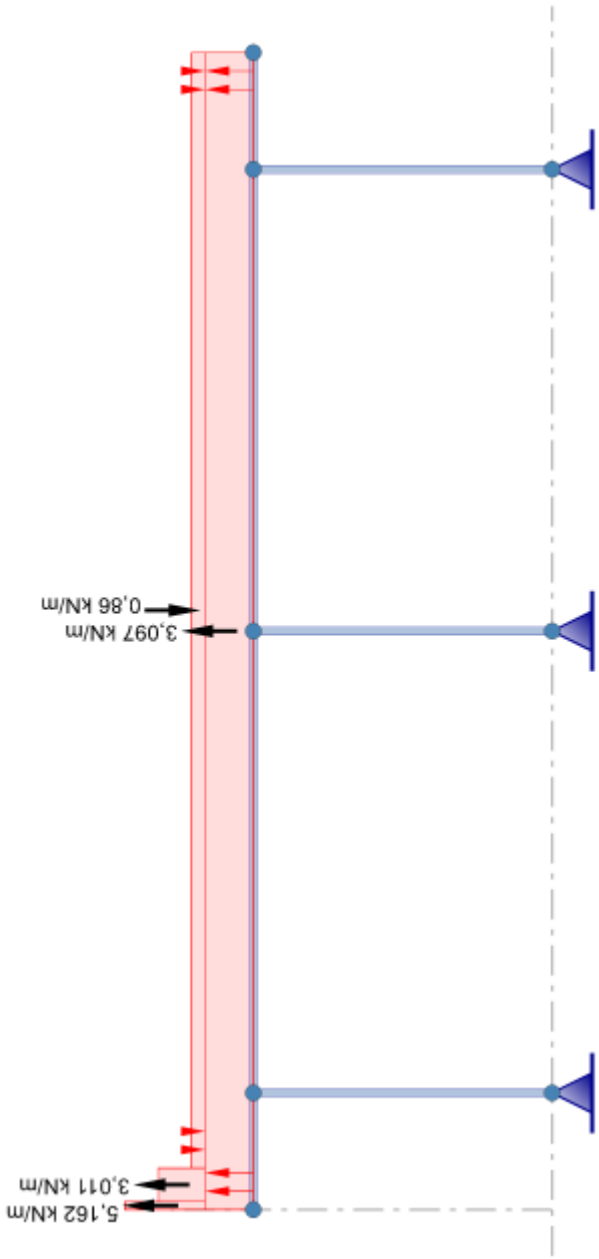
1.10 BELASTINGSGEVAL 3 Wind van links A + Onderdruk



1.10.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw01	5,162 kN/m	5,162 kN/m	0,0	4	0	90
4	qw02	3,011 kN/m	3,011 kN/m	0,0	4	90	360
4	qw03	-0,860 kN/m	-0,860 kN/m	0,0	4	450	12080
4	qw11	-1,936 kN/m	-1,936 kN/m	0,0	4	0	12530

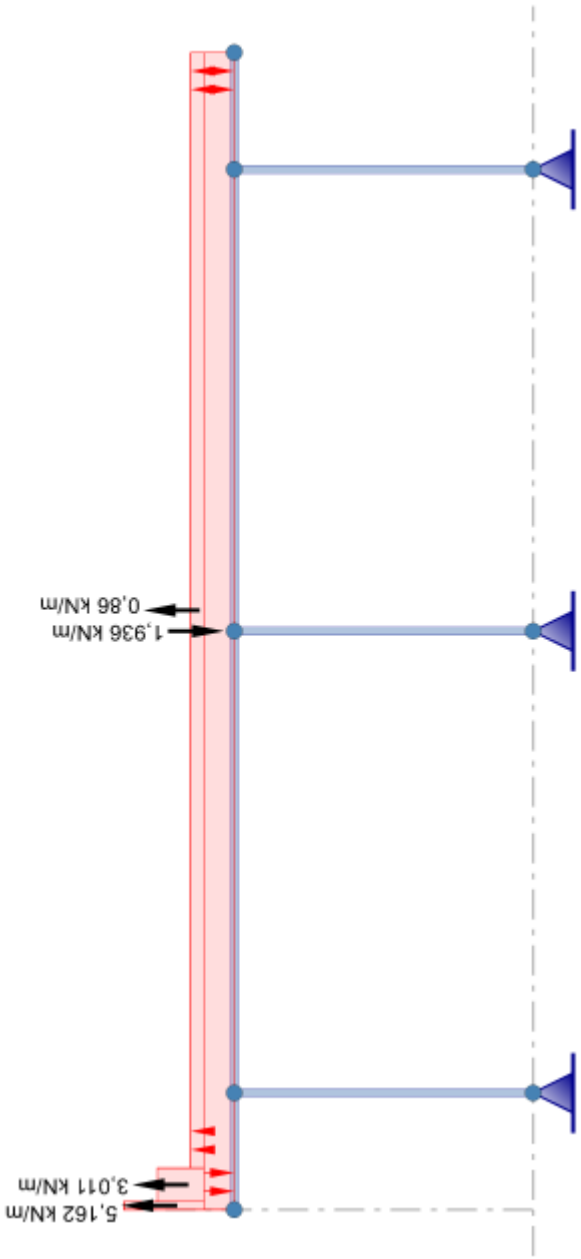
1.11 BELASTINGSGEVAL 4 Wind van links A + Overdruk



1.11.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw01	5,162 kN/m	5,162 kN/m	0,0	4	0	90
4	qw02	3,011 kN/m	3,011 kN/m	0,0	4	90	360
4	qw03	-0,860 kN/m	-0,860 kN/m	0,0	4	450	12080
4	qw12	3,097 kN/m	3,097 kN/m	0,0	4	0	12530

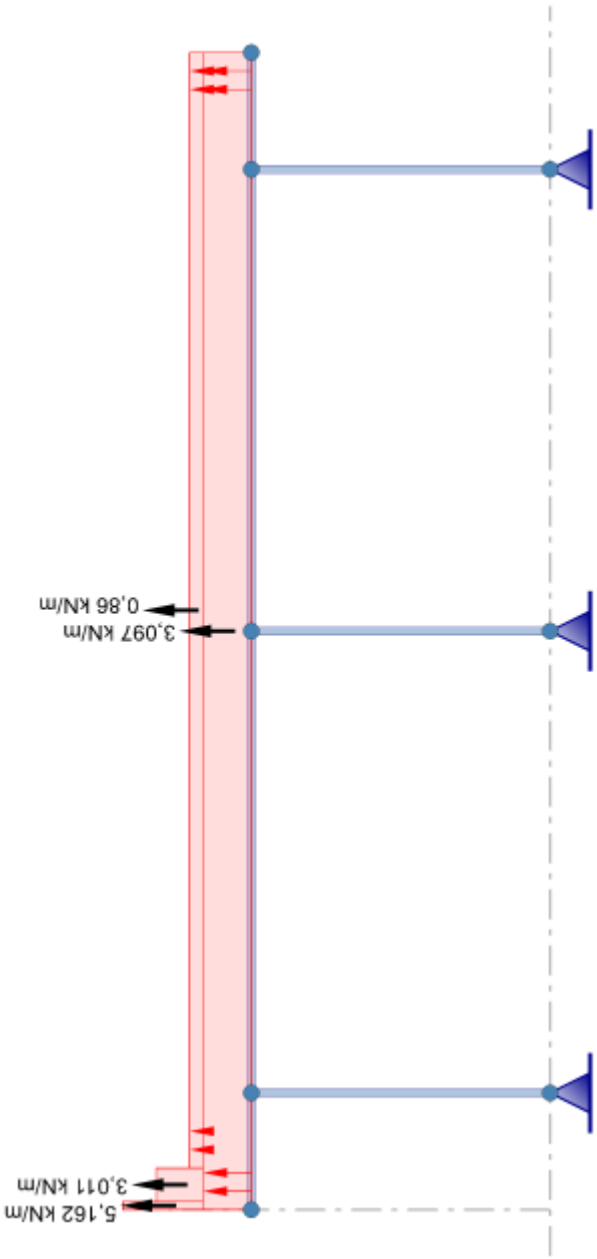
1.12 BELASTINGSGEVAL 5 Wind van links B + Onderdruk



1.12.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw01	5,162 kN/m	5,162 kN/m	0,0	4	0	90
4	qw02	3,011 kN/m	3,011 kN/m	0,0	4	90	360
4	qw04	0,860 kN/m	0,860 kN/m	0,0	4	450	12080
4	qw11	-1,936 kN/m	-1,936 kN/m	0,0	4	0	12530

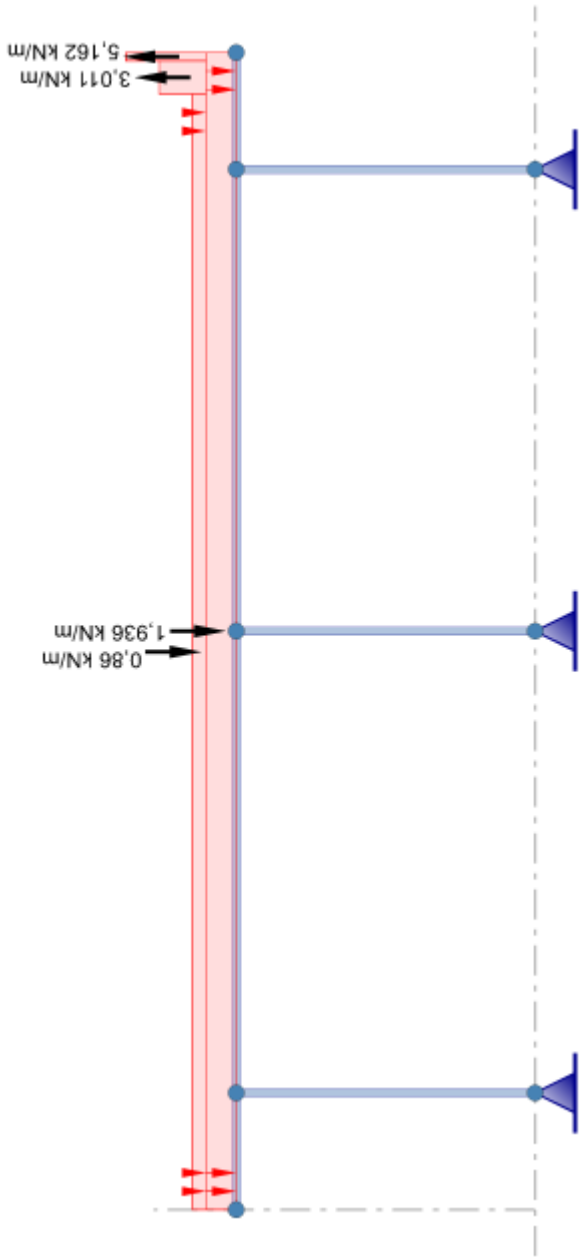
1.13 BELASTINGSGEVAL 6 Wind van links B + Overdruk



1.13.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw01	5,162 kN/m	5,162 kN/m	0,0	4	0	90
4	qw02	3,011 kN/m	3,011 kN/m	0,0	4	90	360
4	qw04	0,860 kN/m	0,860 kN/m	0,0	4	450	12080
4	qw12	3,097 kN/m	3,097 kN/m	0,0	4	0	12530

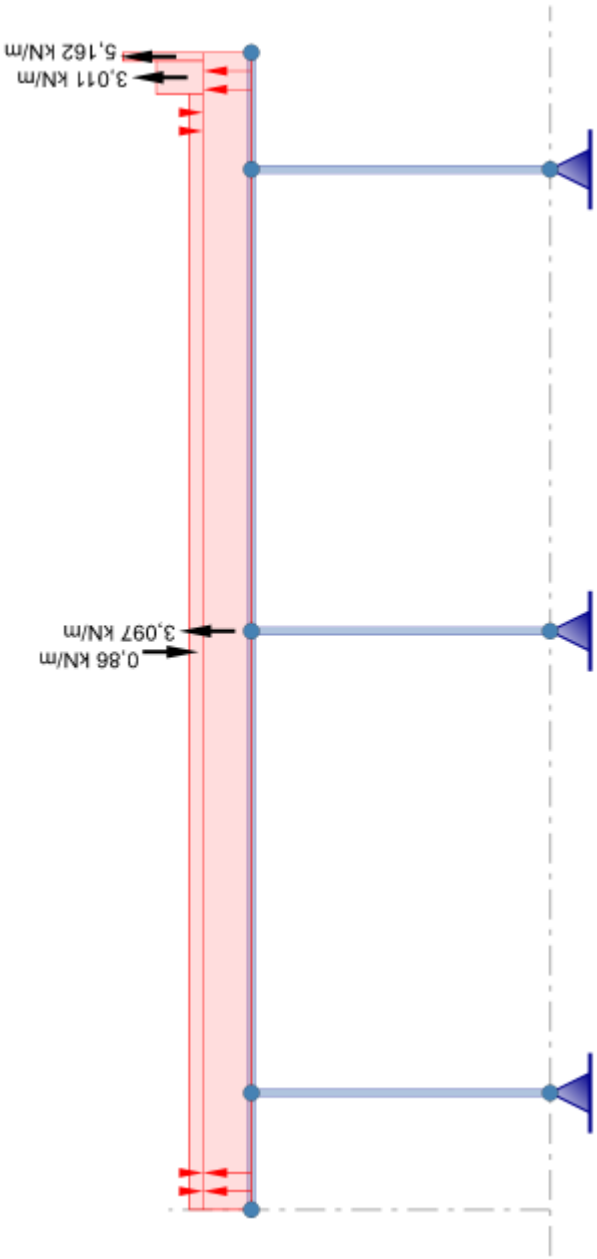
1.14 BELASTINGSGEVAL 7 Wind van rechts A + Onderdruk



1.14.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw05	5,162 kN/m	5,162 kN/m	0,0	4	12440	90
4	qw06	3,011 kN/m	3,011 kN/m	0,0	4	12080	360
4	qw07	-0,860 kN/m	-0,860 kN/m	0,0	4	0	12080
4	qw13	-1,936 kN/m	-1,936 kN/m	0,0	4	0	12530

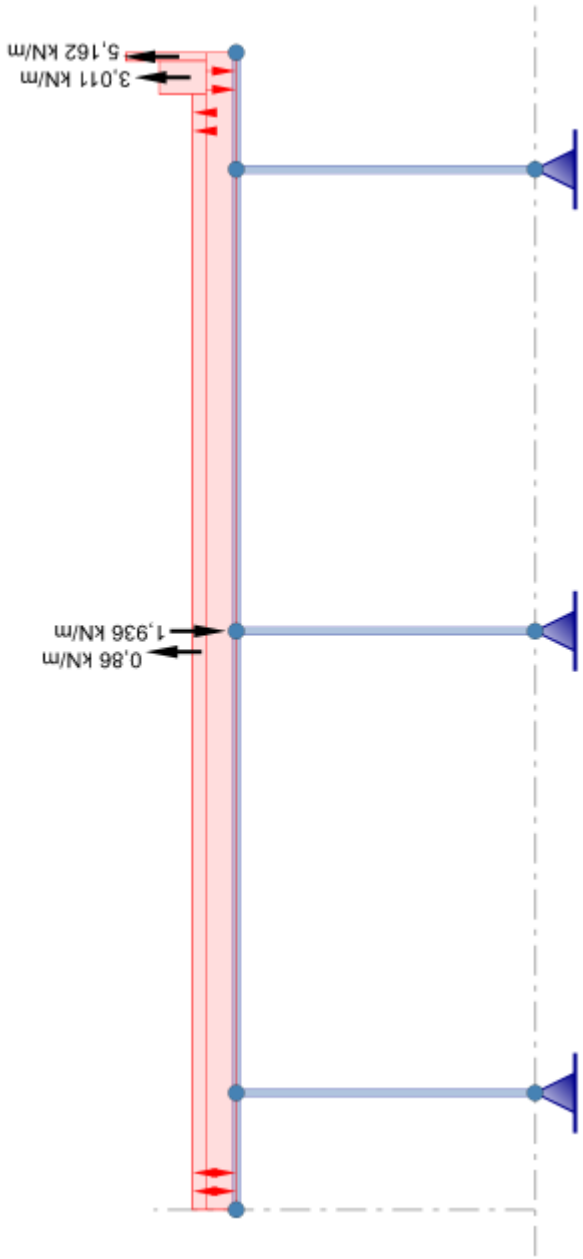
1.15 BELASTINGSGEVAL 8 Wind van rechts A + Overdruk



1.15.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw05	5,162 kN/m	5,162 kN/m	0,0	4	12440	90
4	qw06	3,011 kN/m	3,011 kN/m	0,0	4	12080	360
4	qw07	-0,860 kN/m	-0,860 kN/m	0,0	4	0	12080
4	qw14	3,097 kN/m	3,097 kN/m	0,0	4	0	12530

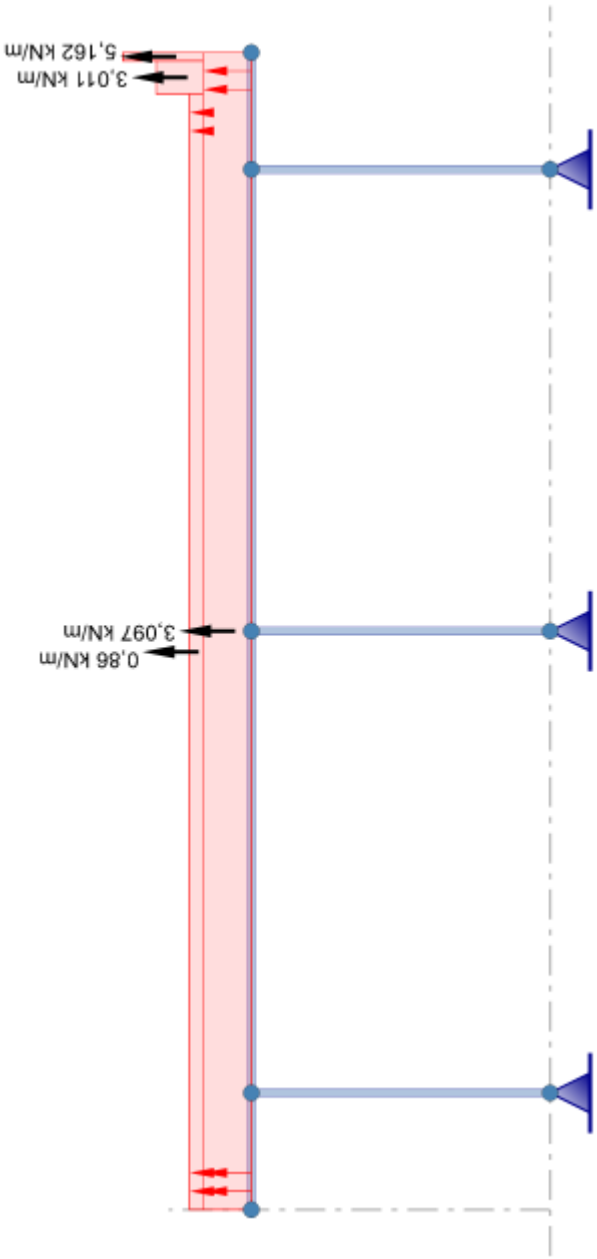
1.16 BELASTINGSGEVAL 9 Wind van rechts B + Onderdruk



1.16.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw05	5,162 kN/m	5,162 kN/m	0,0	4	12440	90
4	qw06	3,011 kN/m	3,011 kN/m	0,0	4	12080	360
4	qw08	0,860 kN/m	0,860 kN/m	0,0	4	0	12080
4	qw13	-1,936 kN/m	-1,936 kN/m	0,0	4	0	12530

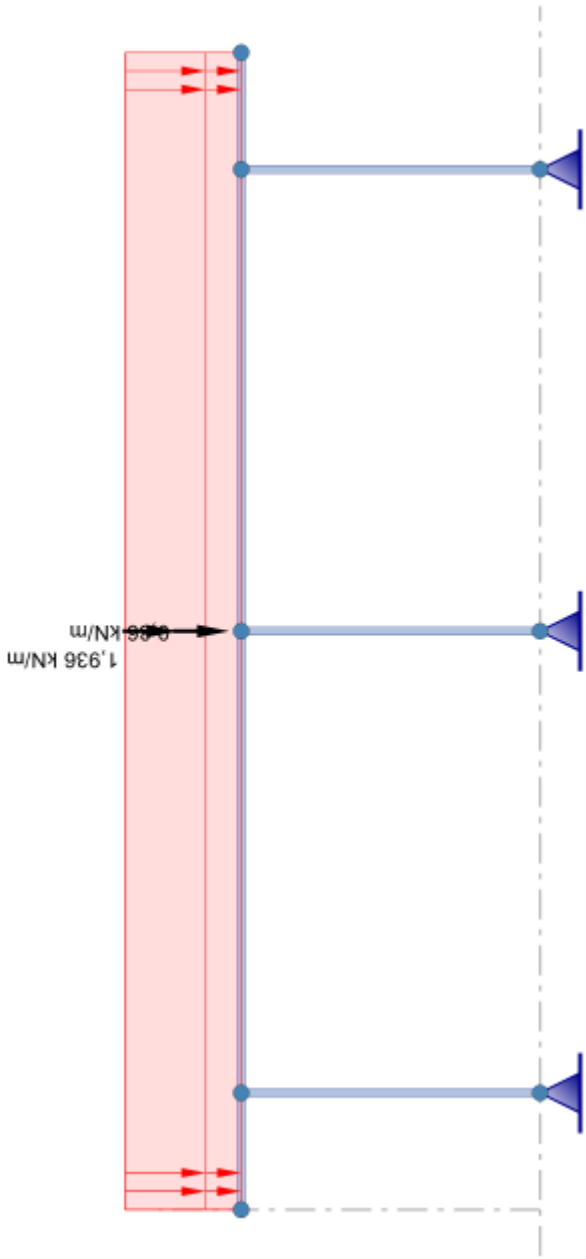
1.17 BELASTINGSGEVAL 10 Wind van rechts B + Overdruk



1.17.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw05	5,162 kN/m	5,162 kN/m	0,0	4	12440	90
4	qw06	3,011 kN/m	3,011 kN/m	0,0	4	12080	360
4	qw08	0,860 kN/m	0,860 kN/m	0,0	4	0	12080
4	qw14	3,097 kN/m	3,097 kN/m	0,0	4	0	12530

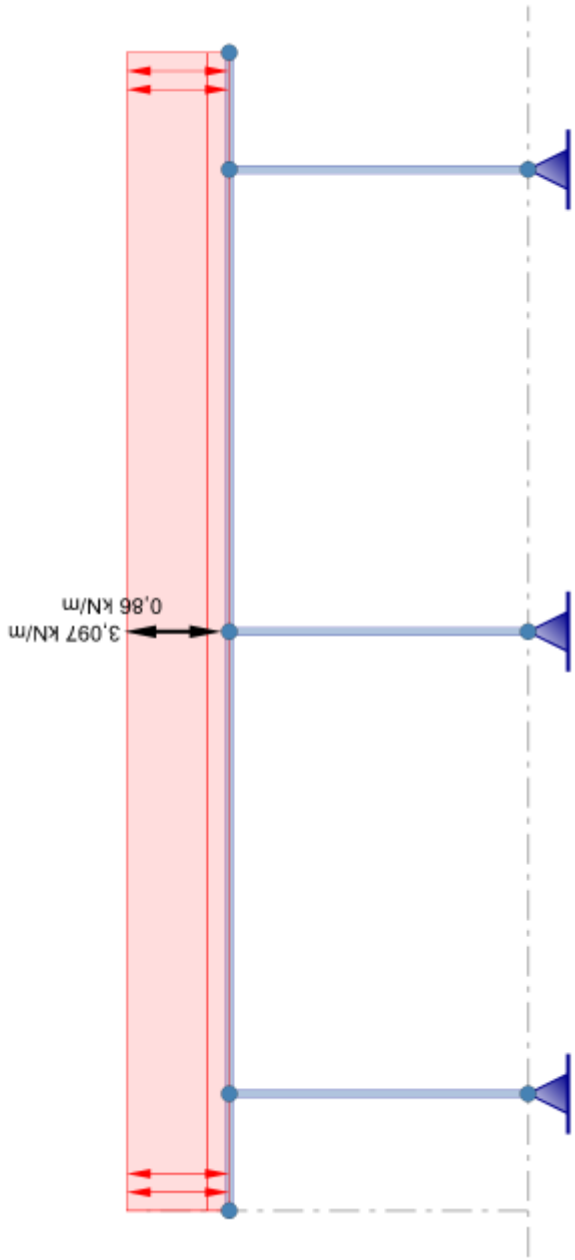
1.18 BELASTINGSGEVAL 11 Wind loodrecht A + Onderdruk



1.18.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw15	-1,936 kN/m	-1,936 kN/m	0,0	4	0	12530
4	qw09	-0,860 kN/m	-0,860 kN/m	0,0	4	0	12530

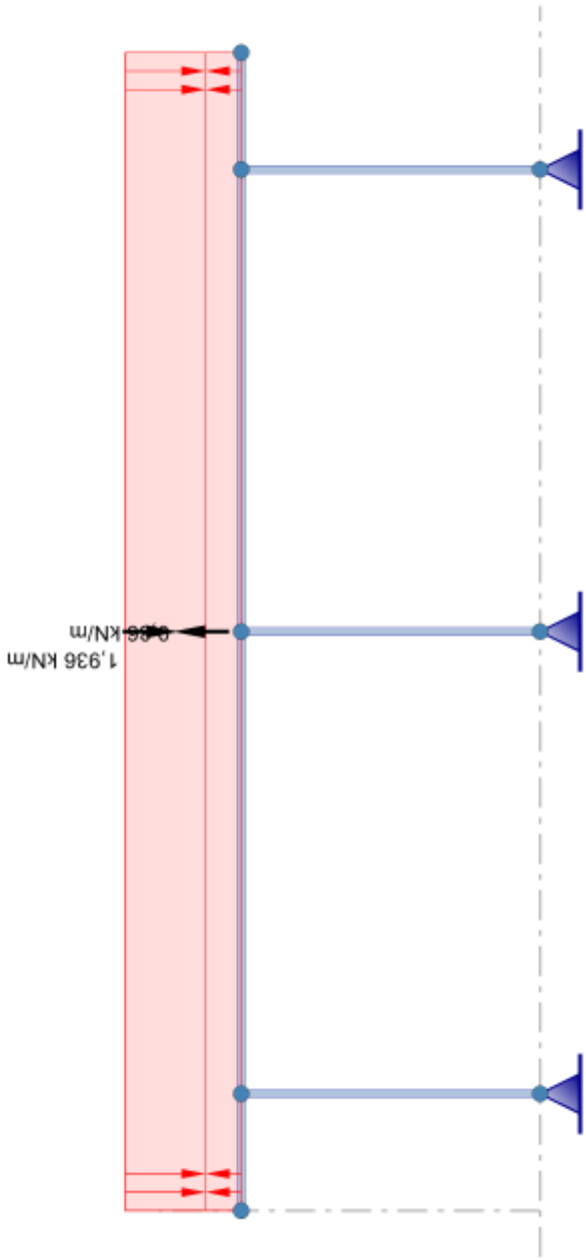
1.19 BELASTINGSGEVAL 12 Wind loodrecht A + Overdruk



1.19.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw16	3,097 kN/m	3,097 kN/m	0,0	4	0	12530
4	qw09	-0,860 kN/m	-0,860 kN/m	0,0	4	0	12530

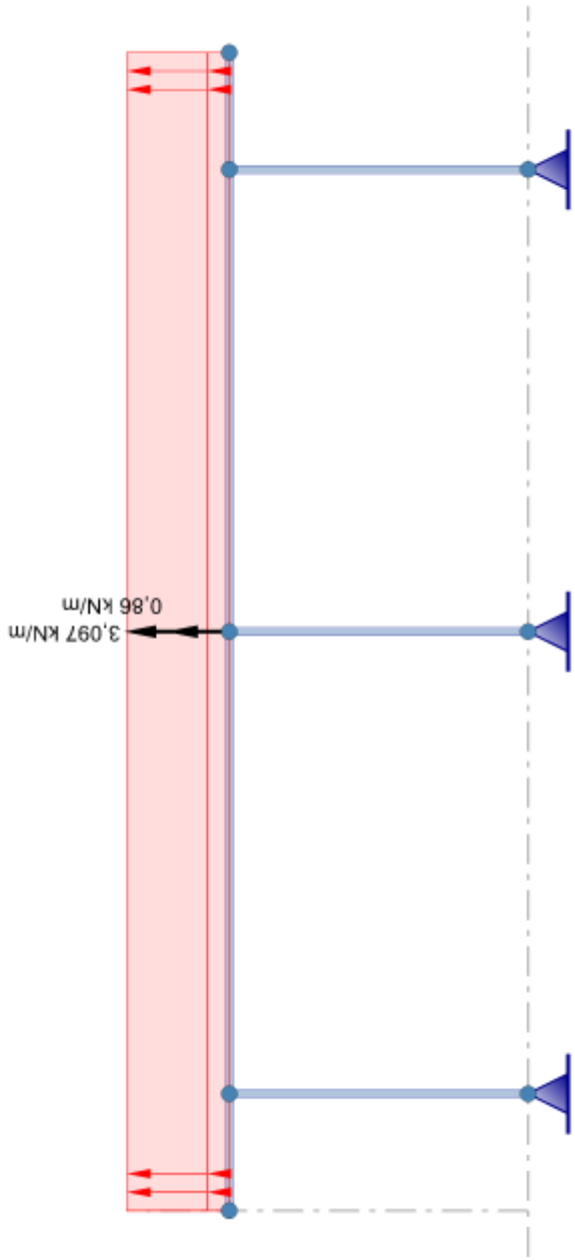
1.20 BELASTINGSGEVAL 13 Wind loodrecht B + Onderdruk



1.20.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw15	-1,936 kN/m	-1,936 kN/m	0,0	4	0	12530
4	qw10	0,860 kN/m	0,860 kN/m	0,0	4	0	12530

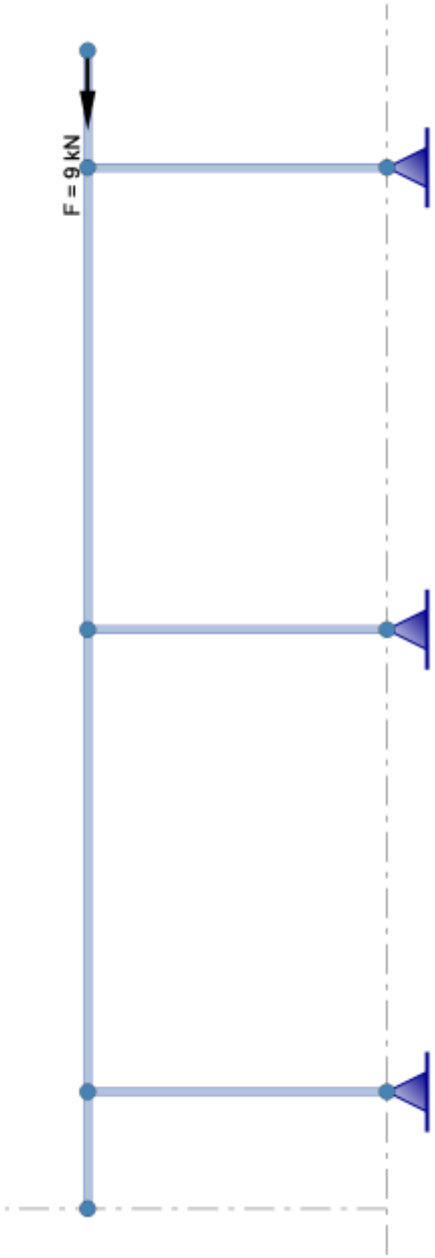
1.21 BELASTINGSGEVAL 14 Wind loodrecht B + Overdruk



1.21.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	qw16	3,097 kN/m	3,097 kN/m	0,0	4	0	12530
4	qw10	0,860 kN/m	0,860 kN/m	0,0	4	0	12530

1.22 BELASTINGSGEVAL 15 Windbelasting



1.22.1 Knoopbelastingen

Knoop-nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
8	-9,000		

2 Berekeningsresultaten

2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand

Knoop-nummer	1/200 in +X			1/200 in -X	
	X [mm]	Z [mm]		X [mm]	Z [mm]
1	1265	0		1265	0
2	6265	0		6265	0
3	11265	0		11265	0
4	16	3230		-16	3230
5	1281	3230		1249	3230
6	6281	3230		6249	3230
7	11281	3230		11249	3230
8	12546	3230		12514	3230

2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

2.2.1 Belastingscombinaties

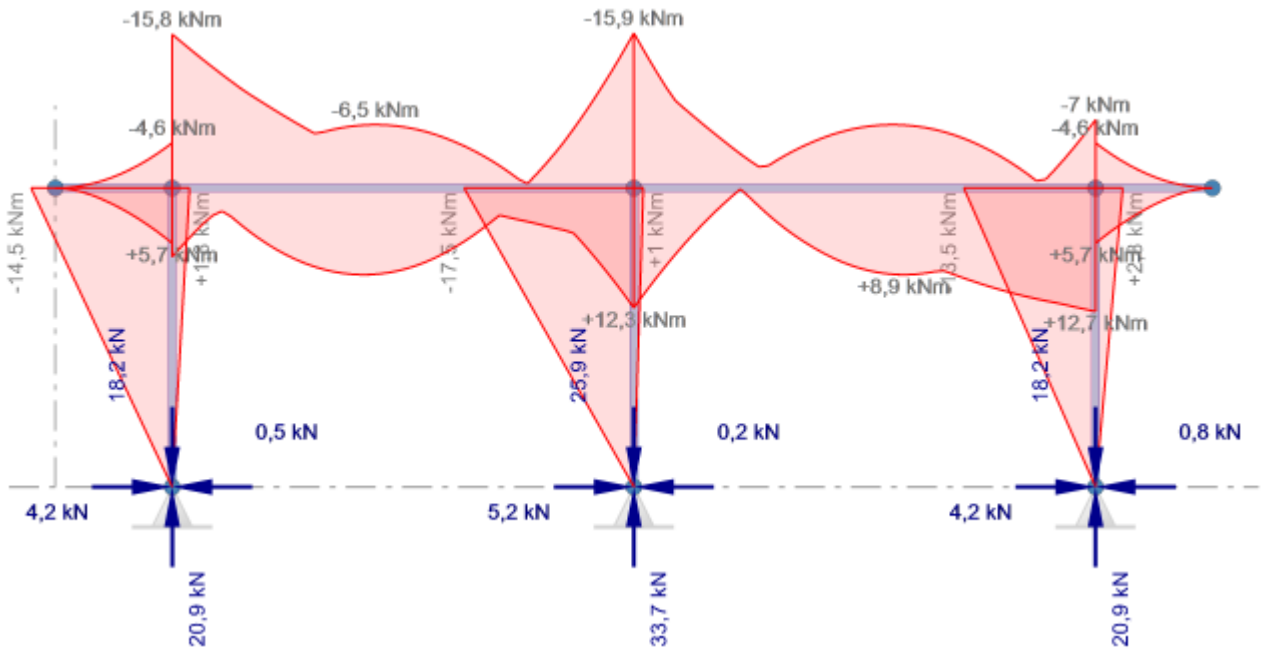
(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1.1	Permanent + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 +X	UGT
1.2	Permanent + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 -X	UGT
2.1	Permanent + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 +X	UGT
2.2	Permanent + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 -X	UGT
3.1	Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 +X	UGT
3.2	Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 -X	UGT
4.1	Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 +X	UGT
4.2	Sneeuw 1 + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 -X	UGT
5.1	Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
5.2	Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
6.1	Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
6.2	Wind van links A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
7.1	Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand	UGT
7.2	Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand	UGT
8.1	Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand	UGT
8.2	Wind van links A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand	UGT
9.1	Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
9.2	Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
10.1	Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
10.2	Wind van links B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
11.1	Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand	UGT
11.2	Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand	UGT
12.1	Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand	UGT
12.2	Wind van links B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand	UGT
13.1	Wind van rechts A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
13.2	Wind van rechts A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
14.1	Wind van rechts A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
14.2	Wind van rechts A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
15.1	Wind van rechts A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
15.2	Wind van rechts A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
16.1	Wind van rechts A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
16.2	Wind van rechts A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
17.1	Wind van rechts B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
17.2	Wind van rechts B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
18.1	Wind van rechts B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
18.2	Wind van rechts B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
19.1	Wind van rechts B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
19.2	Wind van rechts B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
20.1	Wind van rechts B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
20.2	Wind van rechts B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
21.1	Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
21.2	Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
22.1	Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
22.2	Wind loodrecht A + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
23.1	Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
23.2	Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
24.1	Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
24.2	Wind loodrecht A + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
25.1	Wind loodrecht B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
25.2	Wind loodrecht B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
26.1	Wind loodrecht B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
26.2	Wind loodrecht B + Onderdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
27.1	Wind loodrecht B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
27.2	Wind loodrecht B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
28.1	Wind loodrecht B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
28.2	Wind loodrecht B + Overdruk + Scheefstand 1/200 -X +	UGT
29.1	Windbelasting + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 +X	UGT
29.2	Windbelasting + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 -X	UGT
30.1	Windbelasting + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 +X	UGT
30.2	Windbelasting + Scheefstand 1/200 -X + Scheefstand 1/200 -X	UGT

Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.1	1,00x1,35									
1.2	1,00x1,35									
2.1	1,00x0,90									
2.2	1,00x0,90									
3.1	1,00x1,20	1,00x1,50								
3.2	1,00x1,20	1,00x1,50								
4.1	1,00x0,90	1,00x1,50								
4.2	1,00x0,90	1,00x1,50								
5.1	1,00x1,20		1,00x1,50							
5.2	1,00x1,20		1,00x1,50							
6.1	1,00x0,90		1,00x1,50							
6.2	1,00x0,90		1,00x1,50							
7.1	1,00x1,20			1,00x1,50						
7.2	1,00x1,20			1,00x1,50						
8.1	1,00x0,90			1,00x1,50						
8.2	1,00x0,90			1,00x1,50						
9.1	1,00x1,20				1,00x1,50					
9.2	1,00x1,20				1,00x1,50					
10.1	1,00x0,90				1,00x1,50					
10.2	1,00x0,90				1,00x1,50					
11.1	1,00x1,20					1,00x1,50				
11.2	1,00x1,20					1,00x1,50				
12.1	1,00x0,90					1,00x1,50				
12.2	1,00x0,90					1,00x1,50				
13.1	1,00x1,20						1,00x1,50			
13.2	1,00x1,20						1,00x1,50			
14.1	1,00x0,90						1,00x1,50			
14.2	1,00x0,90						1,00x1,50			
15.1	1,00x1,20							1,00x1,50		
15.2	1,00x1,20							1,00x1,50		
16.1	1,00x0,90							1,00x1,50		
16.2	1,00x0,90							1,00x1,50		
17.1	1,00x1,20								1,00x1,50	
17.2	1,00x1,20								1,00x1,50	
18.1	1,00x0,90								1,00x1,50	
18.2	1,00x0,90								1,00x1,50	
19.1	1,00x1,20									1,00x1,50
19.2	1,00x1,20									1,00x1,50
20.1	1,00x0,90									1,00x1,50
20.2	1,00x0,90									1,00x1,50
21.1	1,00x1,20									
21.2	1,00x1,20									
22.1	1,00x0,90									
22.2	1,00x0,90									
23.1	1,00x1,20									
23.2	1,00x1,20									
24.1	1,00x0,90									
24.2	1,00x0,90									
25.1	1,00x1,20									
25.2	1,00x1,20									
26.1	1,00x0,90									
26.2	1,00x0,90									
27.1	1,00x1,20									
27.2	1,00x1,20									
28.1	1,00x0,90									
28.2	1,00x0,90									
29.1	1,00x1,20									
29.2	1,00x1,20									
30.1	1,00x0,90									
30.2	1,00x0,90									

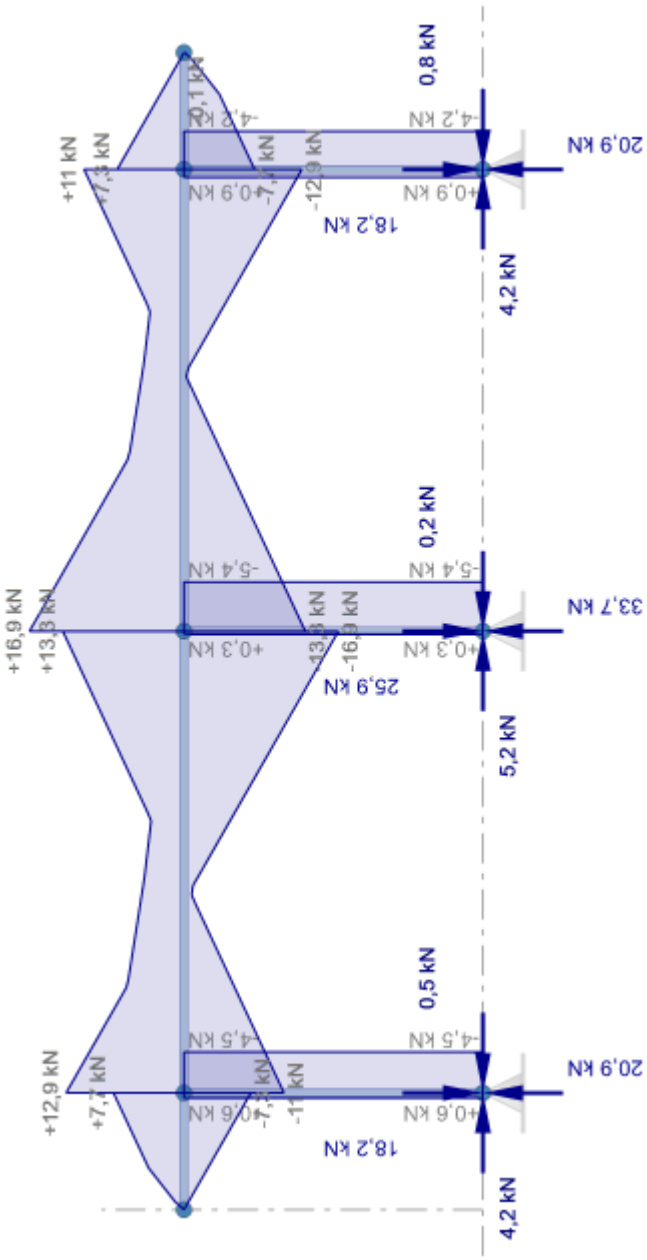
Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)									
	11	12	13	14	15					
1.1										
1.2										
2.1										
2.2										
3.1										
3.2										
4.1										
4.2										
5.1										
5.2										
6.1										
6.2										
7.1										
7.2										
8.1										
8.2										
9.1										
9.2										
10.1										
10.2										
11.1										
11.2										
12.1										
12.2										
13.1										
13.2										
14.1										
14.2										
15.1										
15.2										
16.1										
16.2										
17.1										
17.2										
18.1										
18.2										
19.1										
19.2										
20.1										
20.2										
21.1	1,00x1,50									
21.2	1,00x1,50									
22.1	1,00x1,50									
22.2	1,00x1,50									
23.1		1,00x1,50								
23.2		1,00x1,50								
24.1		1,00x1,50								
24.2		1,00x1,50								
25.1			1,00x1,50							
25.2			1,00x1,50							
26.1			1,00x1,50							
26.2			1,00x1,50							
27.1				1,00x1,50						
27.2				1,00x1,50						
28.1				1,00x1,50						
28.2				1,00x1,50						
29.1					1,00x1,50					
29.2					1,00x1,50					
30.1					1,00x1,50					
30.2					1,00x1,50					


-15,8 kNm
-15,9 kNm
-6,5 kNm
-4,6 kNm
-7 kNm
-4,6 kNm
-14,5 kNm
+5,7 kNm
+1 kNm
+8,9 kNm
+5,7 kNm
+12,3 kNm
+12,7 kNm
18,2 kN
25,9 kN
18,2 kN
0,5 kN
0,2 kN
0,8 kN
4,2 kN
5,2 kN
4,2 kN
20,9 kN
33,7 kN
20,9 kN

2.2.2 Omhullende

Knoop-nummer	Combinatie nummer
1	12.2 21.2 28.2 29.1
2	5.2

Omhullende M-lijn



Omhullende D-lijn

2.2.2 Omhullende reactiekrachten

Cn	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	-0,357	**-18,204**	
2	0,571	**20,920**	
2	**-0,480**	-16,067	
2	**4,245**	10,683	
5	**-0,179**	33,665	

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
2	13.2 28.1 30.1	0,100 -0,014 **5,168**	**33,665** **-25,920** 7,226	
3	13.1 20.1 21.1 30.2	**-0,773** 0,357 -0,571 **4,183**	17,348 **-18,204** **20,920** 0,125	
Minimale / maximale waarden				
3	13.1	**-0,773**		
2	30.1	**5,168**		
2	28.1		**-25,920**	
2	13.2		**33,665**	

2.2.3 Omhullende staafkrachten

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	12.2 21.2 28.2 29.2	1 1 1 1		**-18,202** **20,917** -16,065 10,727	0,437 -0,690 **0,554** **-4,489**	0,000 0,000 0,000 0,000
	12.2 21.2 28.2 29.2	5 5 5 5		**18,698** **-20,255** 16,561 -10,065	-0,437 0,690 **-0,554** **4,489**	1,411 -2,228 **1,789** **-14,499**
2	5.1 13.1 28.2 29.2	2 2 2 2		33,664 **33,665** **-25,920** 9,595	**0,303** -0,003 0,105 **-5,403**	0,000 0,000 0,000 0,000
	5.1 13.1 28.2 29.2	6 6 6 6		-33,003 **-33,004** **26,416** -8,933	**-0,303** 0,003 -0,105 **5,403**	**0,978** -0,010 0,339 **-17,453**
3	13.1 20.1 21.1 29.2	3 3 3 3		17,344 **-18,202** **20,917** 1,608	**0,863** -0,437 0,690 **-4,195**	0,000 0,000 0,000 0,000
	13.1 20.1 21.1 29.2	7 7 7 7		-16,682 **18,698** **-20,255** -0,946	**-0,863** 0,437 -0,690 **4,195**	**2,789** -1,411 2,228 **-13,549**
4	5.1 13.2	6 6		-0,720 -0,720	**-16,945** **16,945**	**-15,902** -15,902
	13.2		9191	-0,720	0,000	**8,889**
	28.2	5		**0,478**	-10,570	5,580
	28.2		3496	**0,478**	0,000	-6,210
	28.2	6		**0,478**	13,120	11,955
	29.1	7		**-13,500**	1,945	-1,183
	29.1		12483	**-13,500**	0,000	0,002
	30.2	7		-9,315	1,886	**12,656**
	29.1	8		**-13,500**	0,075	0,000

2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

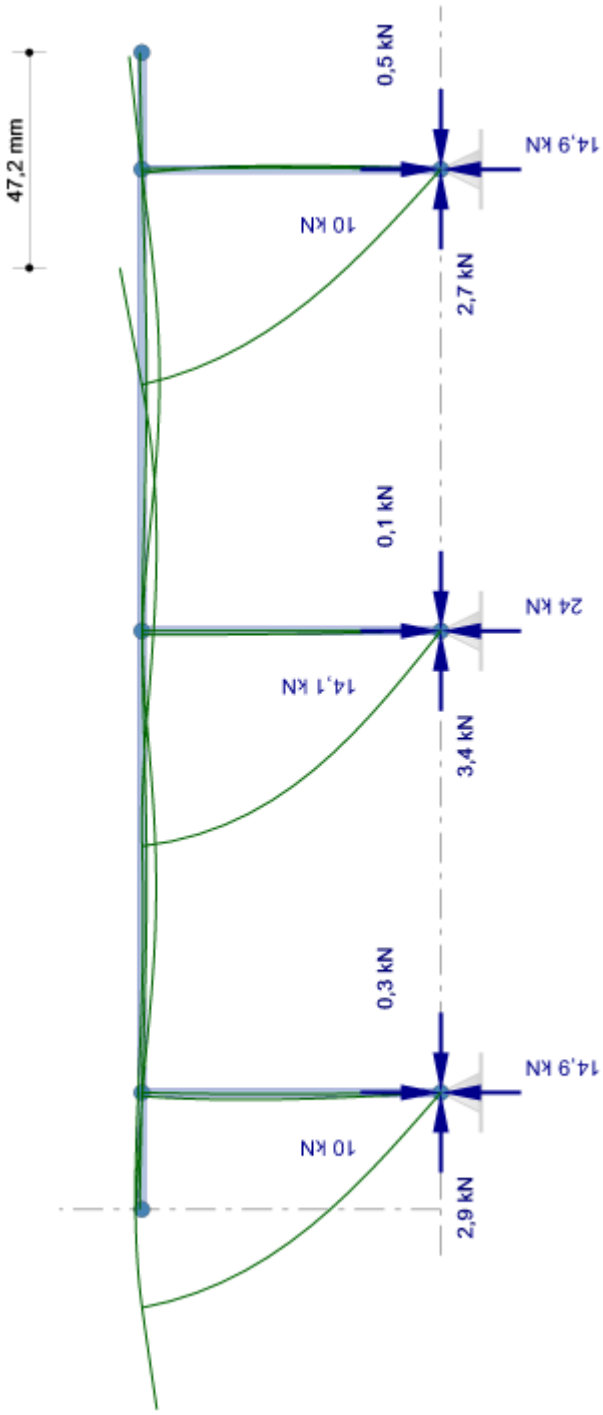
2.3.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
31	Permanent	BGT
32	Sneeuw 1	BGT
33	Wind van links A + Onderdruk	BGT
34	Wind van links A + Overdruk	BGT
35	Wind van links B + Onderdruk	BGT
36	Wind van links B + Overdruk	BGT
37	Wind van rechts A + Onderdruk	BGT
38	Wind van rechts A + Overdruk	BGT
39	Wind van rechts B + Onderdruk	BGT
40	Wind van rechts B + Overdruk	BGT
41	Wind loodrecht A + Onderdruk	BGT
42	Wind loodrecht A + Overdruk	BGT
43	Wind loodrecht B + Onderdruk	BGT
44	Wind loodrecht B + Overdruk	BGT
45	Windbelasting	BGT
46	BGT Blijvend	BGT Blijvend

Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
31	1,00x1,00									
32	1,00x1,00	1,00x1,00								
33	1,00x1,00		1,00x1,00							
34	1,00x1,00			1,00x1,00						
35	1,00x1,00				1,00x1,00					
36	1,00x1,00					1,00x1,00				
37	1,00x1,00						1,00x1,00			
38	1,00x1,00							1,00x1,00		
39	1,00x1,00								1,00x1,00	
40	1,00x1,00									1,00x1,00
41	1,00x1,00									
42	1,00x1,00									
43	1,00x1,00									
44	1,00x1,00									
45	1,00x1,00									
46	1,00x1,00									

Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)									
	11	12	13	14	15					
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41	1,00x1,00									
42		1,00x1,00								
43			1,00x1,00							
44				1,00x1,00						
45					1,00x1,00					
46										


47,2 mm
0,5 kN
14,9 kN
10 kN
2,7 kN
0,1 kN
24 kN
14,1 kN
3,4 kN
0,3 kN
14,9 kN
10 kN
2,9 kN

2.3.2 Omhullende

Knoop-nummer	Combinatie nummer
1	36 41 44 45
2	33 34 37 44 45
3	33 37 40 41 45
4	33 45
5	33 36 41 45
6	33 37 44 45
7	33 36 40 41 45
8	33 36 45
Minimale / maximale waarden	
8	45
4	33
4	45
8	45
5	33
2	45

2.4 EN1993 TOETSINGEN

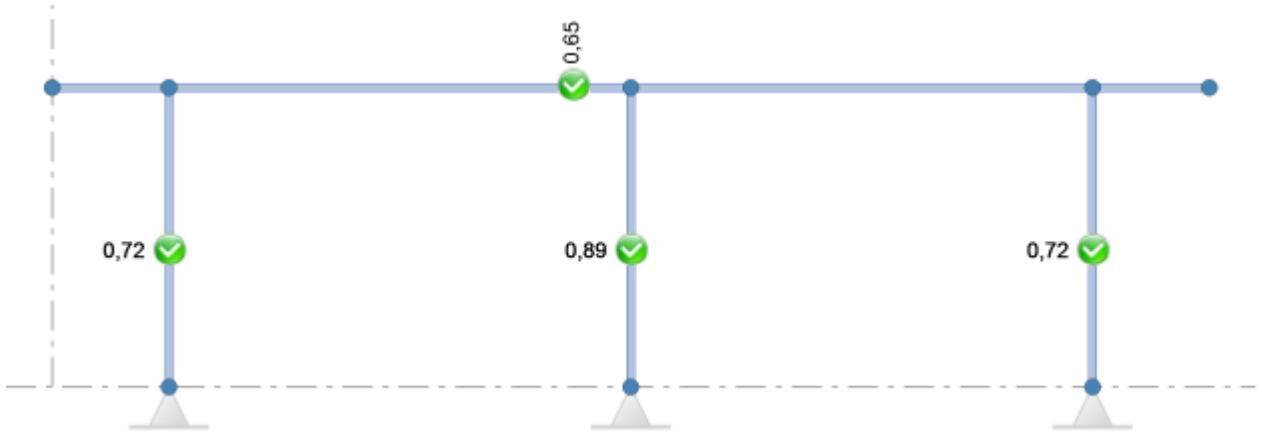
De toetsing van de staalprofielen
een geometrische niet-lineaire
imperfecties volgens art.5.3.2. (a)

Omhullende verplaatsing

2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen

dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
0,0 0,0 **0,0** **0,0**	**0,0** **0,0** 0,0 0,0	-0,5 0,8 **-0,5** **20,5**
0,0 **0,0** 0,0 0,0 **0,0**	0,0 0,0 **0,0** **0,0** 0,0	**-0,5** -0,4 0,5 0,0 **21,6**
0,0 **0,0** 0,0 0,0 **0,0**	0,0 0,0 **0,0** **0,0** 0,0	**-1,1** -0,8 0,5 -0,8 **20,0**
0,8 **-47,1**	**2,8** **-3,8**	**-2,2** **3,0**
0,8 0,4 0,0 **-47,1**	-0,1 **0,1** **-0,1** -0,1	**-2,3** 0,6 -1,6 **2,8**
0,8 -0,8 0,0 **-47,1**	-0,2 **-0,2** **0,1** -0,1	0,1 **-0,1** 0,0 **0,6**
0,8 0,4 -0,4 0,0 **-47,2**	-0,1 0,1 **0,1** **-0,1** 0,0	1,5 **-1,1** -0,6 1,6 **3,9**
0,8 0,4 **-47,2**	1,4 **-1,0** **4,8**	1,0 **-0,8** **3,8**
Minimale / maximale waarden		
-47,2		
0,8		
	-3,8	
	4,8	
		-2,3
		21,6

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-
een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse)
imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële


0,65
0,72
0,89
0,72

Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	HFRHS120X80X6	12.2 21.2 29.2 29.2 29.2 29.2 29.2 45 45	1 1 1 1 1 1 1	6.2.3 6.2.4 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.3 Doorbuiging Doorbuiging	0,04 0,04 0,71 0,02 0,71 0,71 0,46 0,56 0,72
2	HFRHS120X80X6	28.2 13.1 29.2 29.2 29.2 29.2 29.2 45 45	1 1 1 1 1 1 1	6.2.3 6.2.4 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.3 Doorbuiging Doorbuiging	0,05 0,06 0,85 0,03 0,85 0,85 0,54 0,67 0,89
3	HFRHS120X80X6	20.1 21.1 29.2 29.2 29.2 13.1 29.2 45 45	1 1 1 1 1 1 1	6.2.3 6.2.4 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.3 Doorbuiging Doorbuiging	0,04 0,04 0,66 0,02 0,66 0,14 0,40 0,51 0,72
4	HE140B	29.1 13.2 13.2 13.2 29.2 13.2 29.2	1 1 1 1 1 1 1	6.2.4 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.2.1 6.3.3	0,01 0,28 0,10 0,28 0,22 0,45 0,65

2.5 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.5.1 Staaf 2 - HFRHS120X80X6 (S235)

Axiale trek art. 6.2.3

Combinatie: 28.2 x = 3230 mm Nx = 26,416 kN Vz = 0,105 kN My = 0,339 kNm

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2216{,}7 \times 235}{1{,}00} \times 10^{-3} = 520{,}9 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{26{,}4}{520{,}9} = 0{,}05 < 1{,}0 \quad (6.5)$$

Axiale druk art. 6.2.4

Combinatie: 13.1 x = 0 mm Nx = -33,665 kN Vz = -0,003 kN My = 0 kNm

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2216{,}7 \times 235}{1{,}00} \times 10^{-3} = 520{,}914 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{33,7}{520,9} = 0,06 < 1,0 \qquad (6.9)$$

Buigend moment **art. 6.2.5**

Combinatie: 29.2 x = 3230 mm Nx = -8,933 kN Vz = -5,403 kN My = -17,452 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{87264 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 20,507 \text{ kNm} \qquad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{17,452}{20,507} = 0,85 < 1,0 \qquad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving) **art. 6.2.6**

Combinatie: 29.2 x = 0 mm Nx = -9,595 kN Vz = -5,403 kN My = 0 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1330 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 180,5 \text{ kN} \qquad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{5,4}{180,5} = 0,03 < 1,0 \qquad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht **art. 6.2.8**

Combinatie: 29.2 x = 3230 mm Nx = -8,933 kN Vz = -5,403 kN My = -17,452 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1330 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 180,5 \text{ kN} \qquad (6.18)$$

$V_{z,Ed} = 5,403 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 180,478 / 2 = 90,239 \text{ kN}$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht **art. 6.2.9**

Combinatie: 29.2 x = 3230 mm Nx = -8,933 kN Vz = -5,403 kN My = -17,452 kNm
$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,02$ $a_w = (A - 2 b t_f) / A = (2216,7 - 2 \times 80 \times 6) / 2216,7 = 0,5$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 20,507 \times (1-0,02)/(1-0,5 \times 0,5) = 20,507 \text{ kNm} \qquad (6.39)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{17,452}{20,507} = 0,85 < 1,0 \qquad (6.31)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven **art. 6.3.3**

Combinatie: 29.2 x = 3230 mm Nx = -9,595 kN Vz = -5,403 kN My = -17,452 kNm

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \qquad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3230}{43,7} \frac{1}{93,9} = 0,787 \tag{6.50}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \qquad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3230}{31,7} \frac{1}{93,9} = 1,086 \tag{6.50}$$

Knikkromme $_{y\text{-}y}$ a $\alpha = 0,21$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,787 - 0,2) + 0,787^2] = 0,872$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,872 + \sqrt{0,872^2 - 0,787^2}} = 0,803 \tag{6.49}$$

Knikkromme $_{z\text{-}z}$ a $\alpha = 0,21$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,086 - 0,2) + 1,086^2] = 1,183$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,183 + \sqrt{1,183^2 - 1,086^2}} = 0,605 \tag{6.49}$$

$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 2217 \times 10^{-3} = 520,9$ kN

$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 87264 \times 10^{-6} = 20,5$ kNm

$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 65491 \times 10^{-6} = 15,4$ kNm

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$\varphi = M_2 / M_1 = 0/-17,452 = 0 \qquad \rightarrow C_{my} = 0,6 + 0,4 \varphi = 0,6 + 0,4 \times 0 = 0,6 > 0,4$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,6 \times \left(1 + (0,787 - 0,2) \times \frac{9,595}{0,803 \times 520,914 / 1,00} \right) = 0,608$$

$k_{zy} = 0$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{9,595}{0,803 \times 520,914 / 1,00} + 0,608 \times \frac{17,452}{1 \times 20,507 / 1,00} = 0,54 < 1 \tag{6.61}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{9,595}{0,605 \times 520,914 / 1,00} + 0 \times \frac{17,452}{1 \times 20,507 / 1,00} = 0,03 < 1 \tag{6.62}$$

Doorbuiging

Combinatie: 45 x = 1859,2 mm Nx = -7,681 kN Vz = -3,554 kN My = -6,608 kNm

Lokale knoopverplaatsingen $d_{z1} = 0$ mm $d_{z2} = 47,1$ mm

$w_{eind,z} = w_z - w_{Zeeg,z} = 8,6 - 0 = 8,6$ mm

$$\frac{|w_{eind,z}|}{w_{eind,z,max}} = \frac{|8,6|}{3230 / 250} = \frac{|8,6|}{12,9} = 0,67 < 1,0$$

$w_{bijk.,z} = w_z - w_{BGT\ Blijvend,z} = 8,6 - 0 = 8,6$ mm

$$\frac{|w_{bijk.,z}|}{w_{bijk.,z,max}} = \frac{|8,6|}{3230 / 333} = \frac{|8,6|}{9,7} = 0,89 < 1,0$$

2.5.2 Staaf 4 - HE140B (S235)

Axiale druk art. 6.2.4

Combinatie: 29.1 x = 11265 mm Nx = -13,5 kN Vz = 1,945 kN My = -1,183 kNm

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4297,9 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 1010,007 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{13,5}{1010,0} = 0,01 < 1,0 \quad (6.9)$$

Buigend moment art. 6.2.5

Combinatie: 13.2 x = 6265 mm Nx = -0,72 kN Vz = 16,945 kN My = -15,902 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245549 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 57,704 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{15,902}{57,704} = 0,28 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving) art. 6.2.6

Combinatie: 13.2 x = 6265 mm Nx = -0,72 kN Vz = 16,945 kN My = -15,902 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1310 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 177,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{16,9}{177,7} = 0,10 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht art. 6.2.8

Combinatie: 13.2 x = 6265 mm Nx = -0,72 kN Vz = 16,945 kN My = -15,902 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1310 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 177,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$V_{z,Ed}$ = 16,945 kN < $V_{z,pl,Rd}$ / 2 = 177,737 /2 = 88,869 kN

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht art. 6.2.9

Combinatie: 29.2 x = 6265 mm Nx = -9,346 kN Vz = 9,039 kN My = -12,863 kNm

$N_{Ed} < 0{,}25\, N_{pl,Rd} = 0{,}25 \times 1010 = 252{,}5$ kN (6.33)

$$N_{Ed} < \frac{0{,}5\, h_w\, t_w\, f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0{,}5 \times 116 \times 7 \times 235}{1{,}00} \times 10^{-3} = 95{,}4 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit art. 6.3.2.1

Combinatie: 13.2 x = 6265 mm Nx = -0,72 kN Vz = 16,945 kN My = -15,902 kNm

Aantal kipsteunen: 0

d' = h-t = 140-12 = 128 mm $I_w = \frac{(d')^2\, b^3\, t}{24} = \frac{128^2 \times 140^3 \times 12{,}0}{24} = 22 \times 10^9$ mm^6

torsiestijfheid volgens Roark geval 26 I_t = 201299 mm^4

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

L_g = 12530 mm L_{st} = 12530 mm

$M_{y,1,Ed}$ = 0 kNm $M_{y,2,Ed}$ = 0 kNm M_{yEd} (x=L_{st}/2= 6265 mm) = -15,902 kNm

Berekende equivalente belasting q = -0,81 kN/m

$$B^* = \frac{8\,M}{8\,|M| + q\,L_{st}^2} = \frac{8 \times 0 \times 10^6}{8 \times |0 \times 10^6| + -0{,}81 \times 12530^2} = 0 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0}{0} = 1 \qquad C_1 = 1{,}13 \qquad C_2 = 0{,}461$$

aangrijpingspunt belasting op z = -70 mm

$L_{kip} = L_{st}$ = 12530 mm

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{140}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 5496836}{80769 \times 201299}} = 590 \text{ mm} \quad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) = \quad \text{(NB.157)}$$

$$= \frac{\pi \times 1{,}13 \times 12530}{12530} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 590^2}{12530^2} \times (0{,}461^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0{,}461 \times 590}{12530} \right) = 3{,}837$$

h / t_w = 140 / 7 = 20 < 75 → k_{red} = 1 (NB.153)

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} = \quad \text{(NB.148)}$$

$$= 1 \times \frac{3{,}837}{12530} \times \sqrt{210000 \times 5496836 \times 80769 \times 201299} \times 10^{-6} = 41{,}957 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{245549 \times 235}{41957046}} = 1{,}173 > \lambda_{Lt,0} = 0{,}4$$

Kipkromme b $\alpha_{Lt} = 0{,}34$

$$\Phi_{Lt} = 0{,}5\,[1 + \alpha_{Lt}\,(\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta\,\lambda_{Lt}^{2}] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}34 \times (1{,}173 - 0{,}4) + 0{,}75 \times 1{,}173^{2}] = 1{,}147$$

$$\chi_{Lt} = \min\left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^{2} - \beta\,\lambda_{Lt}^{2}}};1{,}0;\frac{1}{\lambda_{Lt}^{2}}\right) \qquad (6.57)$$

$$= \min\left(\frac{1}{1{,}147 + \sqrt{1{,}147^{2} - 0{,}75 \times 1{,}173^{2}}};1{,}0;\frac{1}{1{,}173^{2}}\right) = 0{,}595$$

$k_c = 0{,}94$

$$f = 1 - 0{,}5\,(1 - k_c)\,[1 - 2{,}0\,(\lambda_{Lt} - 0{,}8)^{2}] = 1 - 0{,}5 \times (1 - 0{,}94) \times [1 - 2{,}0 \times (1{,}173 - 0{,}8)^{2}] = 0{,}978$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0{,}595}{0{,}978} = 0{,}608 \qquad (6.58)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0{,}608 \times 245549 \times \frac{235}{1{,}00} \times 10^{-6} = 35{,}1 \text{ kNm} \qquad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{15{,}9}{35{,}1} = 0{,}45 < 1{,}0 \qquad (6.54)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven (maatgevend) *art. 6.3.3*

Combinatie: 29.2 x = 1265 mm Nx = -13,5 kN Vz = 9,039 kN My = -15,777 kNm

$$\lambda_1 = \pi\sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi\sqrt{\frac{210000}{235}} = 93{,}9 \qquad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y}\frac{1}{\lambda_1} = \frac{12530}{59{,}3}\frac{1}{93{,}9} = 2{,}251 \qquad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi\sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi\sqrt{\frac{210000}{235}} = 93{,}9 \qquad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z}\frac{1}{\lambda_1} = \frac{12530}{35{,}8}\frac{1}{93{,}9} = 3{,}731 \qquad (6.50)$$

Knikkromme $_{y\text{-}y}$ b $\alpha = 0{,}34$

$$\Phi_y = 0{,}5\,[1 + \alpha\,(\lambda_y - 0{,}2) + \lambda_y^{2}] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}34 \times (2{,}251 - 0{,}2) + 2{,}251^{2}] = 3{,}382$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^{2} - \lambda_y^{2}}} = \frac{1}{3{,}382 + \sqrt{3{,}382^{2} - 2{,}251^{2}}} = 0{,}169 \qquad (6.49)$$

Knikkromme $_{z\text{-}z}$ c $\alpha = 0{,}49$

$\Phi_z = 0{,}5\,[1 + \alpha\,(\lambda_z - 0{,}2) + \lambda_z^2] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}49 \times (3{,}731 - 0{,}2) + 3{,}731^2] = 8{,}324$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{8{,}324 + \sqrt{8{,}324^2 - 3{,}731^2}} = 0{,}063 \qquad (6.49)$$

$N_{Rk} = f_y\,A = 235 \times 4298 \times 10^{-3} = 1010\ \text{kN}$

$M_{y,Rk} = f_y\,W_{pl,y} = 235 \times 245549 \times 10^{-6} = 57{,}7\ \text{kNm}$

$M_{z,Rk} = f_y\,W_{pl,z} = 235 \times 119803 \times 10^{-6} = 28{,}2\ \text{kNm}$

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$\varphi = M_2/M_1 = 0/0 = 1 \qquad \alpha_h = M_h/M_s = 0/-12{,}863 = 0$

$C_{my} = 0{,}95 + 0{,}05\,\alpha_h = 0{,}95 + 0{,}05 \times 0 = 0{,}95$

$$k_{yy} = C_{my}\left(1 + 0{,}8\,\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}95 \times \left(1 + 0{,}8 \times \frac{13{,}5}{0{,}169 \times 1010{,}007/1{,}00}\right) = 1{,}01$$

$\varphi = M_2/M_1 = 0/0 = 1 \qquad \alpha_h = M_h/M_s = 0/-12{,}863 = 0$

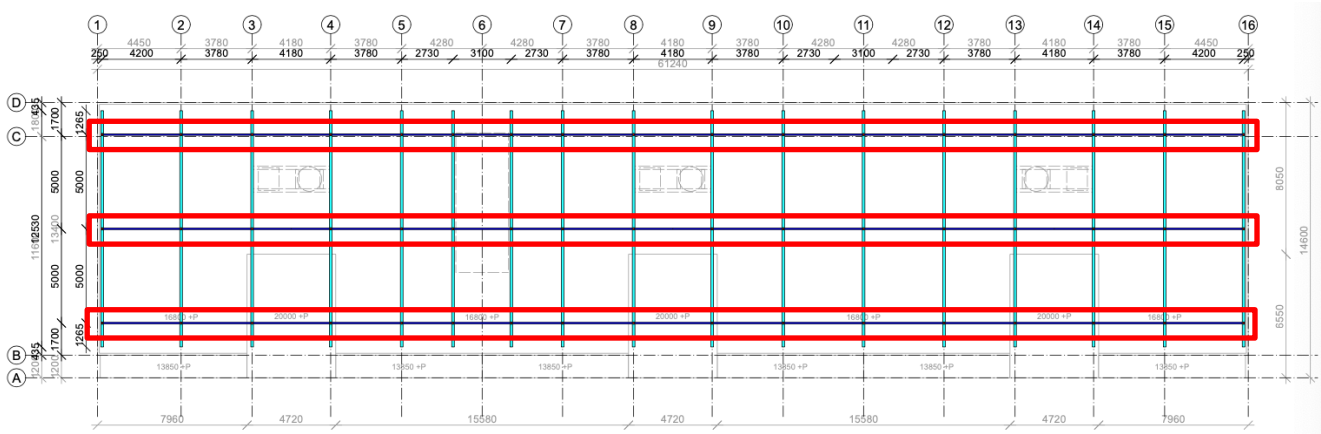
$C_{mLT} = 0{,}95 + 0{,}05\,\alpha_h = 0{,}95 + 0{,}05 \times 0 = 0{,}95$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0{,}1}{(C_{mLT} - 0{,}25)}\,\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} = 1 - \frac{0{,}1}{(0{,}95 - 0{,}25)} \times \frac{13{,}5}{0{,}063 \times 1010{,}007/1{,}00} = 0{,}97$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy}\,\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt}\,M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{13{,}5}{0{,}169 \times 1010{,}007/1{,}00} + 1{,}01 \times \frac{15{,}777}{0{,}608 \times 57{,}704/1{,}00} = 0{,}53 < 1 \qquad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy}\,\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt}\,M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{13{,}5}{0{,}063 \times 1010{,}007/1{,}00} + 0{,}97 \times \frac{15{,}777}{0{,}608 \times 57{,}704/1{,}00} = 0{,}65 < 1 \qquad (6.62)$$

Berekening stalenportaal (zonnepanelen) Y-as



Constructieplan overkapping

Belastingaanname stalenframe

- Permanent zonnepanelen incl. oplegframe 0,25 kN/m2
- Er is geen sprake van sneeuwbelasting op deze balk
- Windbelasting op Y-as richting (1,14 kN/m2 x (2,15m2 frame + 2,38 m2 zonnepanelen) 5,16 kN

Berekening balk in de Y-richting

Bestand :....Berekening koker in de Y-richting.xfr2

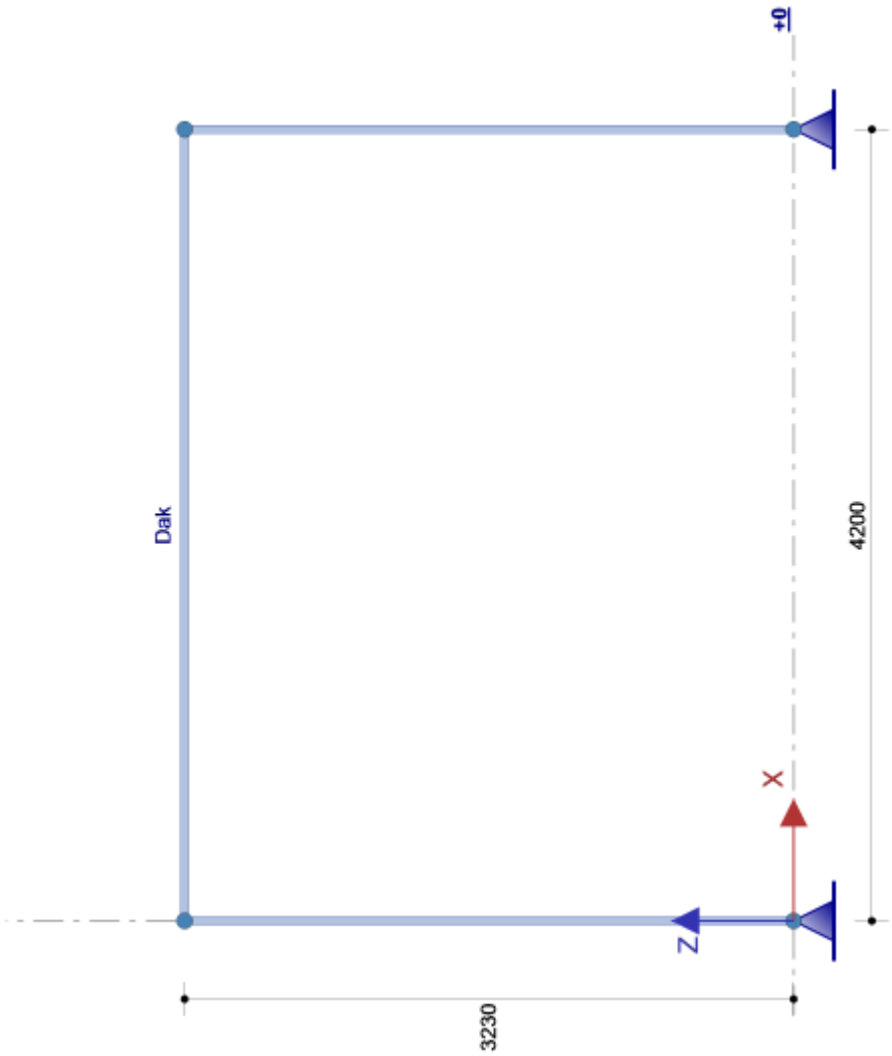
Inhoudsopgave

1.1 KNOPEN..... 2
1.2 STAVEN..... 2
1.3 PROFIELEN..... 3
1.4 BELASTINGSGEVALLEN..... 4
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht..... 5
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Windbelasting 6
2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand..... 7
2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)..... 7
2.2.2 Omhullende reactiekrachten..... 11
2.2.3 Omhullende staafkrachten..... 11
2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)..... 11
2.2.2 Omhullende reactiekrachten..... 12
2.2.3 Omhullende staafkrachten..... 12
2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)..... 12
2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen..... 13
2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen..... 14
2.4 EN1993 TOETSINGEN..... 15
2.5 BEREKENING VAN UNITY CHECKS..... 16
2.5.1 Staaf 1 - HFRHS120X80X6 (S235)..... 16
2.5.2 Staaf 3 - HFRHS180X100X10 (S235)..... 18

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl
Gevolgklasse : CC2

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s ^{2}

1 Invoergegevens



1.1 KNOPEN

Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	0	0	A	A	
2	4200	0	A	A	
3	0	3230			
4	4200	3230			

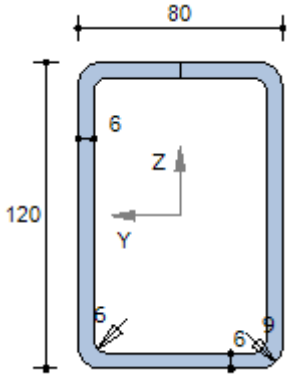
1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	3		HFRHS120X80X6	3230
2	2	4		HFRHS120X80X6	3230
3	3	4		HFRHS180X100X10	4200

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm²]	A [mm²]	Iy [mm4]	Wy;el_1 [mm³]	Wy;el_2 [mm³]
1	HFRHS120X80X6	17,4	210000	2,217E3	4,2307E6	7,0512E4	7,0512E4
2	HFRHS180X100X10	40,0	210000	5,092E3	2,0353E7	2,2615E5	2,2615E5

HFRHS120X80X6



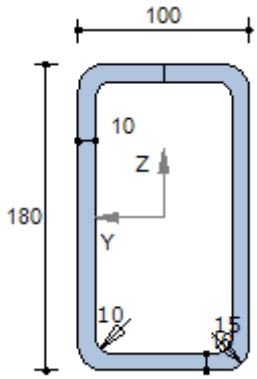
Materiaalgegevens

Staalsoort	S235 (Warmgewalst)							
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000	N/mm ^{2}				

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	40,0	mm	z_{max}	=	60,0	mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-40,0	mm	z_{min}	=	-60,0	mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0	mm	y_s	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	2216,7	mm ^{2}	G	=	17,4	kg/m
Statisch moment	S_y	=	43632	mm ^{3}	S_z	=	32745	mm ^{3}
Traagheidsmoment	I_y	=	4230730	mm ^{4}	I_z	=	2221400	mm ^{4}
Traagheidsstraal	i_y	=	43,7	mm	i_z	=	31,7	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	70512	mm ^{3}	$W_{z;el}$	=	55535	mm ^{3}
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0	mm ^{3}	hoek	=	0,00	graden
Traagheidsmoment	I_{max}	=	4230730	mm ^{4}	I_{min}	=	2221400	mm ^{4}
Traagheidsstraal	i_{max}	=	43,7	mm	i_{min}	=	31,7	mm
Halveringslijn	z_h	=	0,0	mm	y_h	=	0,0	mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	87264	mm ^{3}	$W_{z;pl}$	=	65491	mm ^{3}

HFRHS180X100X10



Materiaalgegevens

Staalsoort	S235 (Warmgewalst)							
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000	N/mm ^{2}				

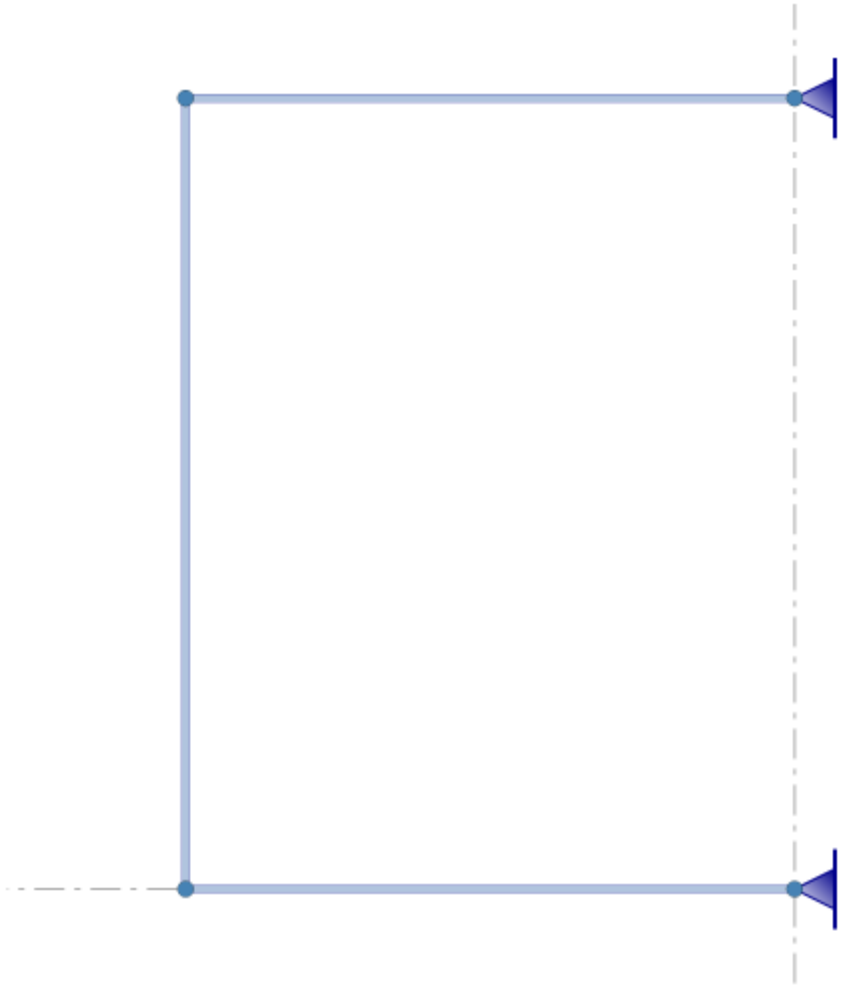
Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	50,0	mm	z_{max}	=	90,0	mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-50,0	mm	z_{min}	=	-90,0	mm
Zwaartelijn	z_{s}	=	0,0	mm	y_{s}	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	5091,9	mm ^{2}	G	=	40,0	kg/m
Statisch moment	S_{y}	=	143929	mm ^{3}	S_{z}	=	94091	mm ^{3}
Traagheidsmoment	I_{y}	=	20353201	mm ^{4}	I_{z}	=	7871540	mm ^{4}
Traagheidsstraal	i_{y}	=	63,2	mm	i_{z}	=	39,3	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	226147	mm ^{3}	$W_{z;el}$	=	157431	mm ^{3}
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0	mm ^{3}	hoek	=	0,00	graden
Traagheidsmoment	I_{max}	=	20353201	mm ^{4}	I_{min}	=	7871540	mm ^{4}
Traagheidsstraal	i_{max}	=	63,2	mm	i_{min}	=	39,3	mm
Halveringslijn	z_{h}	=	0,0	mm	y_{h}	=	0,0	mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	287859	mm ^{3}	$W_{z;pl}$	=	188183	mm ^{3}

1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ0	ψ1	ψ2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Windbelasting	Wind	0,00	0,20	0,00

1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht



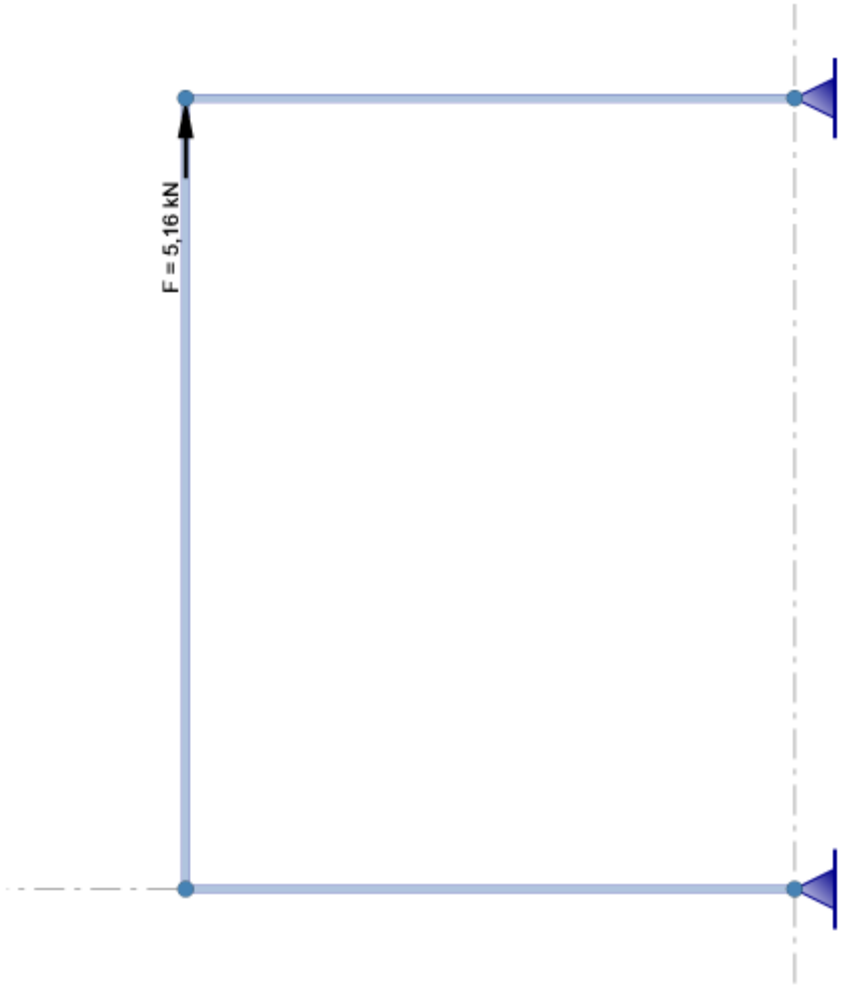
***) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!**

Totaal eigen gewicht: : 275 kg.

1.5.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-0,171 kN/m	-0,171 kN/m	-90,0	1	0	3230
2	q	-0,171 kN/m	-0,171 kN/m	-90,0	2	0	3230
3	q	-0,392 kN/m	-0,392 kN/m	0,0	3	0	4200

1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Windbelasting



1.6.1 Knoopbelastingen

Knoop-nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
4	5,160		

2 Berekeningsresultaten

2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand

Knoop-nummer	1/200 in +X			1/200 in -X	
	X [mm]	Z [mm]		X [mm]	Z [mm]
1	0	0		0	0
2	4200	0		4200	0
3	16	3230		-16	3230
4	4216	3230		4184	3230

2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

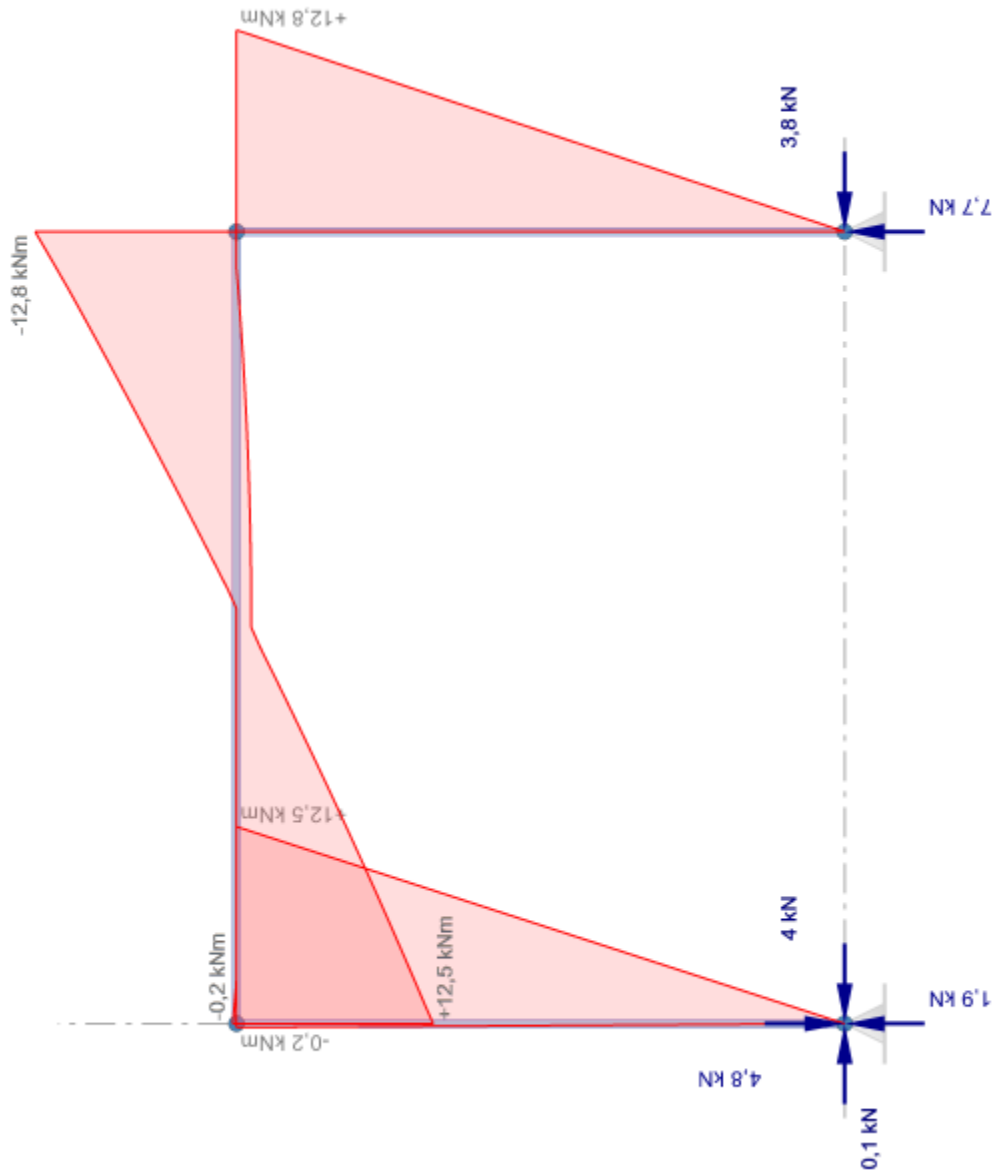
2.2.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

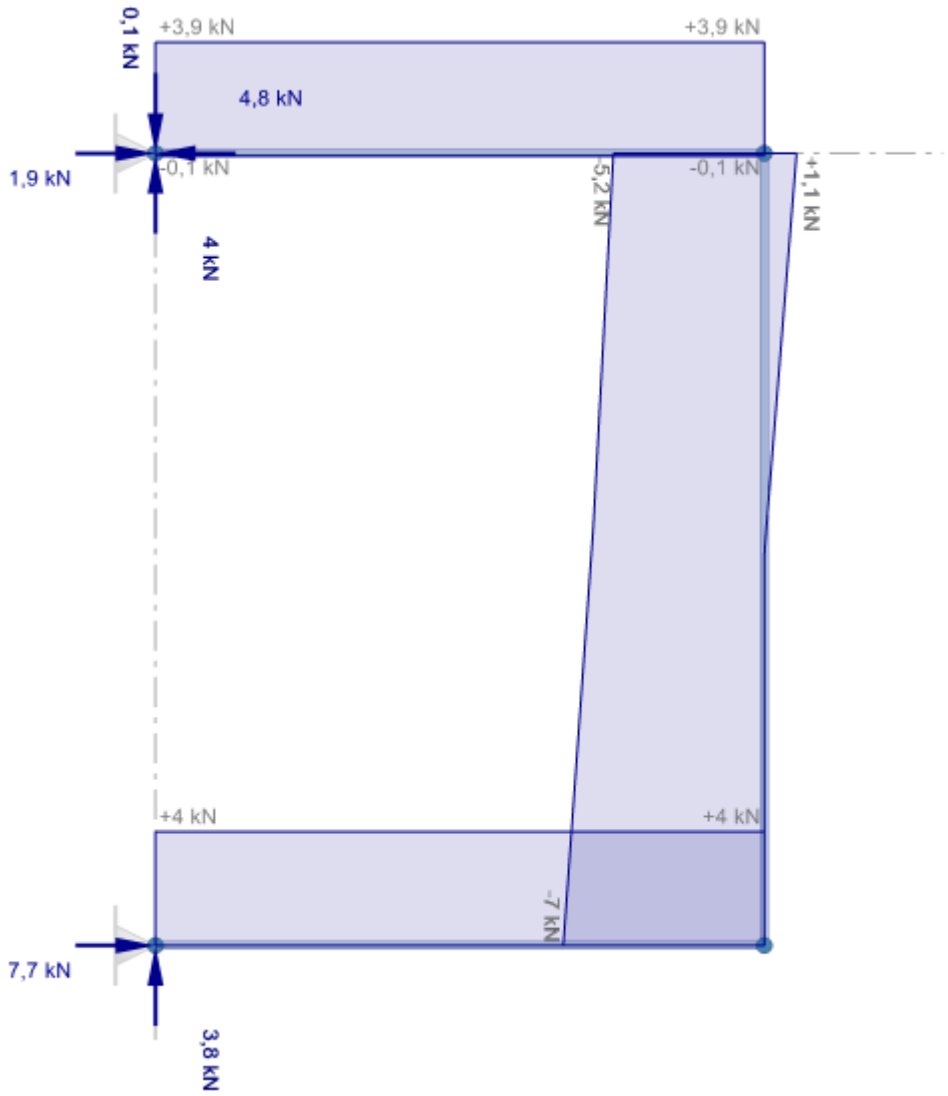
Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1.1	Permanent + Scheefstand 1/200 +X	UGT
1.2	Permanent + Scheefstand 1/200 -X	UGT
2.1	Permanent + Scheefstand 1/200 +X	UGT
2.2	Permanent + Scheefstand 1/200 -X	UGT
3.1	Windbelasting + Scheefstand 1/200 +X	UGT
3.2	Windbelasting + Scheefstand 1/200 -X	UGT
4.1	Windbelasting + Scheefstand 1/200 +X	UGT
4.2	Windbelasting + Scheefstand 1/200 -X	UGT

Combinatie nummer
1.1
1.2
2.1
2.2
3.1
3.2
4.1
4.2

Cn	Belasting (ψ x γ)				
	1	2			
1.	1,00x1,35				
1.	1,00x1,35				
2.	1,00x0,90				
2.	1,00x0,90				
3.	1,00x1,20	1,00x1,50			
3.	1,00x1,20	1,00x1,50			
4.	1,00x0,90	1,00x1,50			
4.	1,00x0,90	1,00x1,50			



Omhullende M-lijn


0,1 kN
+3,9 kN
+3,9 kN
4,8 kN
1,9 kN
-0,1 kN
-5,2 kN
-0,1 kN
+1,1 kN
4 kN
+4 kN
+4 kN
-7 kN
7,7 kN
3,8 kN

2.2.2

Knoop-nummer
1
2
Minimale /
1
1
1
2

2.2.3

Staaf-nummer
1
2
3

2.3

2.3.1

(GNL)

Combinatie nummer
5 6 7

Omhullende D-lijn

2.2.2 Omhullende reactiekrachten

Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1.1	**0,073**	1,847	
1.2	0,066	**1,865**	
4.1	**-3,968**	**-4,753**	
2.1	**-0,044**	1,243	
2.2	-0,049	**1,232**	
3.1	-3,781	**7,653**	
3.2	**-3,848**	7,639	
Minimale / maximale waarden			
4.1	**-3,968**		
1.1	**0,073**		
4.1		**-4,753**	
3.1		**7,653**	

2.2.3 Omhullende

Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1.2	1		**1,864**	**-0,075**	0,000
4.1	1		**-4,773**	**3,861**	0,000
1.2	3		**-1,120**	**0,075**	**-0,242**
4.1	3		**5,269**	**-3,861**	**12,472**
2.2	2		**1,232**	**0,043**	0,000
3.1	2		7,634	**3,952**	0,000
3.2	2		**7,658**	3,943	0,000
2.2	4		**-0,736**	**-0,043**	**0,137**
3.1	4		-6,973	**-3,952**	**12,766**
3.2	4		**-6,997**	-3,943	12,736
1.2	3		**0,069**	**1,120**	**0,242**
4.1	3		**-3,970**	**-5,250**	**-12,472**
1.1		2084	-0,069	0,000	**0,943**
1.2	4		**-0,069**	1,103	-0,206
2.2	4		-0,046	**0,735**	**-0,137**
3.1	4		3,955	**6,992**	**-12,766**
4.1	4		**3,970**	6,732	-12,689

2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN

2.3.1

(GNL) Geometrisch niet-lineaire

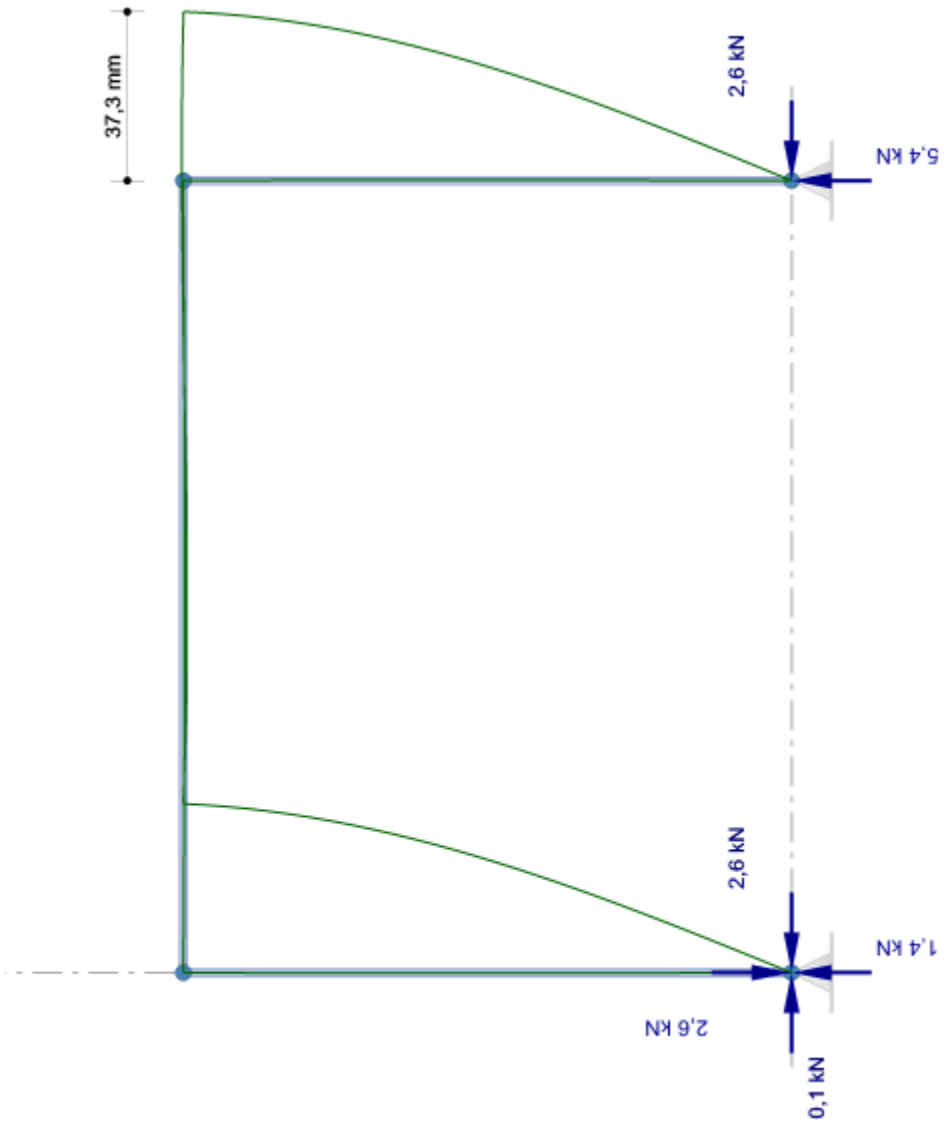
Cnu	Omschrijving	Type
5	Permanent	BGT
6	Windbelasting	BGT
7	BGT Blijvend	BGT Blijvend

Combinatie nummer
5
6
7

2.3.2

Knoop-nummer
1
2
3

C	Belasting (ψ x γ)				
nu	1	2			
5 6 7	1,00x1,00 1,00x1,00 1,00x1,00	1,00x1,00			



Omhullende verplaatsing

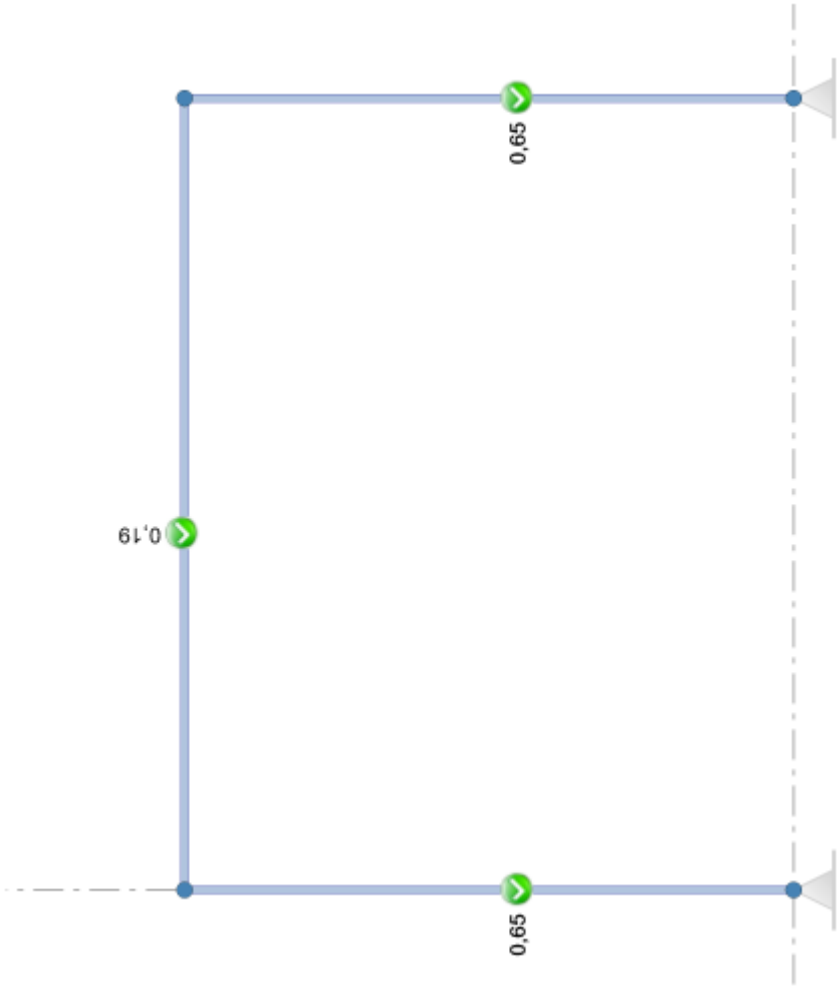
2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen

Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
5	0,0	**0,0**	0,1
6	**0,0**	**0,0**	**-16,5**
7	**0,0**	0,0	**0,1**
5	**0,0**	**0,0**	**-0,1**
6	**0,0**	**0,0**	**-16,8**
5	**0,0**	**0,0**	**-0,2**

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
3	6	**37,3**	**0,0**	**-1,6**
4	5 6 7	0,0 **37,3** **0,0**	**0,0** **0,0** 0,0	0,2 **-1,2** **0,2**
Minimale / maximale waarden				
4	7	**0,0**		
4	6	**37,3**		
4	6		**0,0**	
3	6		**0,0**	
2	6			**-16,8**
4	7			**0,2**

2.4 EN1993 TOETSINGEN

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële scheefstanden, volgens figuur 5.2)



Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.

Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	HFRHS120X80X6	4.1 4.1 4.1 4.1 4.1 1.2 6 6	1 1 1 1 1 1	6.2.3 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.3 Doorbuiging Doorbuiging	0,01 0,61 0,02 0,61 0,61 0,01 0,48 0,65
2	HFRHS120X80X6	3.2 3.1 3.1 3.1 3.1 3.1 6 6	1 1 1 1 1 1	6.2.4 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.3 Doorbuiging Doorbuiging	0,01 0,62 0,02 0,62 0,62 0,40 0,50 0,65
3	HFRHS180X100X10	3.1 3.1 3.1	1 1 1	6.2.5 6.2.6 6.2.8	0,19 0,02 0,19

2.5 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.5.1 Staaf 1 - HFRHS120X80X6 (S235)

Axiale trek art. 6.2.3

Combinatie: 4.1 x = 3230 mm Nx = 5,269 kN Vz = 3,861 kN My = 12,471 kNm

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2216,7 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 520,9 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{5,3}{520,9} = 0,01 < 1,0 \quad (6.5)$$

Buigend moment art. 6.2.5

Combinatie: 4.1 x = 3230 mm Nx = 5,269 kN Vz = 3,861 kN My = 12,471 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{87264 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 20,507 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{12,471}{20,507} = 0,61 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving) art. 6.2.6

Combinatie: 4.1 x = 0 mm Nx = 4,773 kN Vz = 3,861 kN My = 0 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1330 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 180,5 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{3,9}{180,5} = 0,02 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht art. 6.2.8

Combinatie: 4.1 x = 3230 mm Nx = 5,269 kN Vz = 3,861 kN My = 12,471 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1330 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 180,5 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$V_{z,Ed} = 3,861 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 180,478 / 2 = 90,239 \text{ kN}$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht art. 6.2.9

Combinatie: 4.1 x = 3230 mm Nx = 5,269 kN Vz = 3,861 kN My = 12,471 kNm
$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,01$ $a_w = (A - 2 b t_f) / A = (2216,7 - 2 \times 80 \times 6) / 2216,7 = 0,5$

$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 20,507 \times (1-0,01)/(1-0,5 \times 0,5) = 20,507 \text{ kNm}$ (6.39)

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{12,471}{20,507} = 0,61 < 1,0 \quad (6.31)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven art. 6.3.3

Combinatie: 1.2 x = 3230 mm Nx = -1,864 kN Vz = -0,075 kN My = -0,242 kNm

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \qquad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3230}{43,7} \frac{1}{93,9} = 0,787 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \qquad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3230}{31,7} \frac{1}{93,9} = 1,086 \quad (6.50)$$

Knikkromme $_{y-y}$ a $\alpha = 0,21$

$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,787 - 0,2) + 0,787^2] = 0,872$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,872 + \sqrt{0,872^2 - 0,787^2}} = 0,803 \quad (6.49)$$

Knikkromme $_{z-z}$ a $\alpha = 0,21$

$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,086 - 0,2) + 1,086^2] = 1,183$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,183 + \sqrt{1,183^2 - 1,086^2}} = 0,605 \quad (6.49)$$

$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 2217 \times 10^{-3} = 520,9 \text{ kN}$

$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 87264 \times 10^{-6} = 20,5 \text{ kNm}$

$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 65491 \times 10^{-6} = 15{,}4$ kNm

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$\varphi = M_2 / M_1 = 0/-0{,}242 = 0 \quad \rightarrow C_{my} = 0{,}6 + 0{,}4 \quad \varphi = 0{,}6 + 0{,}4 \times 0 = 0{,}6 > 0{,}4$

$$k_{yy} = C_{my}\left(1+(\lambda_y - 0{,}2)\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}6 \times \left(1+(0{,}787-0{,}2)\times\frac{1{,}864}{0{,}803 \times 520{,}914/1{,}00}\right) = 0{,}602$$

$k_{zy} = 0$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{1{,}864}{0{,}803 \times 520{,}914/1{,}00} + 0{,}602 \times \frac{0{,}242}{1 \times 20{,}507/1{,}00} = 0{,}01 < 1 \qquad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{1{,}864}{0{,}605 \times 520{,}914/1{,}00} + 0 \times \frac{0{,}242}{1 \times 20{,}507/1{,}00} = 0{,}01 < 1 \qquad (6.62)$$

Doorbuiging

Combinatie: 6 x = 1860,2 mm Nx = 2,935 kN Vz = 2,55 kN My = 4,743 kNm

Lokale knoopverplaatsingen $d_{z1} = 0$ mm $d_{z2} = -37{,}3$ mm

$w_{eind,z} = w_z - w_{Zeeg,z} = -6{,}2 - 0 = -6{,}2$ mm

$$\frac{|w_{eind,z}|}{w_{eind,z,max}} = \frac{|-6{,}2|}{3230/250} = \frac{|-6{,}2|}{12{,}9} = 0{,}48 < 1{,}0$$

$w_{bijk.,z} = w_z - w_{BGT\ Blijvend,z} = -6{,}2 - 0{,}1 = -6{,}3$ mm

$$\frac{|w_{bijk.,z}|}{w_{bijk.,z,max}} = \frac{|-6{,}3|}{3230/333} = \frac{|-6{,}3|}{9{,}7} = 0{,}65 < 1{,}0$$

2.5.2 Staaf 3 - HFRHS180X100X10 (S235)

Buigend moment (maatgevend) *art. 6.2.5*

Combinatie: 3.1 x = 4200 mm Nx = 3,955 kN Vz = -6,992 kN My = -12,766 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{287859 \times 235}{1{,}00} \times 10^{-6} = 67{,}647 \text{ kNm} \qquad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{12{,}766}{67{,}647} = 0{,}19 < 1{,}0 \qquad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving) *art. 6.2.6*

Combinatie: 3.1 x = 4200 mm Nx = 3,955 kN Vz = -6,992 kN My = -12,766 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{3273 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 444,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{7,0}{444,1} = 0,02 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht **art. 6.2.8**

Combinatie: 3.1 x = 4200 mm Nx = 3,955 kN Vz = -6,992 kN My = -12,766 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{3273 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 444,1 \text{ kN} \quad (6.18)$$

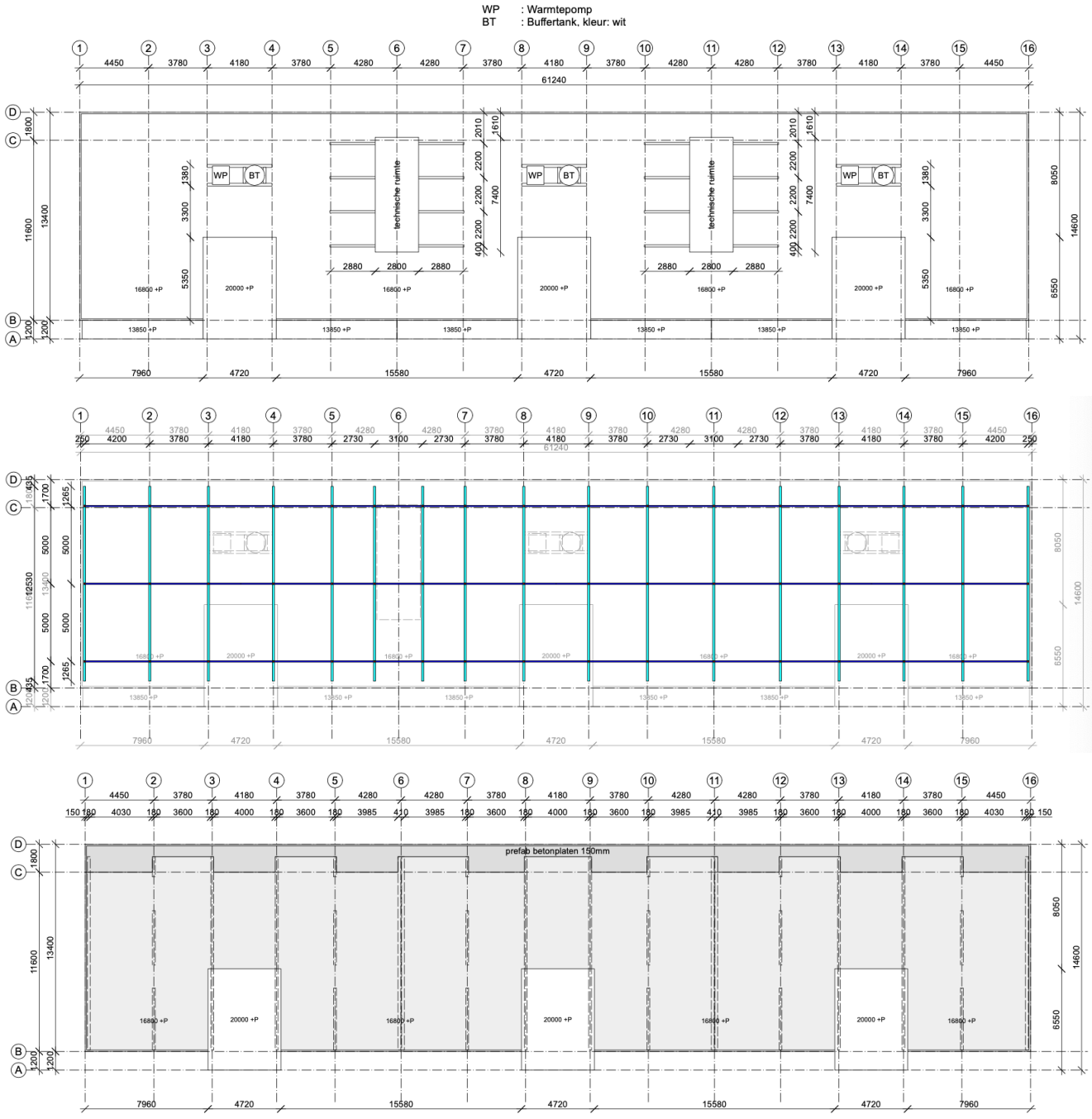
$V_{z,Ed} = 6,992 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 444,130 / 2 = 222,065 \text{ kN}$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

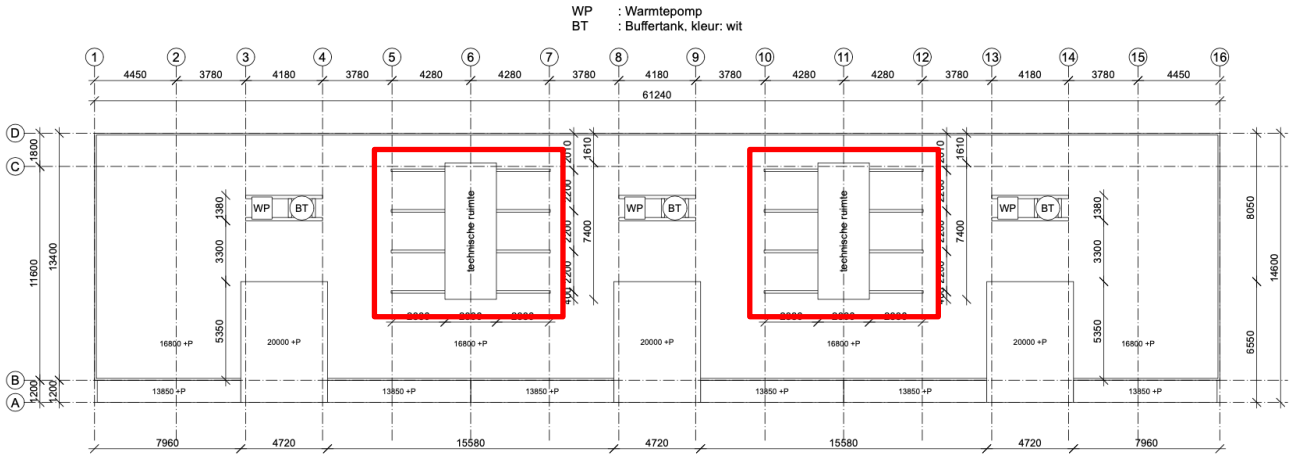
Controle bestaand dakvloer

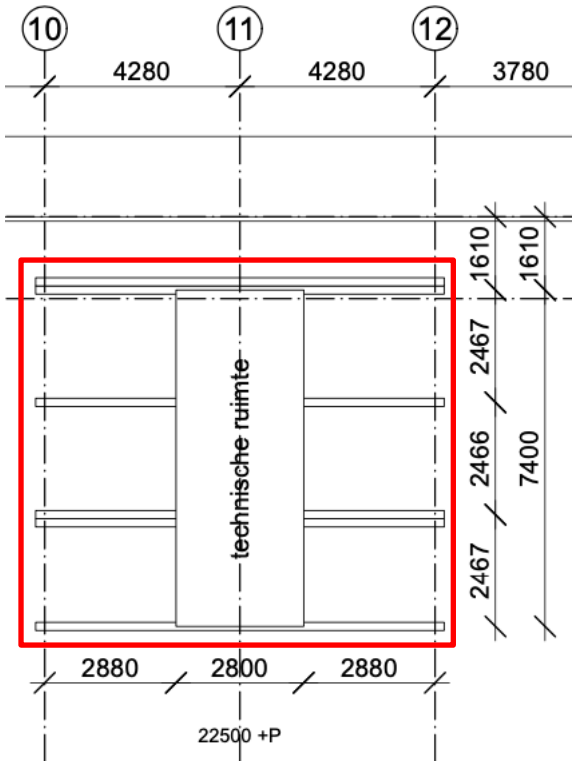
De dakvloer bestaat uit een betonvloer van 150mm dik. Ondanks de kansen op het dak worden de zonnepanelen met een overkappingsconstructie op het dak gezet zodat de dakoppervlakte vrij wordt gemaakt voor de technische ruimte en de installatie units. De stalen constructie van de overkapping rust op de draagwanden. Zo wordt het dak niet extra belast.

De installatie en de technische ruimte worden op een stalen frame gelegd. Deze frame verplaatst de krachten naar de draagwanden waar die op verankerd wordt. De dragende wanden zijn gecontroleerd op de draagbaarheid en voldoen daar ook aan.



Berekening hulpconstructie t.b.v. technische ruimte





Belastingaannamen op de balken (technische ruimte)

- Permanent (2,48 kN/m2 x 2,47 m) 6,13 kN/m1
- Veranderlijke belasting bluswater (4,00 kN/m2 x 2,47 m) 9,88 kN/m1

Berekening stalenbalk t.b.v. opvang technische ruimte

Bestand :....Berekening portaal t.b.v. opvang technische ruimte.xfr2

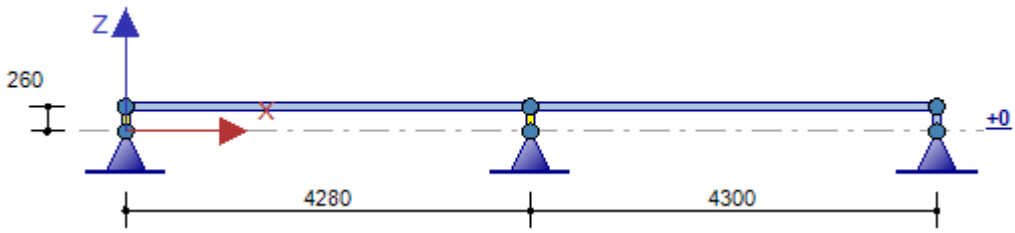
Inhoudsopgave

1.1 KNOPEN..... 2
1.2 STAVEN..... 2
1.3 PROFIELEN..... 2
1.4 BELASTINGSGEVALLEN..... 4
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht..... 4
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk..... 5
2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)..... 6
2.1.2 Omhullende reactiekrachten..... 7
2.1.3 Omhullende staafkrachten..... 7
2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)..... 8
2.2.2 Omhullende knoopverplaatsingen..... 9
2.3 EN1993 TOETSINGEN..... 9
2.4 BEREKENING VAN UNITY CHECKS..... 10
2.4.1 Staaf 3 - HFRHS100X100X5..... 10
2.4.2 Staaf 4 - HE140A..... 12

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl
Gevolgklasse : CC2

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s ^{2}

1 Invoergegevens



1.1 KNOPEN

Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	0	0	A	A	
2	4280	0	A	A	
3	8580	0	A	A	
4	0	260			
5	4280	260			
6	8580	260			

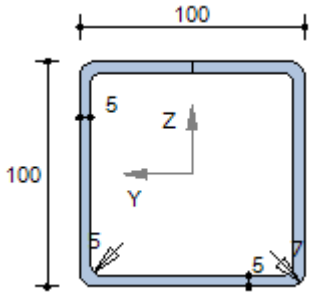
1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	4		HFRHS100X100X5	260
2	5	2		HFRHS100X100X5	260
3	6	3		HFRHS100X100X5	260
4	4	6		HE140A	8580

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm²]	A [mm²]	Iy [mm4]	Wy;el_1 [mm³]	Wy;el_2 [mm³]
1	HFRHS100X100X5	14,8	210000	1,879E3	2,8074E6	5,6148E4	5,6148E4
2	HE140A	24,7	210000	3,144E3	1,0338E7	1,5546E5	1,5546E5

HFRHS100X100X5



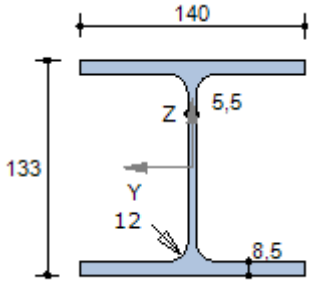
Materiaalgegevens

Staalsoort	S235	(Warmgewalst)						
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000	N/mm ^{2}				

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	50,0	mm	z_{max}	=	50,0	mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-50,0	mm	z_{min}	=	-50,0	mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0	mm	y_s	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	1879,0	mm ^{2}	G	=	14,8	kg/m
Statisch moment	S_y	=	33317	mm ^{3}	S_z	=	33317	mm ^{3}
Traagheidsmoment	I_y	=	2807408	mm ^{4}	I_z	=	2807408	mm ^{4}
Traagheidsstraal	i_y	=	38,7	mm	i_z	=	38,7	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	56148	mm ^{3}	$W_{z;el}$	=	56148	mm ^{3}
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0	mm ^{3}	hoek	=	45,00	graden
Traagheidsmoment	I_{max}	=	2807408	mm ^{4}	I_{min}	=	2807408	mm ^{4}
Traagheidsstraal	i_{max}	=	38,7	mm	i_{min}	=	38,7	mm
Halveringslijn	z_h	=	0,0	mm	y_h	=	0,0	mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	66635	mm ^{3}	$W_{z;pl}$	=	66635	mm ^{3}

HE140A



Materiaalgegevens

Staalsoort	S235	(Warmgewalst)		
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000	N/mm ^{2}

Doorsnedegegevens

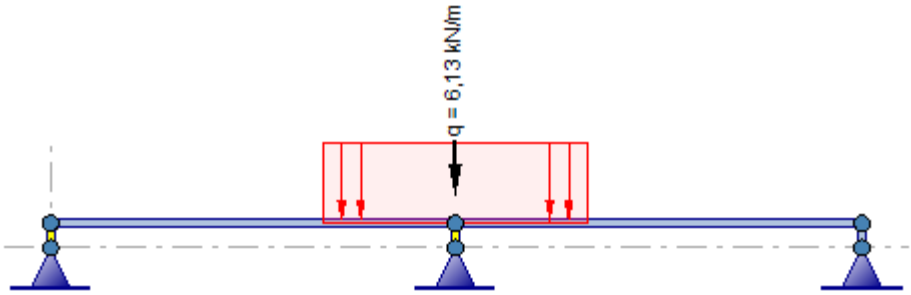
Maximale coördinaat	y_{max}	=	70,0	mm	z_{max}	=	66,5	mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-70,0	mm	z_{min}	=	-66,5	mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0	mm	y_s	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	3143,9	mm ^{2}	G	=	24,7	kg/m
Statisch moment	S_y	=	86809	mm ^{3}	S_z	=	42432	mm ^{3}
Traagheidsmoment	I_y	=	10337922	mm ^{4}	I_z	=	3893360	mm ^{4}

Traagheidsstraal	i_y	=	57,3	mm	i_z	=	35,2	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	155457	mm^3	$W_{z;el}$	=	55619	mm^3
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0	mm^3	hoek	=	0,00	graden
Traagheidsmoment	I_{max}	=	10337922	mm^4	I_{min}	=	3893360	mm^4
Traagheidsstraal	i_{max}	=	57,3	mm	i_{min}	=	35,2	mm
Halveringslijn	z_h	=	0,0	mm	y_h	=	0,0	mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	173618	mm^3	$W_{z;pl}$	=	84865	mm^3

1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ0	ψ1	ψ2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk	A:Woonfunctie en logiesfunctie	0,40	0,50	0,30

1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht

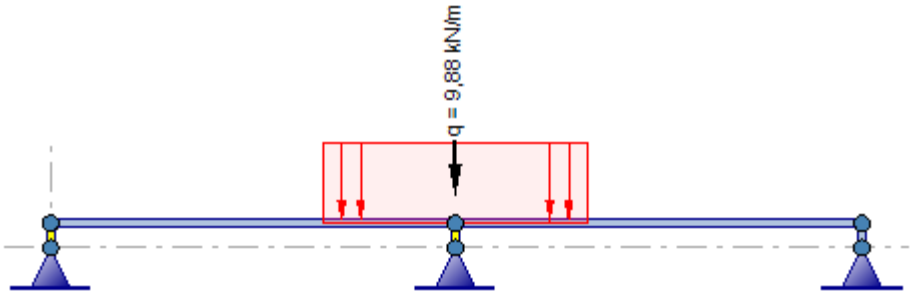


***) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!**
Totaal eigen gewicht: : 11 kg.

1.5.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-0,145 kN/m	-0,145 kN/m	-90,0	1	0	260
2	q	-0,145 kN/m	-0,145 kN/m	90,0	5	0	260
3	q	-0,145 kN/m	-0,145 kN/m	90,0	6	0	260
4	q	-6,130 kN/m	-6,130 kN/m	0,0	4	2880	2800

1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk



1.6.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
4	q	-9,880 kN/m	-9,880 kN/m	0,0	4	2880	2800

2 Berekeningsresultaten

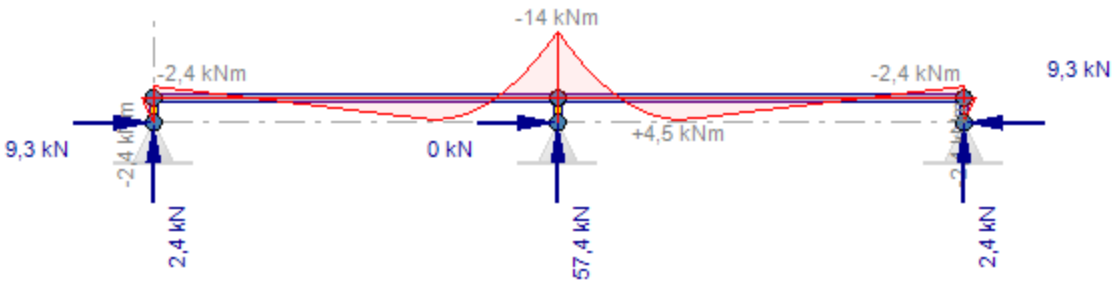
2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

2.1.1 Belastingscombinaties

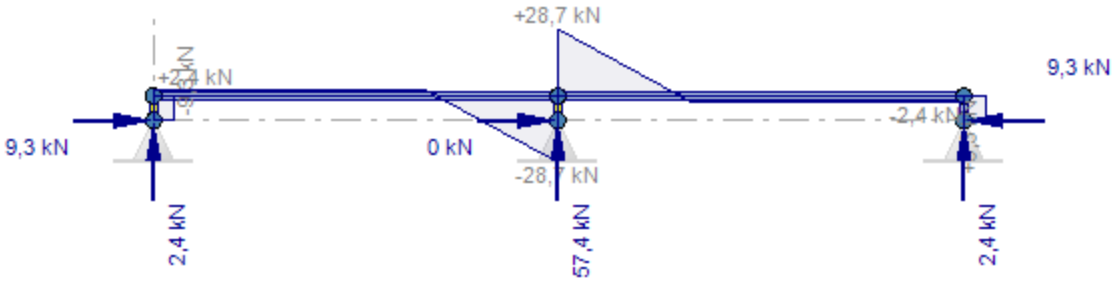
(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1	Combinatie1 (6.10a)	UGT
2	Combinatie2 (6.10b)	UGT

Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)				
	1	2			
1 2	1,00x1,35 1,00x1,20	0,40x1,50 1,00x1,50			



Omhullende M-lijn



Omhullende D-lijn

2.1.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1 2	**5,930** **9,261**	**1,569** **2,415**	
2	1 2	**0,023** **0,036**	**36,792** **57,410**	
3	1 2	**-5,953** **-9,297**	**1,561** **2,404**	
Minimale / maximale waarden				
3	2	**-9,297**		
1	2	**9,261**		
3	1		**1,561**	
2	2		**57,410**	

2.1.3 Omhullende staafkrachten

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	1 2	1 1		**1,569** **2,415**	**-5,929** **-9,260**	0,000 0,000
	1 2	4 4		**-1,518** **-2,370**	**5,929** **9,260**	**-1,542** **-2,408**

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
2	1 2	5 5		**36,741** **57,364**	**-0,023** **-0,036**	**-0,006** **-0,009**
	1 2	2 2		**-36,792** **-57,410**	**0,023** **0,036**	0,000 0,000
3	1 2	6 6		**1,511** **2,359**	**5,952** **9,296**	**1,548** **2,417**
	1 2	3 3		**-1,561** **-2,404**	**-5,952** **-9,296**	0,000 0,000
4	2	4		**9,261**	2,370	**2,408**
	2 2	5 5		-9,261 **-9,297**	**-28,676** **28,687**	-13,997 **-14,007**
	2		5574	**-9,297**	0,000	**4,549**
	1 2	6 6		-5,953 **-9,297**	1,511 2,359	**-1,548** -2,417

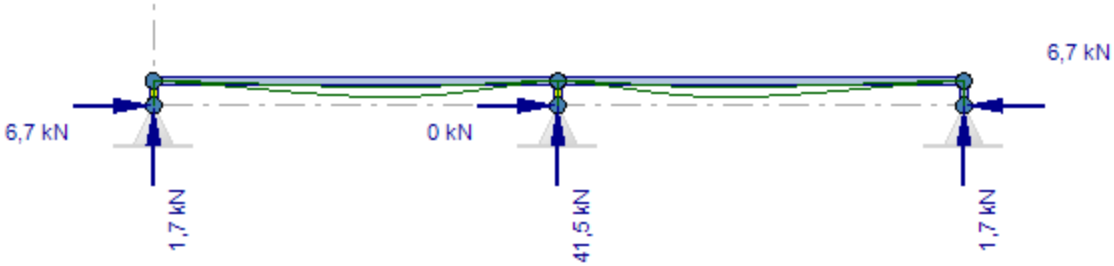
2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.2.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
3	BGT Blijvend	BGT Blijvend
4	BGT Quasi blijvend	BGT Quasi blijvend
5	Combinatie	BGT

Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)				
	1	2			
3	1,00x1,00				
4	1,00x1,00	0,30x1,00			
5	1,00x1,00	1,00x1,00			



Omhullende verplaatsing

2.2.2 Omhullende knoopverplaatsingen

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	3	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	5	**0,0**	**0,0**	**0,0**
2	3	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	5	**0,0**	**0,0**	**0,0**
3	3	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	5	**0,0**	**0,0**	**0,0**
4	3	**0,0**	**0,0**	**-0,2**
	5	**0,0**	**0,0**	**-0,4**
5	3	**0,0**	**0,0**	**0,0**
	5	**0,0**	**0,0**	**0,0**
6	3	**0,0**	**0,0**	**0,2**
	5	**0,0**	**0,0**	**0,4**
Minimale / maximale waarden				
6	5	**0,0**		
4	5	**0,0**		
5	5		**0,0**	
3	3		**0,0**	
4	5			**-0,4**
6	5			**0,4**

2.3 EN1993 TOETSINGEN

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële scheefstanden, volgens figuur 5.2)

Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	HFRHS100X100X5	2 2 2 2 2 2	1 1 1 1 1 1	6.2.4 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.3	0,01 0,15 0,07 0,15 0,15 0,10
2	HFRHS100X100X5	2 2 2 2	1 1 1 1	6.2.4 6.2.8 6.2.9.1 6.3.3	0,13 0,00 0,00 0,13
3	HFRHS100X100X5	2 2 2 2 2 2	1 1 1 1 1 1	6.2.4 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.3	0,01 0,15 0,07 0,15 0,15 0,10
4	HE140A	2 2 2 2 2 2 2	1 1 1 1 1 1 1	6.2.4 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.2.1 6.3.3	0,01 0,34 0,21 0,34 0,34 0,53 0,63

2.4 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.4.1 Staaf 3 - HFRHS100X100X5

Axiale druk art. 6.2.4

Combinatie: 2 x = 260 mm Nx = -2,404 kN Vz = 9,296 kN My = 0 kNm

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1879{,}0 \times 235}{1{,}00} \times 10^{-3} = 441{,}569 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{2{,}4}{441{,}6} = 0{,}01 < 1{,}0 \quad (6.9)$$

Buigend moment art. 6.2.5

Combinatie: 2 x = 0 mm Nx = -2,359 kN Vz = 9,296 kN My = -2,417 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{66635 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 15,659 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{2,417}{15,659} = 0,15 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving) **art. 6.2.6**

Combinatie: 2 x = 0 mm Nx = -2,359 kN Vz = 9,296 kN My = -2,417 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{940 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 127,5 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{9,3}{127,5} = 0,07 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht **art. 6.2.8**

Combinatie: 2 x = 0 mm Nx = -2,359 kN Vz = 9,296 kN My = -2,417 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{940 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 127,5 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$V_{z,Ed} = 9,296 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 127,469 / 2 = 63,734 \text{ kN}$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht **art. 6.2.9**

Combinatie: 2 x = 0 mm Nx = -2,359 kN Vz = 9,296 kN My = -2,417 kNm
$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,01$ $a_w = (A - 2 b t_f) / A = (1879 - 2 \times 100 \times 5) / 1879 = 0,47$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5 a_w) = 15,659 \times (1-0,01)/(1-0,5 \times 0,47) = 15,659 \text{ kNm} \quad (6.39)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{2,417}{15,659} = 0,15 < 1,0 \quad (6.31)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven **art. 6.3.3**

Combinatie: 2 x = 0 mm Nx = -2,404 kN Vz = 9,296 kN My = -2,417 kNm

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \qquad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{260}{38,7} \frac{1}{93,9} = 0,072 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \qquad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{260}{38,7} \frac{1}{93,9} = 0,072 \quad (6.50)$$

Knikkromme $_{y-y}$ a $\alpha = 0,21$

$\Phi_y = 0{,}5\,[1 + \alpha\,(\lambda_y - 0{,}2) + \lambda_y^2] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}21 \times (0{,}072 - 0{,}2) + 0{,}072^2] = 0{,}489$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0{,}489 + \sqrt{0{,}489^2 - 0{,}072^2}} = 1 \qquad (6.49)$$

Knikkromme $_{z\text{-}z}$ a $\alpha = 0{,}21$

$\Phi_z = 0{,}5\,[1 + \alpha\,(\lambda_z - 0{,}2) + \lambda_z^2] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}21 \times (0{,}072 - 0{,}2) + 0{,}072^2] = 0{,}489$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0{,}489 + \sqrt{0{,}489^2 - 0{,}072^2}} = 1 \qquad (6.49)$$

$N_{Rk} = f_y\,A = 235 \times 1879 \times 10^{-3} = 441{,}6$ kN

$M_{y,Rk} = f_y\,W_{pl,y} = 235 \times 66635 \times 10^{-6} = 15{,}7$ kNm

$M_{z,Rk} = f_y\,W_{pl,z} = 235 \times 66635 \times 10^{-6} = 15{,}7$ kNm

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$\varphi = M_2/M_1 = 0/-2{,}417 = 0 \rightarrow C_{my} = 0{,}6 + 0{,}4\ \varphi = 0{,}6 + 0{,}4 \times 0 = 0{,}6 > 0{,}4$

$$k_{yy} = C_{my}\left(1 + (\lambda_y - 0{,}2)\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}6 \times \left(1 + (0{,}072 - 0{,}2)\times\frac{2{,}404}{1 \times 441{,}569/1{,}00}\right) = 0{,}6$$

$k_{zy} = 0$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{2{,}404}{1 \times 441{,}569/1{,}00} + 0{,}6 \times \frac{2{,}417}{1 \times 15{,}659/1{,}00} = 0{,}10 < 1 \qquad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{2{,}404}{1 \times 441{,}569/1{,}00} + 0 \times \frac{2{,}417}{1 \times 15{,}659/1{,}00} = 0{,}01 < 1 \qquad (6.62)$$

2.4.2 Staaf 4 - HE140A

Axiale druk art. 6.2.4

Combinatie: 2 x = 4280 mm Nx = -9,297 kN Vz = 28,688 kN My = -14,007 kNm

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3143{,}9 \times 235}{1{,}00} \times 10^{-3} = 738{,}817 \text{ kN} \qquad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{9{,}3}{738{,}8} = 0{,}01 < 1{,}0 \qquad (6.9)$$

Buigend moment art. 6.2.5

Combinatie: 2 x = 4280 mm Nx = -9,297 kN Vz = 28,688 kN My = -14,007 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y}\ f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{173618 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 40,8 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{14,007}{40,800} = 0,34 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving) **art. 6.2.6**

Combinatie: 2 x = 4280 mm Nx = -9,297 kN Vz = 28,688 kN My = -14,007 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v\ (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1015 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 137,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{28,7}{137,7} = 0,21 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht **art. 6.2.8**

Combinatie: 2 x = 4280 mm Nx = -9,297 kN Vz = 28,688 kN My = -14,007 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v\ (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1015 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 137,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$V_{z,Ed} = 28,688 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 137,679 / 2 = 68,839 \text{ kN}$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht **art. 6.2.9**

Combinatie: 2 x = 4280 mm Nx = -9,297 kN Vz = 28,688 kN My = -14,007 kNm

$N_{Ed} < 0,25\ N_{pl,Rd} = 0,25 \times 738,8 = 184,7 \text{ kN} \quad (6.33)$

$$N_{Ed} < \frac{0,5\ h_w\ t_w\ f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 116 \times 5,5 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 75 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit **art. 6.3.2.1**

Combinatie: 2 x = 4280 mm Nx = -9,297 kN Vz = 28,466 kN My = -14,007 kNm

Aantal kipsteunen: 0

d' = h-t = 133-8,5 = 124,5 mm $I_w = \frac{(d')^2\ b^3\ t}{24} = \frac{(124,5)^2 \times 140^3 \times 8,5}{24} = 15064 \times 10^6 \text{ mm}^6$

torsiestijfheid volgens Roark geval 26 $I_t = 81643 \text{ mm}^4$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$L_g = 8580 \text{ mm}$ $L_{st} = 8580 \text{ mm}$

$M_{y,1,Ed}$ = -2,408 kNm $M_{y,2,Ed}$ = -2,417 kNm M_{yEd} (x=L_{st}/2= 4290 mm) = -13,721 kNm

Berekende equivalente belasting q = 1,229 kN/m

$$B^{*} = \frac{8\,M}{8\,|M| + q\,L_{st}^{2}} = \frac{8 \times 2{,}417 \times 10^{6}}{8 \times |2{,}417 \times 10^{6}| + 1{,}229 \times 8580^{2}} = 0{,}176 \qquad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{-2{,}408}{-2{,}417} = 0{,}996 \qquad C_1 = 1{,}107 \quad C_2 = 0{,}373$$

aangrijpingspunt belasting op z = -67 mm

$L_{kip} = L_{st}$ = 8580 mm

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{133}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 3893360}{80769 \times 81643}} = 740 \text{ mm} \qquad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) = \qquad \text{(NB.157)}$$

$$= \frac{\pi \times 1{,}107 \times 8580}{8580} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 740^2}{8580^2} \times (0{,}373^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0{,}373 \times 740}{8580} \right) = 3{,}974$$

$h / t_w = 133 / 5{,}5 = 24{,}2 < 75 \rightarrow k_{red} = 1$ (NB.153)

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C_1}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} = \qquad \text{(NB.148)}$$

$$= 1 \times \frac{3{,}974}{8580} \times \sqrt{210000 \times 3893360 \times 80769 \times 81643} \times 10^{-6} = 34{,}007 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{173618 \times 235}{34007348}} = 1{,}095 > \lambda_{Lt,0} = 0{,}4$$

Kipkromme b $\alpha_{Lt} = 0{,}34$

$$\Phi_{Lt} = 0{,}5\,[1 + \alpha_{Lt}\,(\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta\,\lambda_{Lt}^{2}] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}34 \times (1{,}095 - 0{,}4) + 0{,}75 \times 1{,}095^{2}] = 1{,}068$$

$$\chi_{Lt} = \min\left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^{2} - \beta\,\lambda_{Lt}^{2}}};1{,}0; \frac{1}{\lambda_{Lt}^{2}} \right) \qquad (6.57)$$

$$= \min\left(\frac{1}{1{,}068 + \sqrt{1{,}068^{2} - 0{,}75 \times 1{,}095^{2}}};1{,}0; \frac{1}{1{,}095^{2}} \right) = 0{,}641$$

$$\psi = \frac{M1}{M2} = \frac{-2{,}408}{-2{,}417} = 0{,}996 \qquad k_c = \frac{1}{1{,}33 - 0{,}33\,\psi} = \frac{1}{1{,}33 - 0{,}33 \times 0{,}996} = 0{,}999$$

$$f = 1 - 0{,}5\,(1 - k_c)\,[1 - 2{,}0\,(\lambda_{Lt} - 0{,}8)^{2}] = 1 - 0{,}5 \times (1 - 0{,}999) \times [1 - 2{,}0 \times (1{,}095 - 0{,}8)^{2}] = 0{,}999$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0{,}641}{0{,}999} = 0{,}642 \qquad (6.58)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0{,}642 \times 173618 \times \frac{235}{1{,}00} \times 10^{-6} = 26{,}2 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{14{,}0}{26{,}2} = 0{,}53 < 1{,}0 \quad (6.54)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven art. 6.3.3

Combinatie: 2 x = 4280 mm Nx = -9,297 kN Vz = 28,466 kN My = -14,007 kNm

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93{,}9 \qquad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{8580}{57{,}3} \frac{1}{93{,}9} = 1{,}593 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93{,}9 \qquad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{8580}{35{,}2} \frac{1}{93{,}9} = 2{,}596 \quad (6.50)$$

Knikkromme $_{y\text{-}y}$ b $\alpha = 0{,}34$

$\Phi_y = 0{,}5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0{,}2) + \lambda_y^2] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}34 \times (1{,}593 - 0{,}2) + 1{,}593^2] = 2{,}006$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{2{,}006 + \sqrt{2{,}006^2 - 1{,}593^2}} = 0{,}31 \quad (6.49)$$

Knikkromme $_{z\text{-}z}$ c $\alpha = 0{,}49$

$\Phi_z = 0{,}5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0{,}2) + \lambda_z^2] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}49 \times (2{,}596 - 0{,}2) + 2{,}596^2] = 4{,}457$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{4{,}457 + \sqrt{4{,}457^2 - 2{,}596^2}} = 0{,}124 \quad (6.49)$$

$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 3144 \times 10^{-3} = 738{,}8$ kN

$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 173618 \times 10^{-6} = 40{,}8$ kNm

$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 84865 \times 10^{-6} = 19{,}9$ kNm

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$\varphi = M_2 / M_1 = -2{,}408/-2{,}417 = 1$ $\alpha_h = M_h / M_s = -2{,}417/-13{,}721 = 0{,}18$

$C_{my} = 0{,}95 + 0{,}05 \alpha_h = 0{,}95 + 0{,}05 \times 0{,}18 = 0{,}959$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0{,}8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0{,}959 \times \left(1 + 0{,}8 \times \frac{9{,}297}{0{,}31 \times 738{,}817/1{,}00} \right) = 0{,}99$$

$\varphi = M_2 / M_1 = -2{,}408/-2{,}417 = 1$ $\alpha_h = M_h / M_s = -2{,}417/-13{,}721 = 0{,}18$

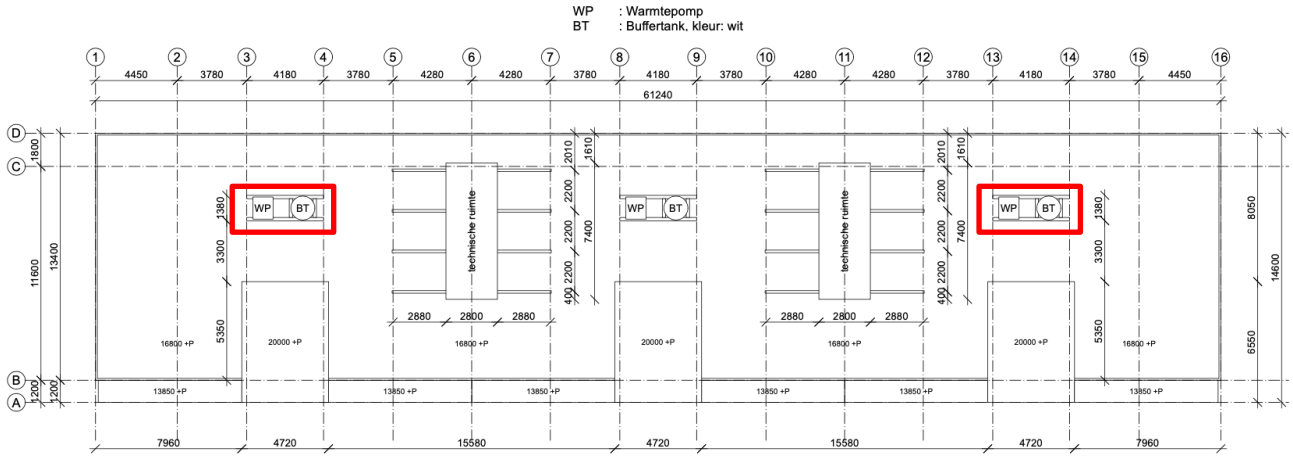
$C_{mLT} = 0{,}95 + 0{,}05 \alpha_h = 0{,}95 + 0{,}05 \times 0{,}18 = 0{,}959$

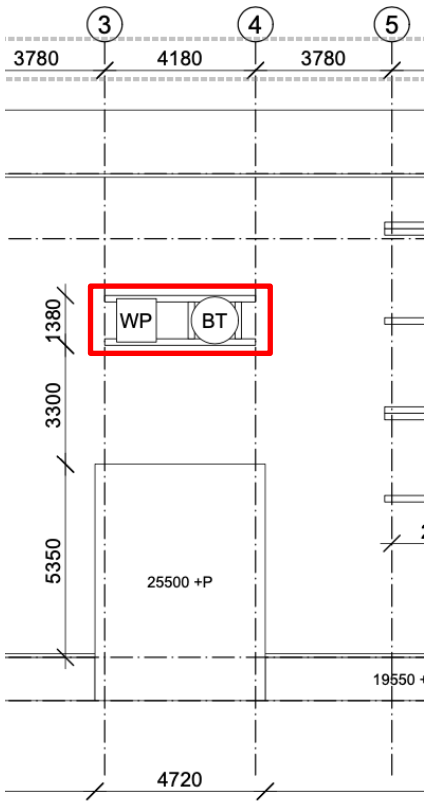
$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right] = \left[1 - \frac{0,1}{(0,959-0,25)} \times \frac{9,297}{0,124 \times 738,817/1,00}\right] = 0,986$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{9,297}{0,31 \times 738,817/1,00} + 0,99 \times \frac{14,007}{0,642 \times 40,8/1,00} = 0,57 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{9,297}{0,124 \times 738,817/1,00} + 0,986 \times \frac{14,007}{0,642 \times 40,8/1,00} = 0,63 < 1 \quad (6.62)$$

Berekening hulpconstructie t.b.v. installaties





Belastingaannamen op de balken (installatie)

- Permanent (25 kN / 2 m) = 12,50 kN/m1

Berekening portaal t.b.v. opvang installatie

Bestand :....Berekening portaal t.b.v. opvang installatie.xfr2

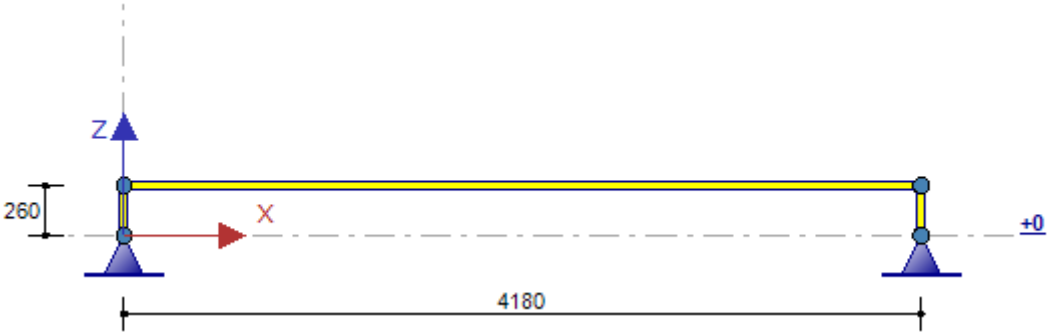
Inhoudsopgave

1.1 KNOPEN..... 2
1.2 STAVEN..... 2
1.3 PROFIELEN..... 2
1.4 BELASTINGSGEVALLEN..... 4
1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht..... 4
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk..... 5
2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)..... 6
2.1.2 Omhullende reactiekrachten..... 7
2.1.3 Omhullende staafkrachten..... 8
2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)..... 8
2.2.2 Omhullende knoopverplaatsingen..... 9
2.3 EN1993 TOETSINGEN..... 9
2.4 BEREKENING VAN UNITY CHECKS..... 10
2.4.1 Staaf 2 - HFRHS100X100X5..... 10
2.4.2 Staaf 3 - HE140A..... 12

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl
Gevolgklasse : CC2

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s ^{2}

1 Invoergegevens



1.1 KNOPEN

Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	0	0	A	A	
2	4180	0	A	A	
3	0	260			
4	4180	260			

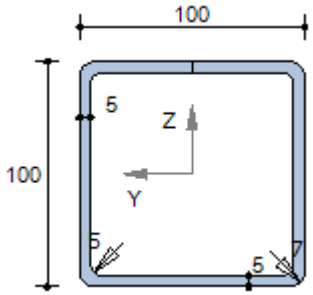
1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	3		HFRHS100X100X5	260
2	4	2		HFRHS100X100X5	260
3	3	4		HE140A	4180

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm²]	A [mm²]	Iy [mm4]	Wy;el_1 [mm³]	Wy;el_2 [mm³]
1	HFRHS100X100X5	14,8	210000	1,879E3	2,8074E6	5,6148E4	5,6148E4
2	HE140A	24,7	210000	3,144E3	1,0338E7	1,5546E5	1,5546E5

HFRHS100X100X5



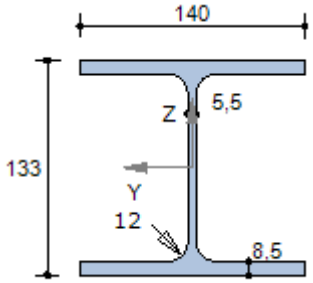
Materiaalgegevens

Staalsoort	S235	(Warmgewalst)						
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000	N/mm ^{2}				

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	50,0	mm	z_{max}	=	50,0	mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-50,0	mm	z_{min}	=	-50,0	mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0	mm	y_s	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	1879,0	mm ^{2}	G	=	14,8	kg/m
Statisch moment	S_y	=	33317	mm ^{3}	S_z	=	33317	mm ^{3}
Traagheidsmoment	I_y	=	2807408	mm ^{4}	I_z	=	2807408	mm ^{4}
Traagheidsstraal	i_y	=	38,7	mm	i_z	=	38,7	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	56148	mm ^{3}	$W_{z;el}$	=	56148	mm ^{3}
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0	mm ^{3}	hoek	=	45,00	graden
Traagheidsmoment	I_{max}	=	2807408	mm ^{4}	I_{min}	=	2807408	mm ^{4}
Traagheidsstraal	i_{max}	=	38,7	mm	i_{min}	=	38,7	mm
Halveringslijn	z_h	=	0,0	mm	y_h	=	0,0	mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	66635	mm ^{3}	$W_{z;pl}$	=	66635	mm ^{3}

HE140A



Materiaalgegevens

Staalsoort	S235	(Warmgewalst)		
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000	N/mm ^{2}

Doorsnedegegevens

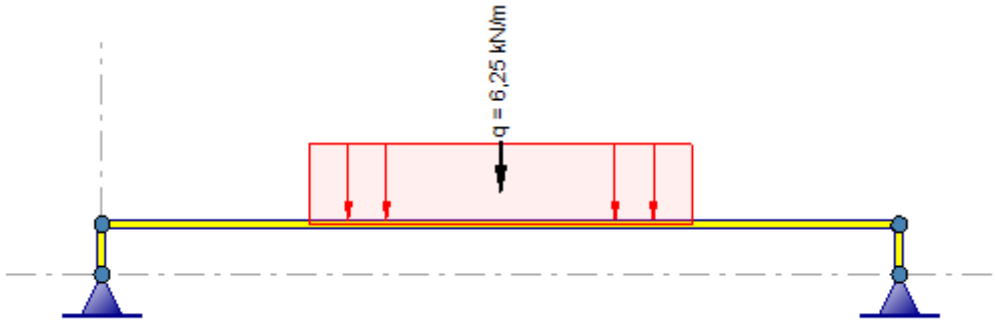
Maximale coördinaat	y_{max}	=	70,0	mm	z_{max}	=	66,5	mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-70,0	mm	z_{min}	=	-66,5	mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0	mm	y_s	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	3143,9	mm ^{2}	G	=	24,7	kg/m
Statisch moment	S_y	=	86809	mm ^{3}	S_z	=	42432	mm ^{3}
Traagheidsmoment	I_y	=	10337922	mm ^{4}	I_z	=	3893360	mm ^{4}

Traagheidsstraal	i_y	=	57,3	mm	i_z	=	35,2	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	155457	mm^3	$W_{z;el}$	=	55619	mm^3
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0	mm^3	hoek	=	0,00	graden
Traagheidsmoment	I_{max}	=	10337922	mm^4	I_{min}	=	3893360	mm^4
Traagheidsstraal	i_{max}	=	57,3	mm	i_{min}	=	35,2	mm
Halveringslijn	z_h	=	0,0	mm	y_h	=	0,0	mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	173618	mm^3	$W_{z;pl}$	=	84865	mm^3

1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ0	ψ1	ψ2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk	A:Woonfunctie en logiesfunctie	0,40	0,50	0,30

1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht

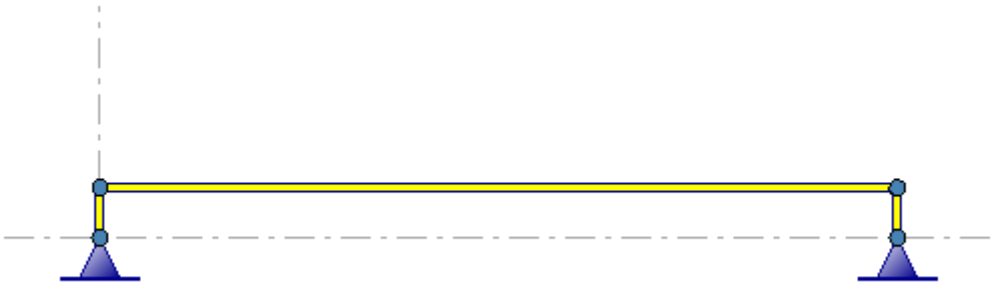


***) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!**
Totaal eigen gewicht: : 8 kg.

1.5.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-0,145 kN/m	-0,145 kN/m	-90,0	1	0	260
2	q	-0,145 kN/m	-0,145 kN/m	90,0	4	0	260
3	q	-6,250 kN/m	-6,250 kN/m	0,0	3	1090	2000

1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk



2 Berekeningsresultaten

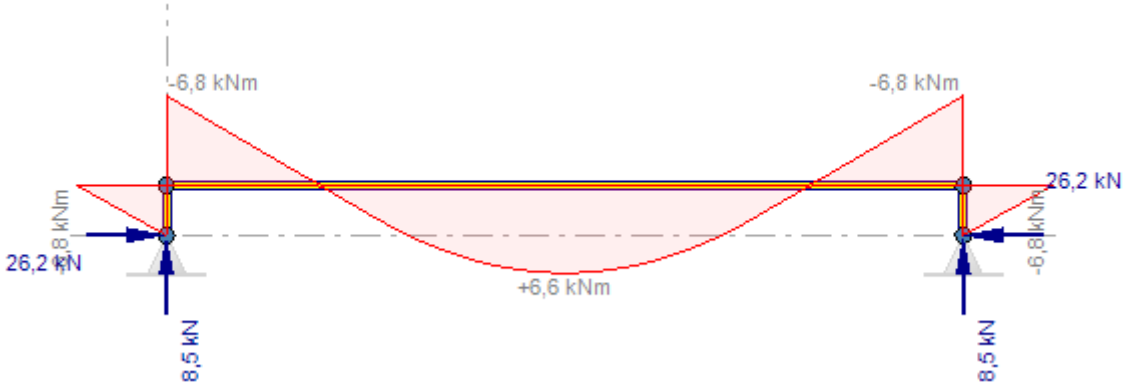
2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

2.1.1 Belastingscombinaties

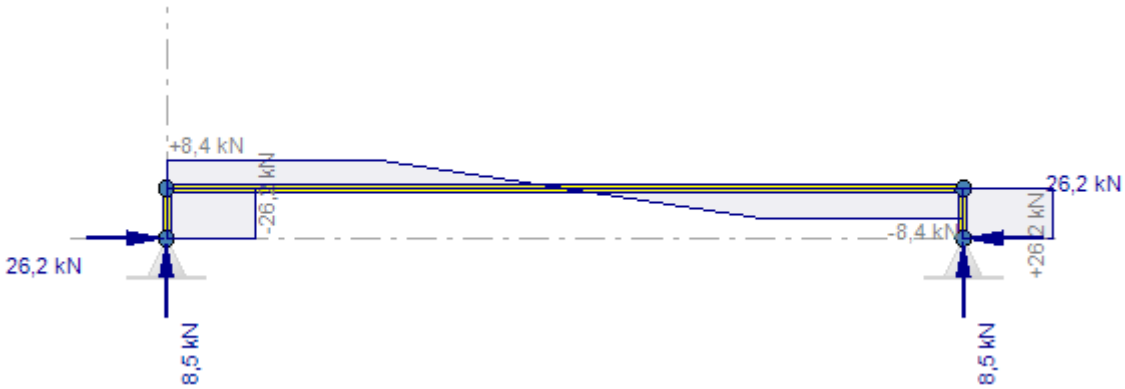
(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1	Combinatie1 (6.10a)	UGT
2	Combinatie2 (6.10b)	UGT

Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)				
	1	2			
1 2	1,00x1,35 1,00x1,20	0,40x1,50 1,00x1,50			



Omhullende M-lijn



Omhullende D-lijn

2.1.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1 2	**26,154** **23,240**	**8,488** **7,545**	
2	1 2	**-26,154** **-23,240**	**8,488** **7,545**	
Minimale / maximale waarden				
2	1	**-26,154**		
1	1	**26,154**		
1	2		**7,545**	
2	1		**8,488**	

2.1.3 Omhullende staafkrachten

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	1 2	1 1		**8,488** **7,545**	**-26,151** **-23,238**	0,000 0,000
	1 2	3 3		**-8,437** **-7,500**	**26,151** **23,238**	**-6,799** **-6,042**
2	1 2	4 4		**8,438** **7,500**	**26,151** **23,238**	**6,799** **6,042**
	1 2	2 2		**-8,488** **-7,545**	**-26,151** **-23,238**	0,000 0,000
3	1 2	3 3		**26,154** **23,240**	**8,437** **7,500**	**6,799** **6,042**
	1		2090	-26,154	0,000	**6,616**
	1 2	4 4		**-26,154** **-23,240**	**8,438** **7,500**	**-6,799** **-6,042**

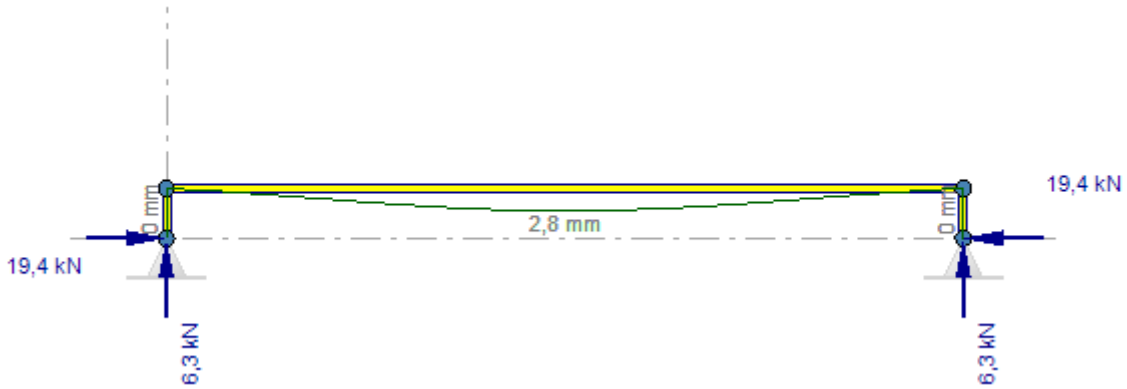
2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.2.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
3	BGT Blijvend	BGT Blijvend
4	BGT Quasi blijvend	BGT Quasi blijvend
5	Combinatie	BGT

Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)				
	1	2			
3	1,00x1,00				
4	1,00x1,00	0,30x1,00			
5	1,00x1,00	1,00x1,00			



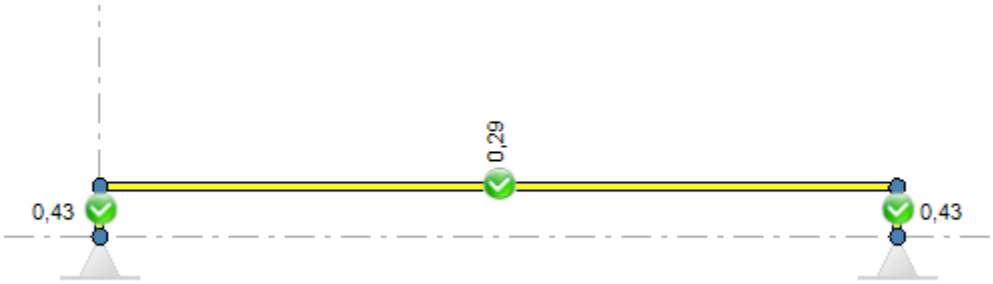
Omhullende verplaatsing

2.2.2 Omhullende knoopverplaatsingen

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	3	**0,0**	**0,0**	**0,1**
	4	0,0	**0,0**	0,1
	5	**0,0**	0,0	**0,1**
2	3	**0,0**	**0,0**	**-0,1**
	4	0,0	**0,0**	-0,1
	5	**0,0**	0,0	**-0,1**
3	3	**0,1**	**0,0**	**-1,0**
	4	0,1	**0,0**	-1,0
	5	**0,1**	0,0	**-1,0**
4	3	**-0,1**	**0,0**	**1,0**
	4	-0,1	**0,0**	1,0
	5	**-0,1**	0,0	**1,0**
Minimale / maximale waarden				
4	3	**-0,1**		
3	3	**0,1**		
4	3		**0,0**	
1	3		**0,0**	
3	3			**-1,0**
4	3			**1,0**

2.3 EN1993 TOETSINGEN

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële scheefstanden, volgens figuur 5.2)



Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	HFRHS100X100X5	1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1	6.2.4 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.3	0,02 0,43 0,21 0,43 0,43 0,28
2	HFRHS100X100X5	1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1	6.2.4 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.3	0,02 0,43 0,21 0,43 0,43 0,28
3	HE140A	1 1 1 1 1 1 1 5	1 1 1 1 1 1 1 1	6.2.4 6.2.5 6.2.6 6.2.8 6.2.9.1 6.3.2.1 6.3.3 Doorbuiging	0,04 0,17 0,06 0,17 0,17 0,21 0,29 0,17

2.4 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.4.1 Staaf 2 - HFRHS100X100X5

Axiale druk art. 6.2.4

Combinatie: 1 x = 260 mm Nx = -8,488 kN Vz = 26,151 kN My = 0 kNm

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1879{,}0 \times 235}{1{,}00} \times 10^{-3} = 441{,}569 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{8{,}5}{441{,}6} = 0{,}02 < 1{,}0 \quad (6.9)$$

Buigend moment art. 6.2.5

Combinatie: 1 x = 0 mm Nx = -8,438 kN Vz = 26,151 kN My = -6,799 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y}\ f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{66635 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 15,659 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{6,799}{15,659} = 0,43 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving) **art. 6.2.6**

Combinatie: 1 x = 0 mm Nx = -8,438 kN Vz = 26,151 kN My = -6,799 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v\ (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{940 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 127,5 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{26,2}{127,5} = 0,21 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht **art. 6.2.8**

Combinatie: 1 x = 0 mm Nx = -8,438 kN Vz = 26,151 kN My = -6,799 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v\ (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{940 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 127,5 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$V_{z,Ed} = 26,151 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 127,469 / 2 = 63,734 \text{ kN}$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht **art. 6.2.9**

Combinatie: 1 x = 0 mm Nx = -8,438 kN Vz = 26,151 kN My = -6,799 kNm
$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,02$ $a_w = (A - 2\,b\,t_f) / A = (1879 - 2 \times 100 \times 5) / 1879 = 0,47$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd}\ (1-n)/(1-0,5a_w) = 15,659 \times (1-0,02)/(1-0,5 \times 0,47) = 15,659 \text{ kNm} \quad (6.39)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{6,799}{15,659} = 0,43 < 1,0 \quad (6.31)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven **art. 6.3.3**

Combinatie: 1 x = 0 mm Nx = -8,488 kN Vz = 26,151 kN My = -6,799 kNm

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \qquad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{260}{38,7} \frac{1}{93,9} = 0,072 \quad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \qquad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{260}{38,7} \frac{1}{93,9} = 0,072 \quad (6.50)$$

Knikkromme $_{y-y}$ a $\alpha = 0,21$

$\Phi_y = 0{,}5\,[1 + \alpha\,(\lambda_y - 0{,}2) + \lambda_y{}^2] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}21 \times (0{,}072 - 0{,}2) + 0{,}072^2] = 0{,}489$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y{}^2 - \lambda_y{}^2}} = \frac{1}{0{,}489 + \sqrt{0{,}489^2 - 0{,}072^2}} = 1 \qquad (6.49)$$

Knikkromme z-z a $\alpha = 0{,}21$

$\Phi_z = 0{,}5\,[1 + \alpha\,(\lambda_z - 0{,}2) + \lambda_z{}^2] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}21 \times (0{,}072 - 0{,}2) + 0{,}072^2] = 0{,}489$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z{}^2 - \lambda_z{}^2}} = \frac{1}{0{,}489 + \sqrt{0{,}489^2 - 0{,}072^2}} = 1 \qquad (6.49)$$

$N_{Rk} = f_y\,A = 235 \times 1879 \times 10^{-3} = 441{,}6$ kN

$M_{y,Rk} = f_y\,W_{pl,y} = 235 \times 66635 \times 10^{-6} = 15{,}7$ kNm

$M_{z,Rk} = f_y\,W_{pl,z} = 235 \times 66635 \times 10^{-6} = 15{,}7$ kNm

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$\varphi = M_2/M_1 = 0/-6{,}799 = 0 \rightarrow C_{my} = 0{,}6 + 0{,}4\,\varphi = 0{,}6 + 0{,}4 \times 0 = 0{,}6 > 0{,}4$

$$k_{yy} = C_{my}\left(1 + (\lambda_y - 0{,}2)\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}6 \times \left(1 + (0{,}072 - 0{,}2)\times\frac{8{,}488}{1 \times 441{,}569/1{,}00}\right) = 0{,}599$$

$k_{zy} = 0$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{8{,}488}{1 \times 441{,}569/1{,}00} + 0{,}599 \times \frac{6{,}799}{1 \times 15{,}659/1{,}00} = 0{,}28 < 1 \qquad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{Lt} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{8{,}488}{1 \times 441{,}569/1{,}00} + 0 \times \frac{6{,}799}{1 \times 15{,}659/1{,}00} = 0{,}02 < 1 \qquad (6.62)$$

2.4.2 Staaf 3 - HE140A

Axiale druk art. 6.2.4

Combinatie: 1 x = 2090 mm Nx = -26,154 kN Vz = 0 kN My = 6,616 kNm

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3143{,}9 \times 235}{1{,}00} \times 10^{-3} = 738{,}817 \text{ kN} \qquad (6.10)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{26{,}2}{738{,}8} = 0{,}04 < 1{,}0 \qquad (6.9)$$

Buigend moment art. 6.2.5

Combinatie: 1 x = 4180 mm Nx = -26,154 kN Vz = -8,438 kN My = -6,799 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y}\ f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{173618 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 40,8 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{6,799}{40,800} = 0,17 < 1,0 \quad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving) **art. 6.2.6**

Combinatie: 1 x = 3090 mm Nx = -26,154 kN Vz = -8,438 kN My = 2,398 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v\ (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1015 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 137,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{8,4}{137,7} = 0,06 < 1,0 \quad (6.17)$$

Buiging en dwarskracht **art. 6.2.8**

Combinatie: 1 x = 4180 mm Nx = -26,154 kN Vz = -8,438 kN My = -6,799 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v\ (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1015 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 137,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$V_{z,Ed} = 8,438 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 137,679 / 2 = 68,839 \text{ kN}$

Het effect van de dwarskracht op de momentweerstand hoeft niet in rekening te worden gebracht. (2)

Buiging en normaalkracht **art. 6.2.9**

Combinatie: 1 x = 4180 mm Nx = -26,154 kN Vz = -8,438 kN My = -6,799 kNm

$N_{Ed} < 0,25\ N_{pl,Rd} = 0,25 \times 738,8 = 184,7 \text{ kN} \quad (6.33)$

$$N_{Ed} < \frac{0,5\ h_w\ t_w\ f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 116 \times 5,5 \times 235}{1,00} \times 10^{-3} = 75 \text{ kN} \quad (6.34)$$

Het effect van de normaalkracht op het vloeimoment hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

Kipstabiliteit **art. 6.3.2.1**

Combinatie: 1 x = 0 mm Nx = -26,154 kN Vz = 0 kN My = -6,799 kNm

Aantal kipsteunen: 0 $(d')^2\ b^3\ t$

d' = h-t = 133-8,5 = 124,5 mm $I_w = \frac{(d')^2\ b^3\ t}{24} = \frac{(124,5)^2 \times 140^3 \times 8,5}{24} = 15064 \times 10^6 \text{ mm}^6$

torsiestijfheid volgens Roark geval 26 $I_t = 81643 \text{ mm}^4$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl figuren NB.33 en NB.34:

$L_g = 4180 \text{ mm}$ $L_{st} = 4180 \text{ mm}$

$M_{y,1,Ed}$ = -6,799 kNm $M_{y,2,Ed}$ = -6,799 kNm M_{yEd} (x=L_{st}/2= 2090 mm) = 6,616 kNm

Berekende equivalente belasting q = 6,143 kN/m

$$B^* = \frac{8\,M}{8\,|M| + q\,L_{st}^2} = \frac{8 \times -6{,}799 \times 10^{6}}{8 \times |-6{,}799 \times 10^{6}| + 6{,}143 \times 4180^{2}} = -0{,}336 \qquad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{-6{,}799}{-6{,}799} = 1 \qquad C_1 = 1{,}291 \quad C_2 = -1{,}026$$

aangrijpingspunt belasting op z = 67 mm

$L_{kip} = L_{st}$ = 4180 mm

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{133}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 3893360}{80769 \times 81643}} = 740 \text{ mm} \qquad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) = \qquad \text{(NB.157)}$$

$$= \frac{\pi \times 1{,}291 \times 4180}{4180} \times \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi^2 \times 740^2}{4180^2} \times (-1{,}026^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times -1{,}026 \times 740}{4180} \right) = 2{,}873$$

$h / t_w = 133 / 5{,}5 = 24{,}2 < 75 \rightarrow k_{red} = 1$ (NB.153)

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C_1}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} = \qquad \text{(NB.148)}$$

$$= 1 \times \frac{2{,}873}{4180} \times \sqrt{210000 \times 3893360 \times 80769 \times 81643} \times 10^{-6} = 50{,}46 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{173618 \times 235}{50459760}} = 0{,}899 > \lambda_{Lt,0} = 0{,}4$$

Kipkromme b α_{Lt} = 0,34

$$\Phi_{Lt} = 0{,}5\,[1 + \alpha_{Lt}\,(\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta\,\lambda_{Lt}^2] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}34 \times (0{,}899 - 0{,}4) + 0{,}75 \times 0{,}899^2] = 0{,}888$$

$$\chi_{Lt} = \min\left(\frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \beta\,\lambda_{Lt}^2}};1{,}0;\frac{1}{\lambda_{Lt}^2} \right) \qquad (6.57)$$

$$= \min\left(\frac{1}{0{,}888 + \sqrt{0{,}888^2 - 0{,}75 \times 0{,}899^2}};1{,}0;\frac{1}{0{,}899^2} \right) = 0{,}76$$

k_c = 0,90

$$f = 1 - 0{,}5\,(1 - k_c)\,[1 - 2{,}0\,(\lambda_{Lt} - 0{,}8)^2] = 1 - 0{,}5 \times (1 - 0{,}90) \times [1 - 2{,}0 \times (0{,}899 - 0{,}8)^2] = 0{,}951$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0{,}76}{0{,}951} = 0{,}8 \qquad (6.58)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt}\,W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0{,}8 \times 173618 \times \frac{235}{1{,}00} \times 10^{-6} = 32{,}6 \text{ kNm} \qquad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{6,8}{32,6} = 0,21 < 1,0 \qquad (6.54)$$

Prismatische, op buiging en druk belaste staven art. 6.3.3

Combinatie: 1 x = 0 mm Nx = -26,154 kN Vz = 0 kN My = -6,799 kNm

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \qquad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4180}{57,3} \frac{1}{93,9} = 0,776 \qquad (6.50)$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9 \qquad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4180}{35,2} \frac{1}{93,9} = 1,265 \qquad (6.50)$$

Knikkromme $_{y-y}$ b $\alpha = 0,34$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,776 - 0,2) + 0,776^2] = 0,899$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,899 + \sqrt{0,899^2 - 0,776^2}} = 0,739 \qquad (6.49)$$

Knikkromme $_{z-z}$ c $\alpha = 0,49$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,265 - 0,2) + 1,265^2] = 1,561$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,561 + \sqrt{1,561^2 - 1,265^2}} = 0,404 \qquad (6.49)$$

$N_{Rk} = f_y A = 235 \times 3144 \times 10^{-3} = 738,8$ kN

$M_{y,Rk} = f_y W_{pl,y} = 235 \times 173618 \times 10^{-6} = 40,8$ kNm

$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 235 \times 84865 \times 10^{-6} = 19,9$ kNm

Interactiefactoren volgens methode 2 (EN 1993-1-1, Bijlage B)

$\varphi = M_2 / M_1 = -6,799/-6,799 = 1$ $\alpha_s = M_s / M_h = 6,616/-6,799 = -0,97$

$C_{my} = 0,1 - 0,8 \alpha_s = 0,1 - 0,8 \times -0,97 = 0,878 > 0,4$

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + (\lambda_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,878 \times \left(1 + (0,776 - 0,2) \times \frac{26,154}{0,739 \times 738,817 / 1,00} \right) = 0,903$$

$\varphi = M_2 / M_1 = -6,799/-6,799 = 1$ $\alpha_s = M_s / M_h = 6,616/-6,799 = -0,97$

$C_{mLT} = 0,1 - 0,8 \alpha_s = 0,1 - 0,8 \times -0,97 = 0,878 > 0,4$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = \left(1 - \frac{0,1}{(0,878 - 0,25)} \times \frac{26,154}{0,404 \times 738,817 / 1,00} \right) = 0,986$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{26,154}{0,739 \times 738,817/1,00} + 0,903 \times \frac{6,799}{0,8 \times 40,8/1,00} = 0,24 < 1 \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{26,154}{0,404 \times 738,817/1,00} + 0,986 \times \frac{6,799}{0,8 \times 40,8/1,00} = 0,29 < 1 \quad (6.62)$$

Doorbuiging

Combinatie: 5 x = 2090 mm Nx = -19,358 kN Vz = 0 kN My = 4,905 kNm

Lokale knoopverplaatsingen d_{z1} = 0 mm d_{z2} = 0 mm

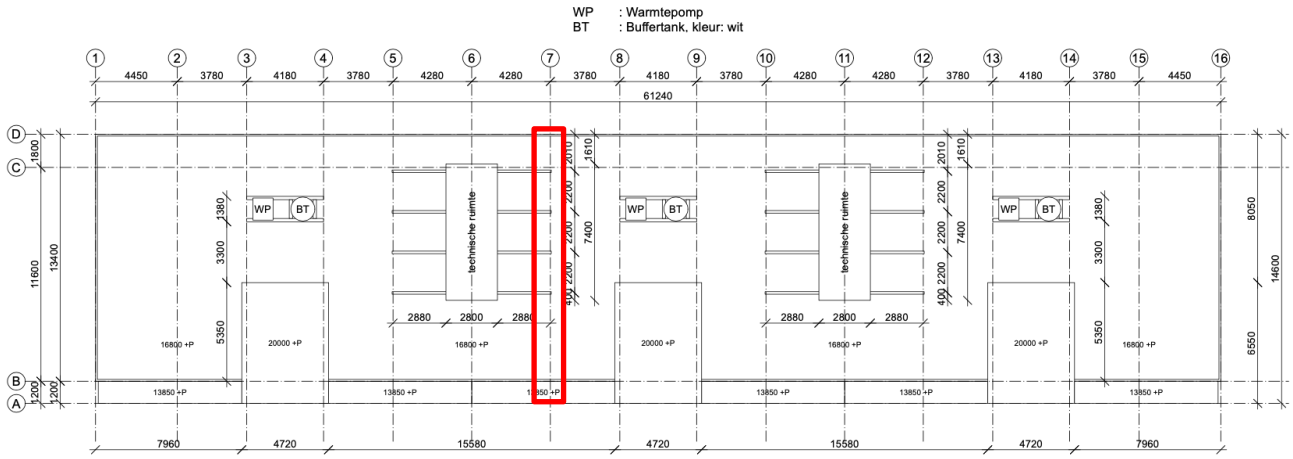
$w_{eind,z} = w_z - w_{Zeeg,z} = -2,8 - 0 = -2,8$ mm

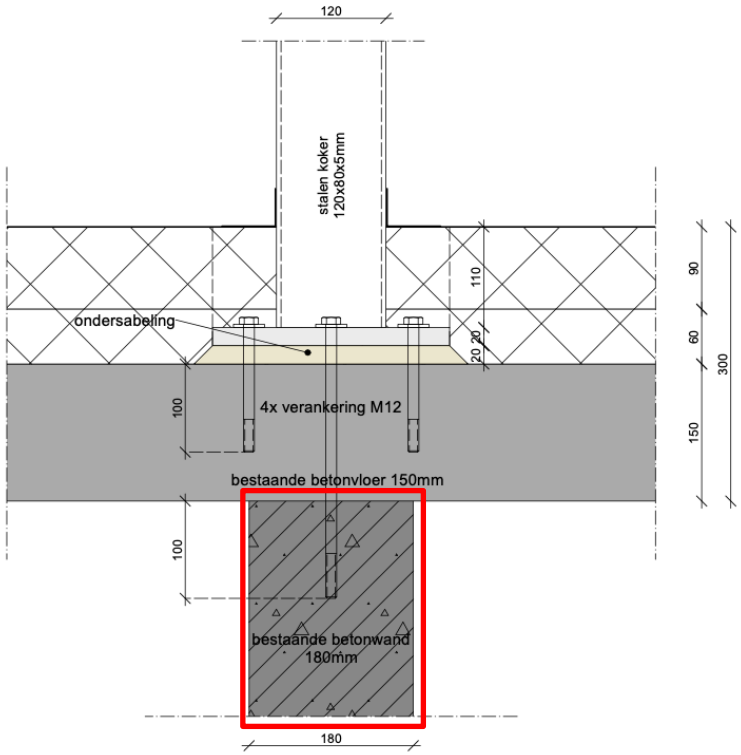
$$\frac{|w_{eind,z}|}{w_{eind,z,max}} = \frac{|-2,8|}{4180 / 250} = \frac{|-2,8|}{16,7} = 0,17 < 1,0$$

$w_{bijk.,z} = w_z - w_{BGT\ Blijvend,z} = -2,8 + 2,8 = 0$ mm

$$\frac{|w_{bijk.,z}|}{w_{bijk.,z,max}} = \frac{|0|}{4180 / 333} = \frac{|0|}{12,6} = 0,00 < 1,0$$

Controle op de draagwanden





Belastingaannamen op de balken (technische ruimte)

➢ Permanent (4,65 kN/m2 x 4,28 m)	19,90 kN/m1
➢ Veranderlijke (0,56 kN/m2 x 4,28 m)	2,40 kN/m1
➢ Permanent =	25,20 kN
➢ Veranderlijk =	31,50 kN
➢ Windbelasting (1,14 kN/m2 x 2,4 m x 12 m) / 6	5,47 kN

Controle berekening draagwand (extreemgeval)

ALGEMEEN

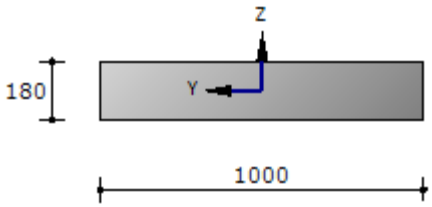
Bestand : ....Constructieberekeningen\Controleberekening draagwand.xcst

Gevolgklasse : CC2

WAND: Betonnen wand

INVOERGEGEVENS

Wandafmetingen : d_c = 180 mm b_c = 1000 mm
L=3000 mm
Betonsterkteklasse C30/37 Kruipcoëfficiënt 3,20
Korreldiameter 31,5 mm
Milieuklasse XC1
Prefab nee
Nabewerkt nee
Dekking c 25 mm
Betonstaalsoort B500B
Basiswapening 417/6
Bijlegwapening 0 2-zijdig symmetrisch
Beugeldiameter 6 mm
Kniklengte Y 5.7 a → $l_{0;y}$ = 3000 mm



Belastingsgevallen

Nr.	Omschrijving	Type	Nx [kN]	My;b [kNm]	My;m [kNm]	My;o [kNm]
1	Permanent	Permanent incl. eigen	46,0	0,0	0,0	0,0
2	Sneeuwbelasting	Sneeuw	35,0	0,0	0,0	0,0
3	Windbelasting	Wind	6,0	0,0	0,0	0,0

Belastingscombinaties

Nr.	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen (ψ x γ)		
			1:Permanent	2:Sneeuwbelasting	3:Windbelasting
1	(6.10a)	UGT	1,00 x 1,22	0,50 x 1,35	
2	(6.10b)	UGT	1,00 x 1,08	1,00 x 1,35	
3	(6.11a)	UGT brand	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	
4		Quasi permanent	1,00 x 1,00	0,60 x 1,00	

BEREKENING

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1992-1-1+C1:2011/NB:2016+A1:2020 nl

1: UGT buiging om Y-as

Maatgevende combinatie 2: (6.10b)

N_{Edx} = 96,93 kN; $M_{Edy;boven}$ = 0 kNm; $M_{Edy;midden}$ = 0 kNm; $M_{Edy;onder}$ = 0 kNm;

5.8.3.2 Slankheidscriterium en effectieve lengte van afzonderlijke elementen

$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{486000000}{180000}}$ = 52 mm

$l_0 = l$ = 3000 mm ...(fig.5.7 a))

$\lambda = l_0 / i$ = 3000 / 52 = 57,74 ...(5.14)

5.2 Geometrische imperfecties

α_h = min [max [2 / $\sqrt{l}$; 2/3]; 1.00] = min [max [2 / $\sqrt{3}$; 2/3]; 1.00] = 1

$\alpha_m = \sqrt{0,5\ (1+1/m)} = \sqrt{0,5\ (1+1/1)}$ = 1

$\theta_i = \theta_0\ \alpha_h\ \alpha_m$ = 1/300 x 1 x 1 = 0,00333 ...(5.1)

$e_i = \theta_i\ l_0 / 2$ = 0,0033 x 3000 / 2 = 5 mm ...(5.2)

5.8.4 Kruip

$\varphi_{ef} = \varphi_{(infinite,t0)}\ M_{0Eqp} / M_{0Ed}$ = 3,2 x 0,34/0,48 = 3,2 ...(5.19)

5.8.3.1 Slankheidscriterium voor afzonderlijke elementen

$A = 1 / (1 + 0,2\ \varphi_{ef})$ = 1 / (1 + 0,2 x 3,2) = 0,61

$\omega = A_s\ f_{yd} / (A_c\ f_{cd})$ = 0 x 0 / (180000 x 20) = 0

$B = \sqrt{1 + 2\ \omega} = \sqrt{1 + 2 \times 0}$ = 1

r_m = 1 C = 1,7 - r_m = 1,7 - 1 = 0,7

$n = N_{Ed} / (A_c\ f_{cd})$ = 96930 / (180000 x 20) = 0,0269

$\lambda_{lim} = 20.A.B.C / \sqrt{n}$ = 20 x 0,61 x 1 x 0,7 / $\sqrt{0,0269}$ = 52,02 ...(5.13N)

$\lambda > \lambda_{lim}$ → 2de orde berekening is nodig

5.8.8.3 Kromming

$n_u = 1 + \omega$ = 1 + 0,0000 = 1,0000

$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal})$ = (1 - 0,027) / (1 - 0,4) = 1,0000 ...(5.36)

$\beta = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda/150$ = 0,35 + 30/200 - 57,7/150 = 0,1151

$K_\varphi = 1 + \beta\ \varphi_{ef}$ = 1 + 0,1151 x 3,2 = 1,3683 ...(5.37)

$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45\ d)$ = 0,0021 / (0,45 x 180) = 2,5514E-05

$1/r = K_r . K_\varphi . 1/r_0$ = 1,0000 x 1,3683 x 2,5514E-05 = 3,4912E-05 ...(5.34)

5.8.8.2 Buigende momenten

M_{0e} = max [0,6 M_{02} + 0,4 M_{01} ; 0,4 M_{02}] = ...(5.32)

= max [0,6 x 0 + 0,4 x 0; 0,4 x 0] = 0 kNm

M_{0Ed} = M_{0e} + N_{Ed} e_i = 0 + 96,93 x 5 x 10^{-3} = 0,485 kNm

e_2 = (1/r) l_0^2 / c = 3,4912E-05 x 3000 ^{2} / 10) = 31,4 mm

M_2 = N_{Ed} e_2 = 96,93 x 31,4 x 10^{-3} = 3,046 kNm ...(5.33)

M_{Ed} = max [M_{0Ed} + M_2 ; M_{02} + N_{Ed} e_i ; M_{01} + 0,5 M_2 + N_{Ed} e_i] = ...(5.31)

= max [0,485 + 3,046;0 + 96,93 x 5 x 10^{-3} ;0 + 0,5 x 3,046 + 96,93 x 5 x 10^{-3}] =

= 3,53 kNm

e_t = M_{Ed} / N_{Ed} = 3,53 / 96,93 x 10^3 = 36,4 mm

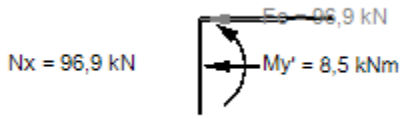
e_{min} = max [h/30, 20] = max [350/30, 20]= 20,0 mm ...6.1(4)

N_{Edx} = 96,93 kN; M_{Ed} = 3,53 kNm; A_{ben} = 0 mm ^{2}

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{3,530}{8,480} = 0,42 < 1,0$$

$A_{s,min}$ = 0 mm ^{2} > A_s = 0 mm ^{2} > $A_{s,max}$ = 0 mm ^{2}

Doorsnedeberekening



Hoek buigingsas en neutrale lijn α = 0,000 ^{0} ; xu = 6,5 mm; d = 180,0 mm
Zwaartepunt doorsnede y' = 0,0 z' = -90,0 (y = 0,0 z = 0,0)

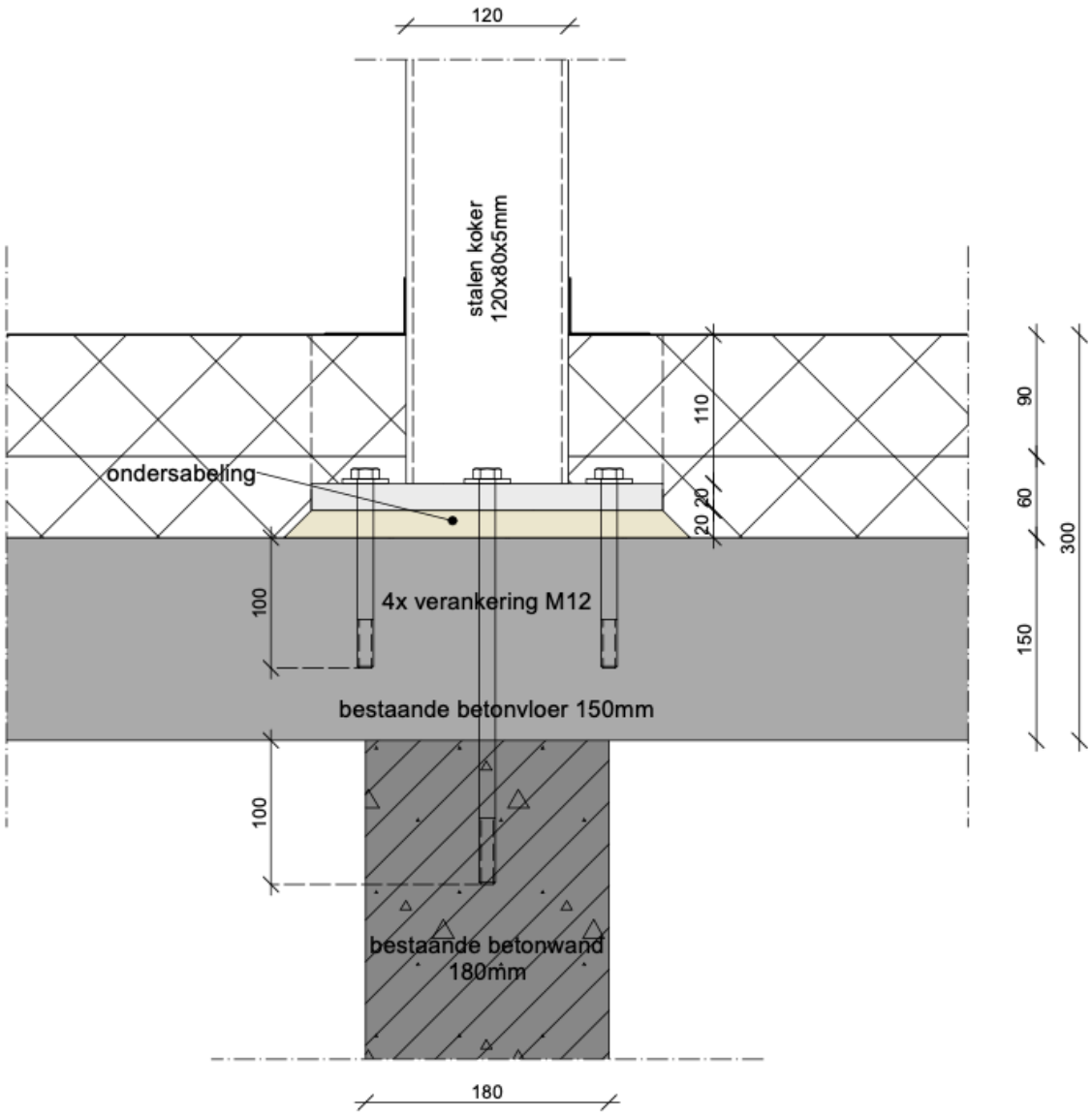
y'	z'	Wap.	As	Δε	σc	Δσs
0,0	**0,0**			**-3,500**	**-20,0**	

y' [mm]	z' [mm]	Fc [kN]	Fs [kN]	dy' [mm]	dz' [mm]	F [kN]	F.dy' [kNm]	F.dz' [kNm]
0,0	-2,5	-96,9		0,0	87,5	-96,9	0,0	-8,5
					totaal:	-96,9	0,0	-8,5

Conclusie: Wand voldoet.

Verankering voetplaat/kolom

Bij deze berekening is ervan uitgegaan dat de kolommen op de dakvloer worden verankerd. De dakvloer heeft een dikte van 150 mm. Onderstaand detail wordt geadviseerd voor de uitvoering. Er wordt geadviseerd om 4x M12 anker toe te passen met een diepte in de vloer van 100 tot 120 mm.



BIJLAGEN

AANVRAAG OMGEVINGSVERGUNNING

RENOVATIE FLAT HACKFORT

Datum 16.03.2024

Inhoud

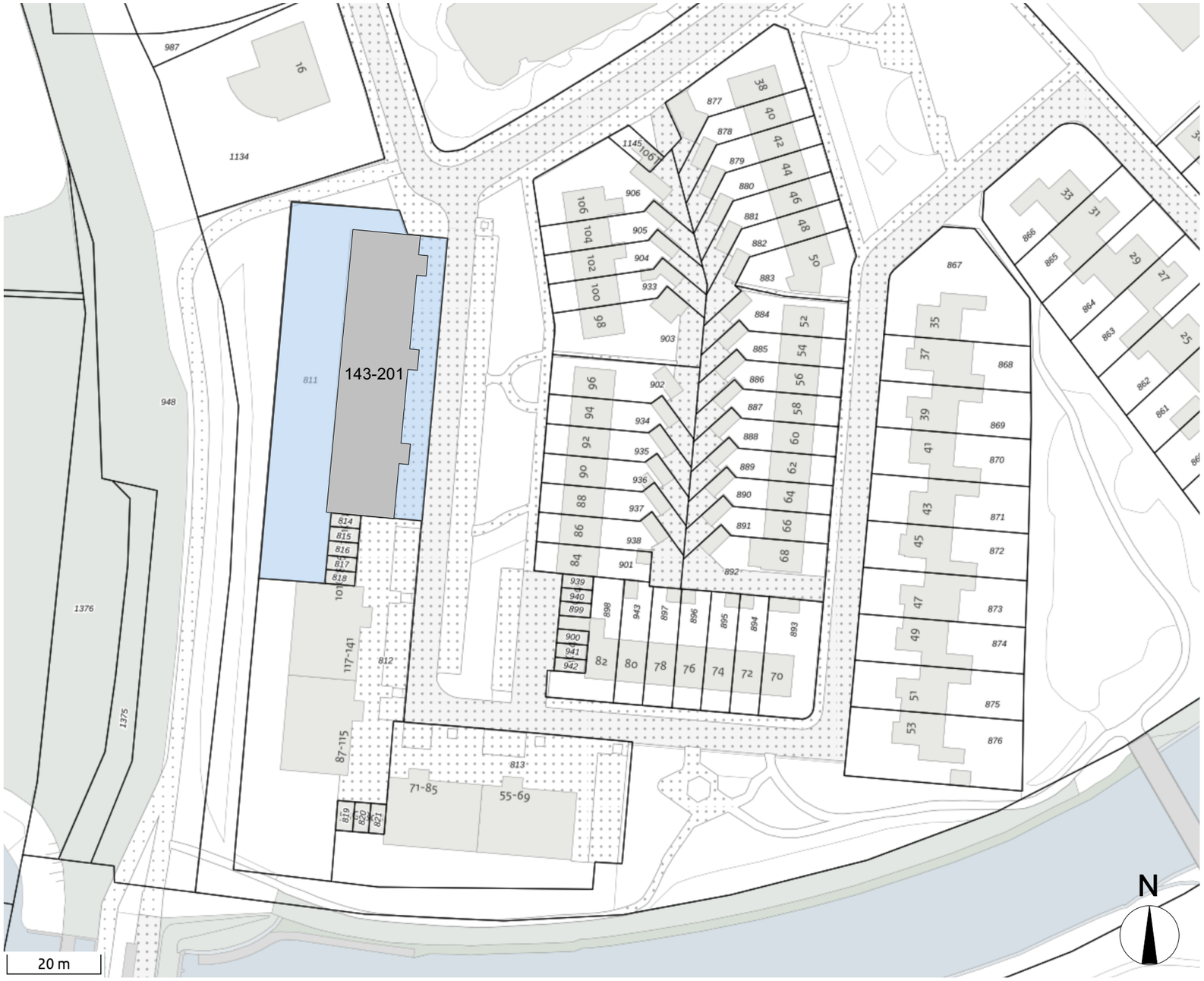
Analyse bestaand
Planomschrijving
3D impressies bestaand
analyse energieverdieping
ontwerpanalyse
analyse energieverbruik
bezonningsonderzoek
dakaanzicht nieuw
gevels nieuw
doorsnede nieuw
legplan zonnepanelen
constructie nieuw
3D impressies nieuw

LOCATIE:
Rietbergstraat 143 t/m 201
7201 GL Zutphen

OPDRACHTGEVER:
Voor de VvE

eksom
bouwexpertise

Analyse bestaand



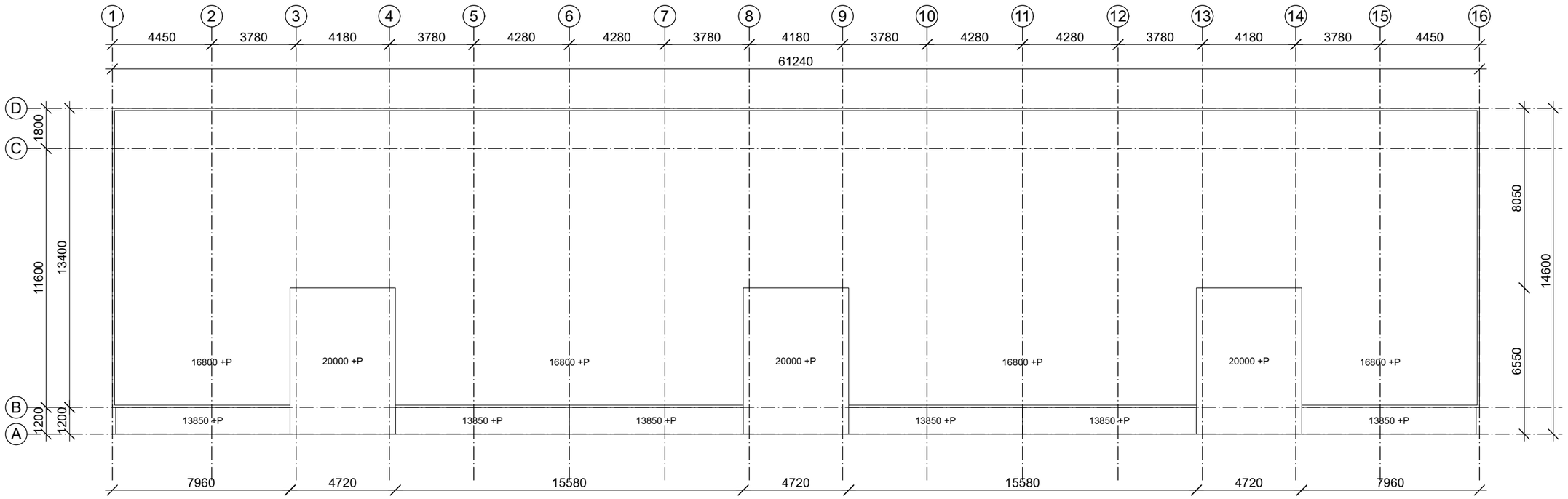
Legenda

- perceel
- bebouwing

Situatie ongewijzigd
schaal 1:1000

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024
Bladnummer:	BV-2
Formaat:	A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

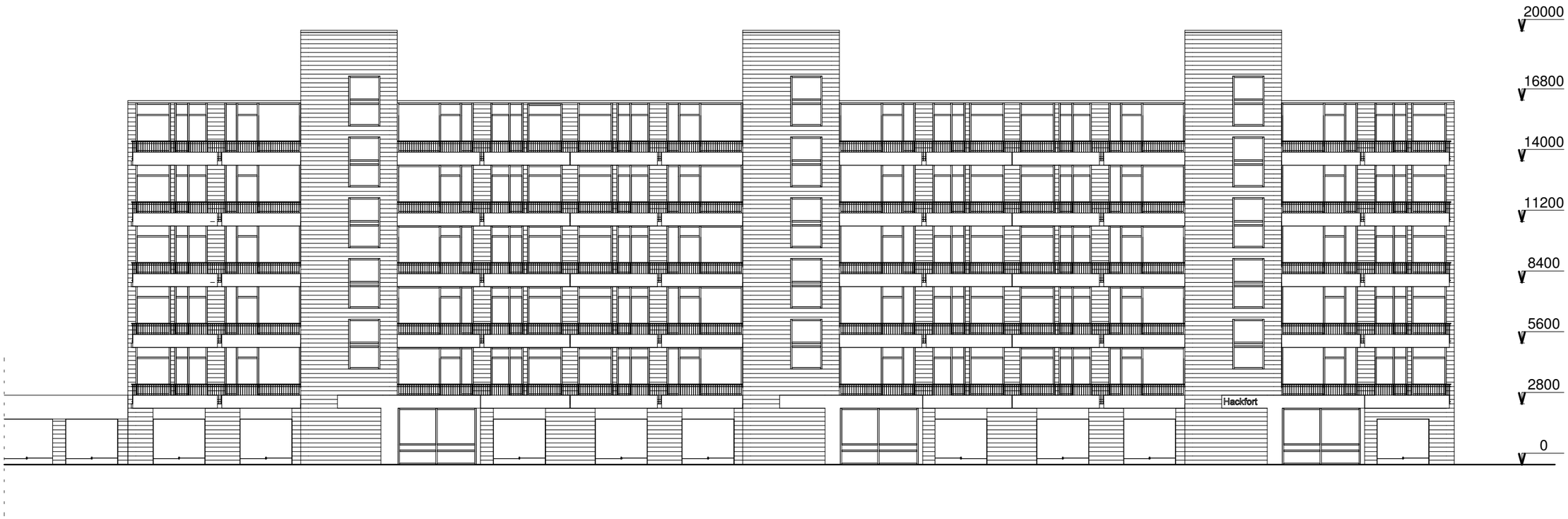


Dakaanzicht bestaand
schaal 1:200

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer: BV-3
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66



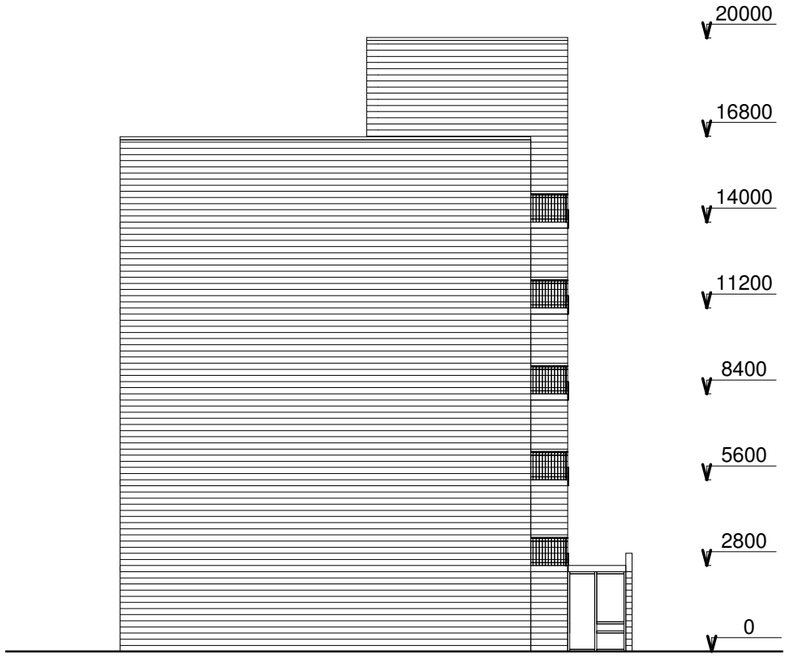
Voorgevel bestaand
schaal 1:100

Project: 2023-44
Opdrachtgever: Voor de VvE

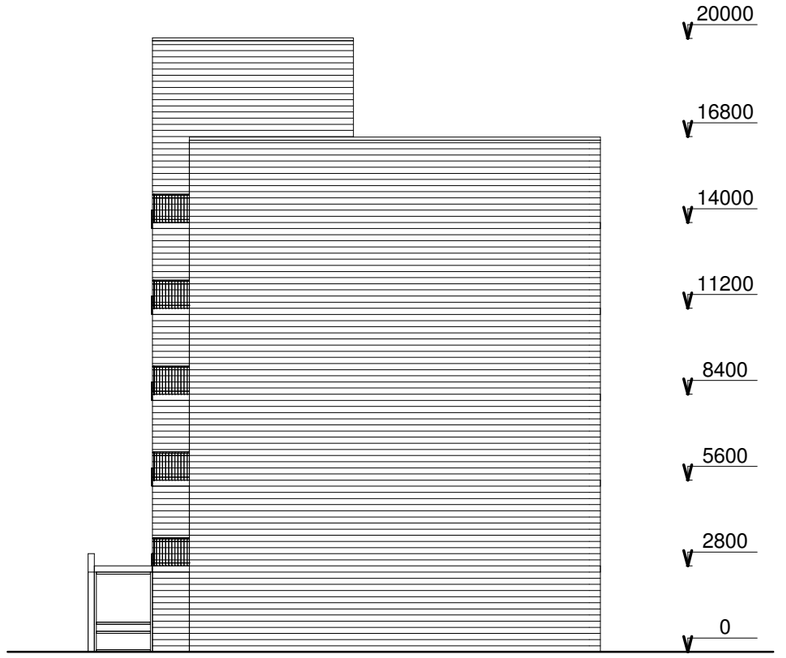
Fase: vergunning
Datum: 24-01-2024
Laatst gewijzigd: 16-03-2024

Bladnummer: BV-4
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66



Linker zijgevel bestaand
schaal 1:200



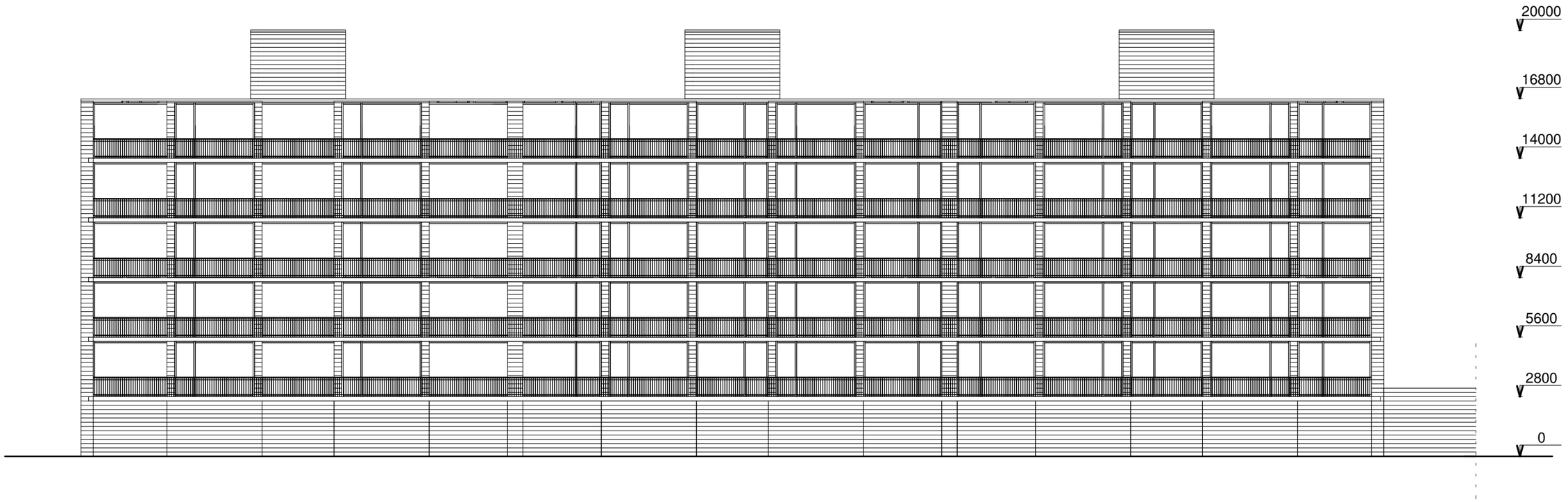
Rechter zijgevel bestaand
schaal 1:200

Zijgevels bestaand
schaal 1:200

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer:	BV-5
Formaat:	A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66



Achtergevel bestaand
schaal 1:200

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

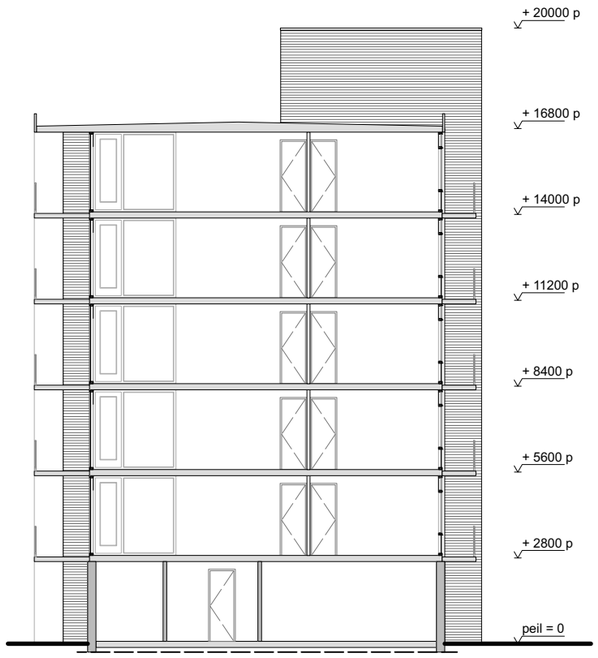
Bladnummer:	BV-6
Formaat:	A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

Analyse bestaand

Legenda

- bestaande metselwerk
- betonnen draagwanden
- beton



Doorsnede A-A bestaand

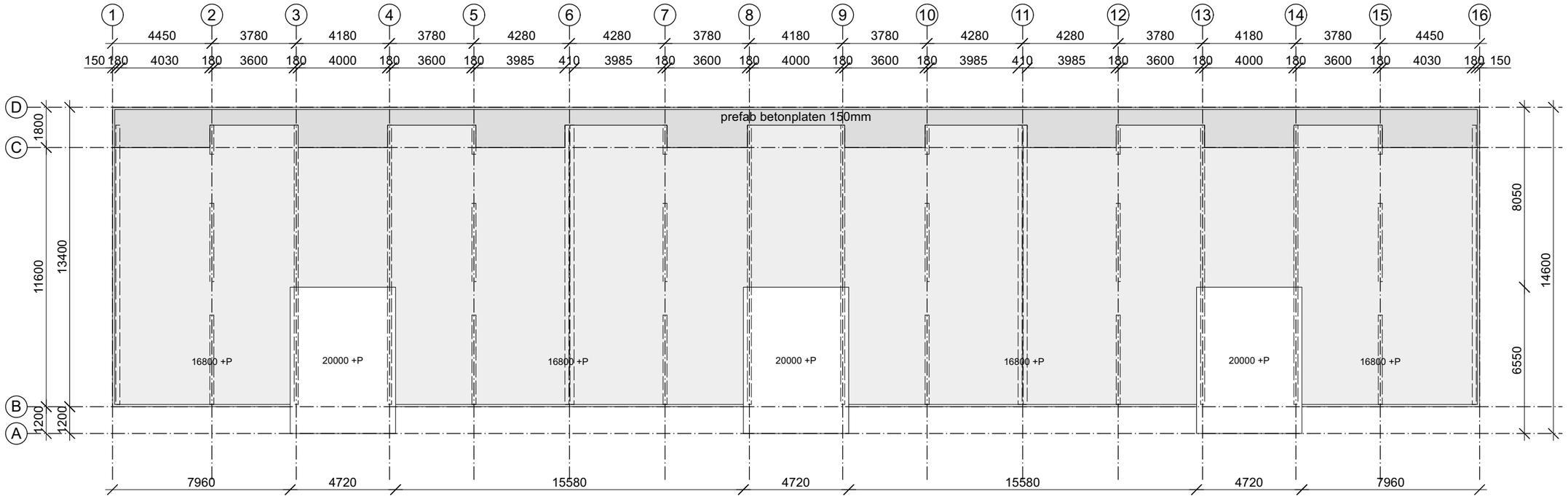
schaal 1:200

Project:	2023-44	Bladnummer:	BV-7
Opdrachtgever:	Voor de VvE	Formaat:	A3
Fase:	vergunning		
Datum:	24-01-2024		
Laatst gewijzigd:	16-03-2024		

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

Legenda

- bestaande draagwanden beton 180mm
- bestaande dak, gewapend beton 150mm
- prefab betonplaat 150mm



Bestaande dakconstructie

schaal 1:200

Project:	2023-44	Bladnummer:	BV-8
Opdrachtgever:	Voor de VvE	Formaat:	A3
Fase:	vergunning		
Datum:	24-01-2024		
Laatst gewijzigd:	16-03-2024		

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

3D impressies bestaand
schaal n.v.t.

Project:	2023-44	Bladnummer:	BV-9
Opdrachtgever:	Voor de VvE	Formaat:	A3
Fase:	vergunning		
Datum:	24-01-2024		
Laatst gewijzigd:	16-03-2024		

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

3D impressies nieuw

schaal n.v.t.

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer: BV-10
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

3D impressies bestaand
schaal n.v.t.

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer:	BV-11
Formaat:	A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

3D impressies bestaand
schaal n.v.t.

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer:	BV-12
Formaat:	A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

Nieuw ontwerp

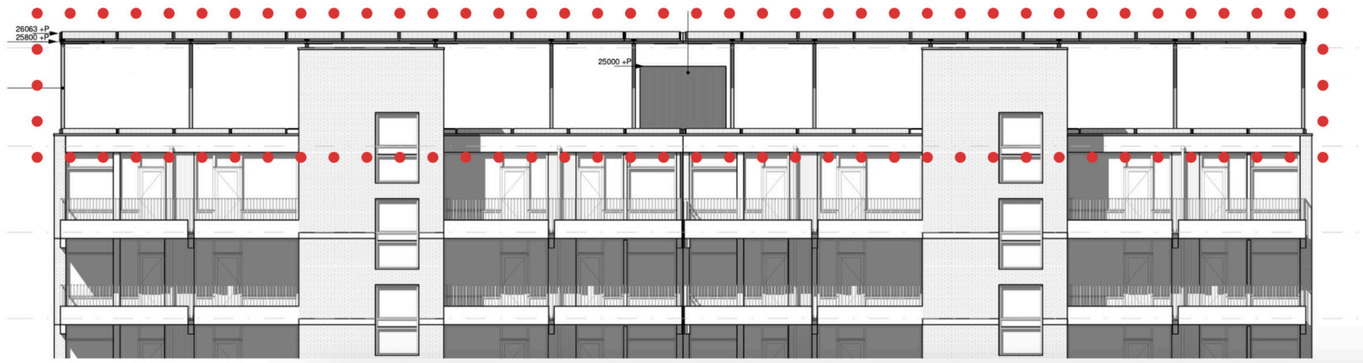
Het energieneutraal maken van de flats wordt mogelijk gemaakt door het opzetten van een energieverdieping op het dak van elk flat. De energieverdieping bevat de benodigde installaties die de woningen verwarmd en voorziet van tapwater. Daarnaast wordt het elektriciteitsverbruik grotendeels gedekt door de grootschalige zonnepanelen. De beoogde zonnepanelen, warmtepompen en de technische ruimte worden op het dak van de appartementencomplexen ‘Heeckeren’ en ‘Hackfort’ gerealiseerd. Deze installaties nemen veel ruimte op het dak en voornamelijk de zonnepanelen die een zeer groot elektriciteitsvraag moet dekken waardoor er 300 zonnepanelen op het dak van Heeckeren en 400 zonnepanelen op het dak van Hackfort moeten komen. Gezien deze hoeveelheid zonnepanelen niet op deze daken passen en in de omgeving ook niet de ruimte is om zoveel zonnepanelen te plaatsen, worden de zonnepanelen verhoogd middels een stalenframe ofwel een zogenaamd zonneoverkapping. Zo is ervoor gekozen om een ‘energieverdieping’ te realiseren op de daken van de flats te Zutphen, waarbij naast een nieuwe ruimte creëren voor de zonnepanelen, tegelijkertijd ook zonneweringsfunctie voor de daken van deze flats ontstaat. De overige installaties kunnen onder de ‘zonneoverkapping’ geplaatst worden op de daken.

VERDUURZAMING FLATGEBOUWEN MIDDELS EEN ENERGIEVERDIEPING

Energieverdieping
BOOSTER voor gebouwen

BOONSTOPPEL ENGINEERING

VOOR DE VVE



Analyse energieverdieping
schaal n.v.t.

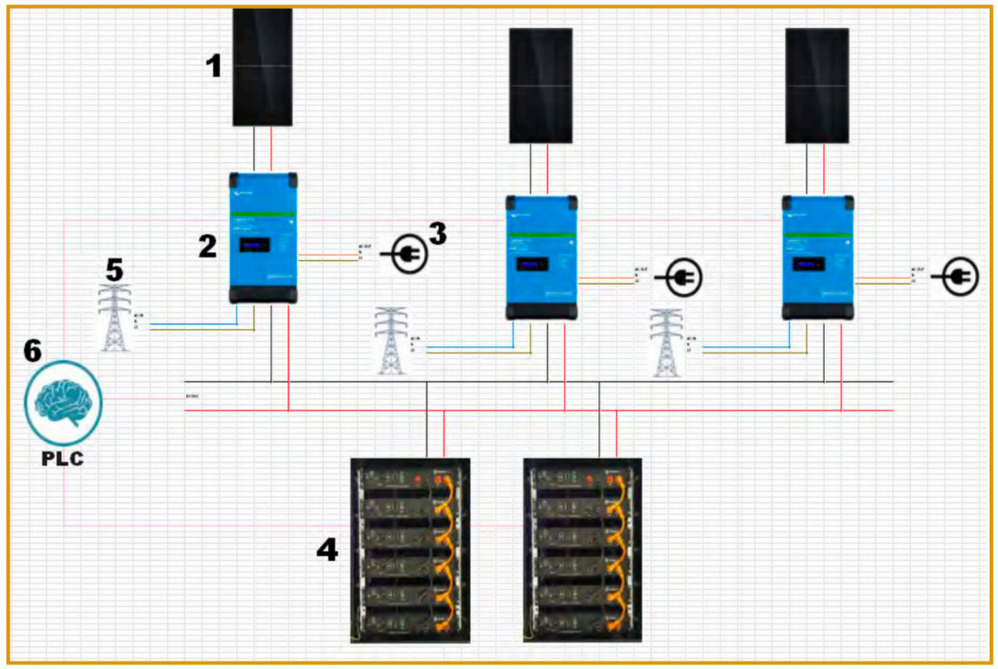
Project: 2023-44
Opdrachtgever: Voor de VvE

Fase: vergunning
Datum: 24-01-2024
Laatst gewijzigd: 16-03-2024

Bladnummer: BV-14
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

VERDUURZAMING FLATGEBOUWEN MIDDELS EEN ENERGIEVERDIEPING



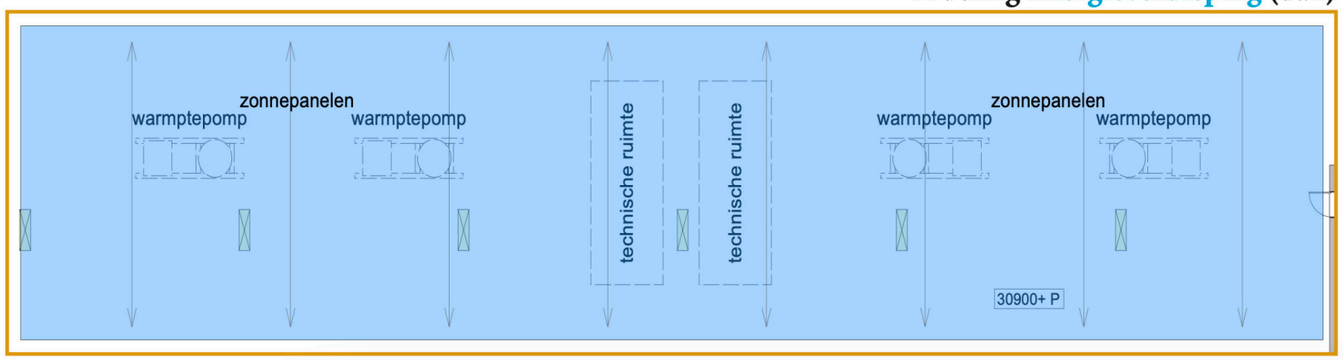
VOOR DE VVE

BOONSTOPPEL ENGINEERING

DE MAATREGELEN OP EEN RIJ:

1. Zonnepanelen voor stroom van woningen en alegemene ruimte
2. Batterij opslag voor stroom in de nacht
3. Noodstroom voor als de stroomnet uitvalt
4. Hoogtempratuur CO2 warmtepomp (lucht) met pcm buffervaten met opslag tot boven de 95 °C
5. Centrale aansturing en besturing van zon, batterij, warmtepomp en pcm warmteopslag voor nul op de meter resultaat en 2050 klaar. Dit biedt een oplossend vermogen voor de netcongestie problemen

Indeling Energieverdieping (dak)



Analyse energieverdieping
schaal n.v.t.

Project:	2023-44	Bladnummer:	BV-15
Opdrachtgever:	Voor de VvE	Formaat:	A3
Fase:	vergunning		
Datum:	24-01-2024		
Laatst gewijzigd:	16-03-2024		

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

In de omgeving zijn er geen vergelijkbare energieverdiepingen aanwezig. Hierdoor is een inpassing van deze verdieping van grootbelang. Er is gekozen voor een smalle stalenframe met terughoudende kolomrastering en passende kleuren. De buitenste kolomrijen worden ten opzichte van de gevellijn 1,7 meter naar binnen geplaatst. Ook worden de installaties en de technische ruimte in het midden vlak van het dak geplaatst, zo ver mogelijk van het zicht. Met deze inpassing wordt de vorm en de architectonische elementen van de flats het minst beïnvloedt. Verder wordt het stalen frame voorzien van een lichte kleur zoals lichtgrijs om het goed aan te laten sluiten bij de bestaande uitstraling van de flats en tegelijkertijd ook niet onnodig de aandacht te vragen. De aandacht dient gefocust te blijven bij de flats en veel minder bij de energieverdieping. Met de genomen keuzes voor inpassing heeft dat de benodigde resultaten kunnen geven. Wanneer er wordt gekozen voor een donkere kleur energieverdieping terwijl de flats lichtkleurig zijn dan vraagt de energieverdieping veel meer de aandacht dan de flats zelf, wat zeker niet wenselijk is.

Voor de uitstraling van de flats kan de ‘energieverdieping’ juist een grote toegevoegde waarde hebben gezien elk flat een soort ‘zonnepet’ op het hoofd krijgt. Deze ‘zonnepet’ zorgt voor een vernieuwde look met behoud van de stedenbouwkundige en architectonische waarde van de flats. Zo wordt de energetische verdieping een unieke toevoeging voor de omgeving waarbij energieneutraal wonen mogelijk wordt gemaakt voor deze flats. Voor het welstandcriteria werkt deze oplossing niet tegen maar kan juist een oplossing zijn voor verbetering van beeldkwaliteit voor vele flats in de omgeving.

Een alternatieve benadering om de ‘zonnepet’ te integreren, zou kunnen zijn om het stalen frame een ingetogen uitstraling te geven door de kleur antraciet toe te passen voor de onderconstructie en de frames van de zonnepanelen. Dit wordt overwogen omdat in de omgeving ook vaak de kleur antraciet wordt toegepast voor bijvoorbeeld de daken van de woningen. Echter aangezien de zonnepanelen wit van kleur zijn aan de onderkant, kan het contrast met een donkere onderconstructie resulteren in een opvallend en mogelijk te druk visueel effect.

Er is gekozen om de zogenaamde ‘zonnepet’ een lichte uitstraling te geven door de kleur wit toe te passen. Deze keuze is voornamelijk gebaseerd op de kleuren van de gekozen zonnepanelen. De zonnepanelen zelf zijn zwart, maar aan de onderkant zijn ze wit van kleur. Aangezien de onderkant van de zonnepanelen goed zichtbaar is, is ervoor gekozen om de onderconstructie en de frames van de zonnepanelen wit te spuiten. Hierdoor zal de onderconstructie niet sterk opvallen.

De flats hebben over het algemeen een lichte uitstraling. Door de zonnepet ook met een lichte uitstraling te realiseren, sluit dit goed aan bij het bestaande uiterlijk van de flats. Het wit van de zonnepet harmonieert met de lichte uitstraling van de gebouwen, waardoor het geheel visueel in balans blijft.

Ontwerpanalyse
schaal n.v.t.

Project: 2023-44
Opdrachtgever: Voor de VvE

Fase: vergunning
Datum: 24-01-2024
Laatst gewijzigd: 16-03-2024

Bladnummer: BV-16
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

Ruimtelijke impact

Langs het appartementencomplex stroomt de IJssel, een tak van de Rijn. Deze rivier doorkruist Westervoort (nabij Arnhem), vervolgt haar weg via Zutphen, Deventer, Kampen en het Ketelmeer om uiteindelijk uit te monden in het IJsselmeer. Hierdoor is de IJssel een vitale waterweg voor scheepvaart.
De IJssel stroomt op ongeveer 90 meter afstand van de appartementencomplexen. Hierdoor zal de nieuwe energieverdieping duidelijk zichtbaar zijn, maar dit zal naar verwachting geen negatieve impact hebben. De ‘zonnepet’ zal ongeveer dezelfde hoogte hebben als de huidige liftschachten, waardoor de hoogte van de gebouwen onveranderd blijft. Hoewel het mogelijk is dat het uitzicht wordt beïnvloed door deze toevoeging, omdat de ‘zonnepet’ een open constructie wordt, blijft het nog steeds mogelijk om er doorheen te kijken. Het is echter belangrijk op te merken dat de flats al een hoogte hebben van 20 en 25 meter, waardoor het uitzicht sowieso al beperkt is.

De IJssel stroomt op ongeveer 90 meter afstand van de appartementencomplexen. Hierdoor zal de nieuwe energieverdieping duidelijk zichtbaar zijn, maar dit zal naar verwachting geen negatieve impact hebben. De ‘zonnepet’ zal ongeveer dezelfde hoogte hebben als de huidige liftschachten, waardoor de hoogte van de gebouwen onveranderd blijft. Hoewel het mogelijk is dat het uitzicht wordt beïnvloed door deze toevoeging, omdat de ‘zonnepet’ een open constructie wordt, blijft het nog steeds mogelijk om er doorheen te kijken. Het is echter belangrijk op te merken dat de flats al een hoogte hebben van 20 en 25 meter, waardoor het uitzicht sowieso al beperkt is.

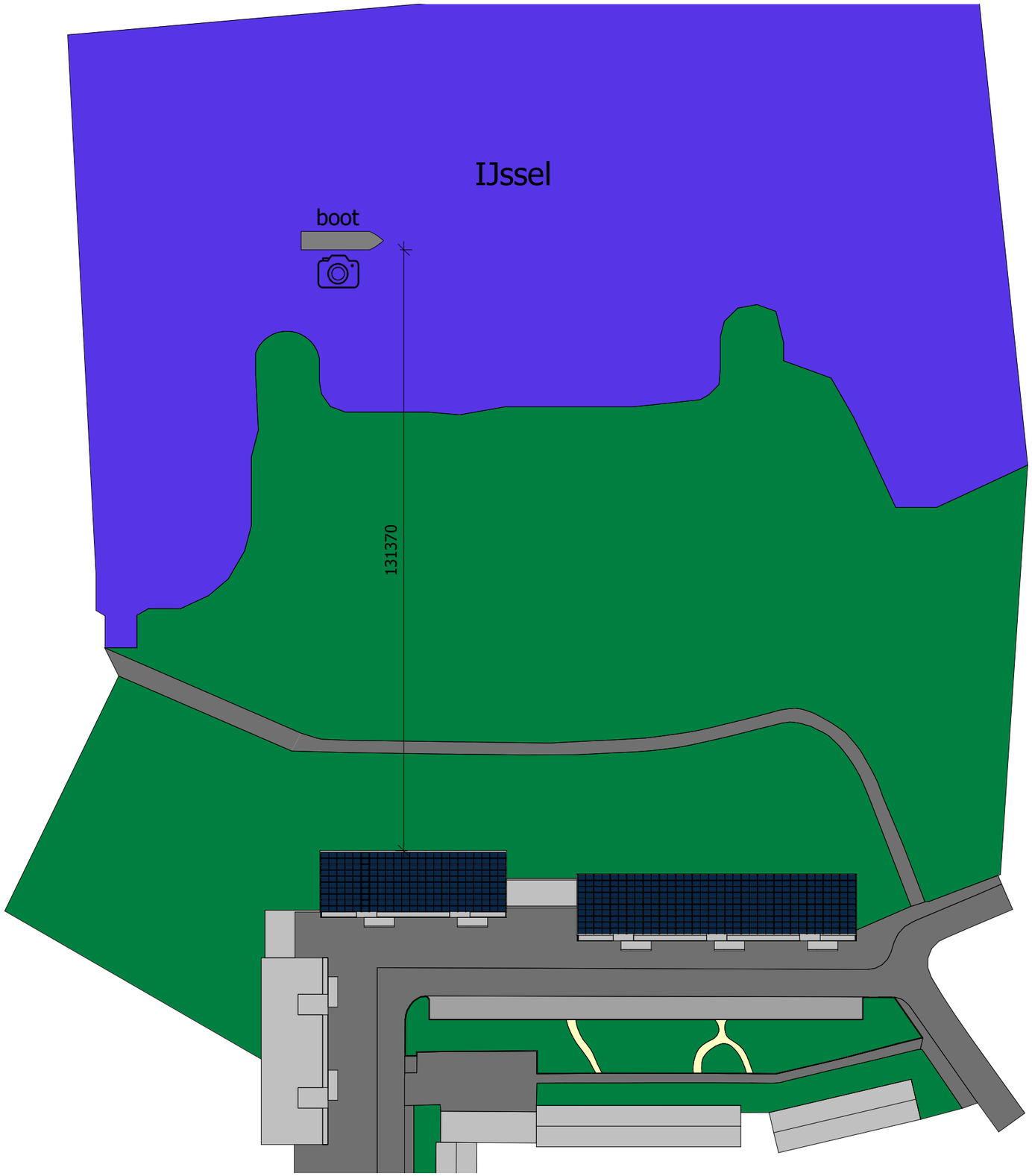
Ontwerpanalyse
schaal n.v.t.

Project: 2023-44
Opdrachtgever: Voor de VvE

Fase: vergunning
Datum: 24-01-2024
Laatst gewijzigd: 16-03-2024

Bladnummer: BV-17
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66



Overzichtstekening
schaal 1:1000

Op de bijgevoegde overzichtstekening kunt u de twee flats en de directe omgeving zien. Op de tekening is aangegeven vanaf welke locatie op de IJssel de 3D-impressies genomen zijn (zie BV-17).

Project:	2023-44	Bladnummer:	BV-18
Opdrachtgever:	Voor de VvE	Formaat:	A3
Fase:	vergunning		
Datum:	24-01-2024		
Laatst gewijzigd:	16-03-2024		

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

Aangezien de VvE (Vereniging van Eigenaren) de flats aan de Rietbergstraat willen verduurzamen zijn er aantal maatregelen die moeten worden toegepast. Bij de twee portiekblokken Hackfort en Heeckeren aan de Rietbergstraat in Zutphen zijn de omstandigheden heel gunstig om nu grote stappen te zetten, waarbij de woningen in sterke mate verduurzaamd worden. Dan hoeven er later slechts betrekkelijk kleine stappen gezet te worden om de blokken volledig gasloos en energetisch zelfvoorzienend of energieleverend te maken.

De zonnepanelen zullen worden geïnstalleerd op de gebouwen ‘Heeckeren’ en ‘Hackfort’. Deze panelen worden niet direct op het dak bevestigd, maar zullen worden gemonteerd op een stalen constructie die op het bestaande dak wordt verankerd. Voordat werd besloten om de zonnepanelen te implementeren via een stalen constructie, is onderzocht of er in de omgeving alternatieve mogelijkheden waren voor de plaatsing van de panelen. Dit bleek geen haalbare optie, gezien de directe omgeving voornamelijk bestaat uit woningbouw. Om voldoende elektriciteit te genereren voor de twee flats, zou een aanzienlijk aantal zonnepanelen nodig zijn.

Flat ‘Heeckeren’ herbergt 28 individuele woningen, terwijl flat ‘Hackfort’ er 30 heeft, wat neerkomt op een totaal van 58 woningen. Elke individuele woning heeft ongeveer 2.000 kWh aan stroom nodig, volledig gedekt door de zon. Dit betekent dat er voor de woningen alleen al 116.000 kWh aan stroom beschikbaar moet zijn. Naast de stroom voor de woningen is er ook elektriciteit nodig voor de warmtepompen, die ongeveer 60.000 kWh vereisen. Dit leidt tot een totale stroombehoefte van 176.000 kWh. Er blijft 83.000 kWh over voor overig verbruik.

Een optie was om de zonnepanelen te plaatsen tegen de gevel. Dit is om de volgende redenen geen geschikte optie voor deze situatie:
1. De gevels van de flats staan niet bekend om hun sterkte hierdoor kunnen de gevels de gevelpanelen hoogstwaarschijnlijk niet dragen en zal er uiteindelijk schade komen.
2. Bij gevelpanelen is er een groot risico op reflectie richting de straat en de woningen in de omgeving, deze reflectie kan als hinderlijk worden gezien door de bewoners in de omgeving.

Overwogen werd om de zonnepanelen direct op het bestaande dak te installeren. Op het bestaand dak Heeckeren kunnen maximaal 146 (45917 kWh) en Hackfort 216 (67932 kWh). Echter, vanwege de beslissing om de woningen in de twee flats gasloos te maken, worden warmtepompen op het dak geplaatst. Daarnaast wordt er een technische ruimte voor de zonnepanelen op het dak toegevoegd, met de afmetingen (LxBxH) van 7400 x 2800 x 2600 mm. Deze installaties & technische ruimte(s) nemen aanzienlijke ruimte in beslag, wat resulteert in beperkte beschikbare ruimte voor zonnepanelen. Bovendien zullen de installaties, de technische ruimte en de bestaande lifthuizen leiden tot schaduw op het bestaande dak. Als de zonnepanelen toch op het dak worden geplaatst, zullen veel panelen gedurende een groot deel van de dag in de schaduw staan, wat het rendement aanzienlijk vermindert (zie bezonningsonderzoek op BV-18).

Het realiseren van een zonneoverkapping levert 220 zonnepalen (81400 kWh) op voor Heeckeren en 320 zonnepalen (100640 kWh) op voor Hackfort. Hiermee wordt de elektriciteitsvraag volledig gedekt en is het energieneutraal maken van de flats hierdoor mogelijk.

Conclusie: Als de ‘zonnepet’ niet wordt gerealiseerd, zal er een tekort aan zonnepanelen ontstaan. Het bestaande dak is simpelweg niet groot genoeg om zowel de zonnepanelen als de installaties en technische ruimte te herbergen. Daarbij komt ook nog de schaduwwerking op de panelen, zoals blijkt uit het bezonningsonderzoek. Om beide flats volledig zelfvoorzienend te maken op het gebied van stroom, is het noodzakelijk om de ‘zonnepet’ te realiseren en zo in totaal 700 zonnepanelen te plaatsen.

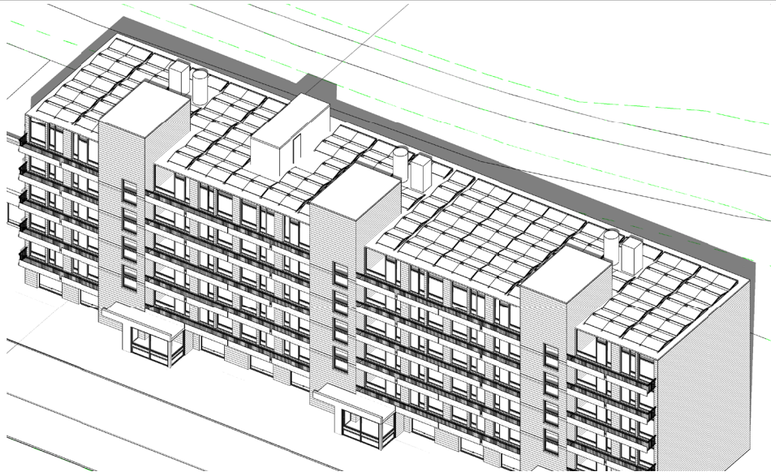
Analyse energieverbruik
schaal n.v.t.

Project: 2023-44
Opdrachtgever: Voor de VvE

Fase: vergunning
Datum: 24-01-2024
Laatst gewijzigd: 16-03-2024

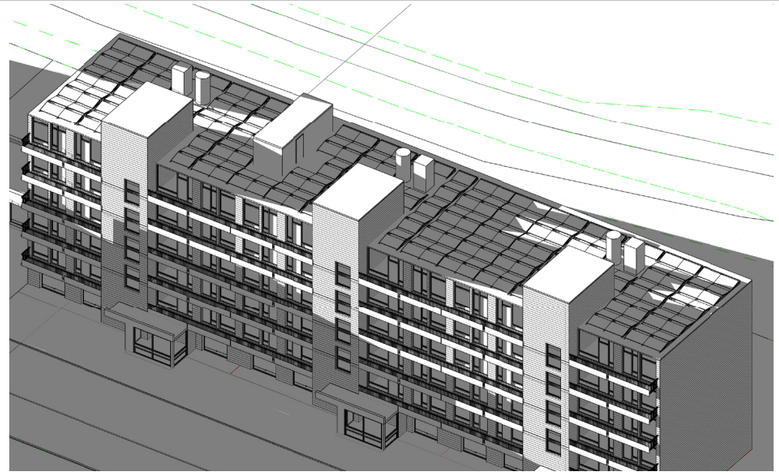
Bladnummer: BV-19
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

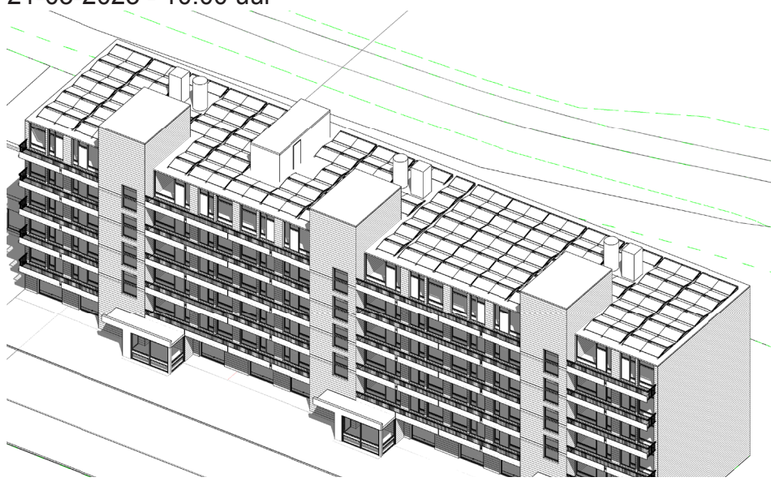


21-03-2023 - 10.00 uur

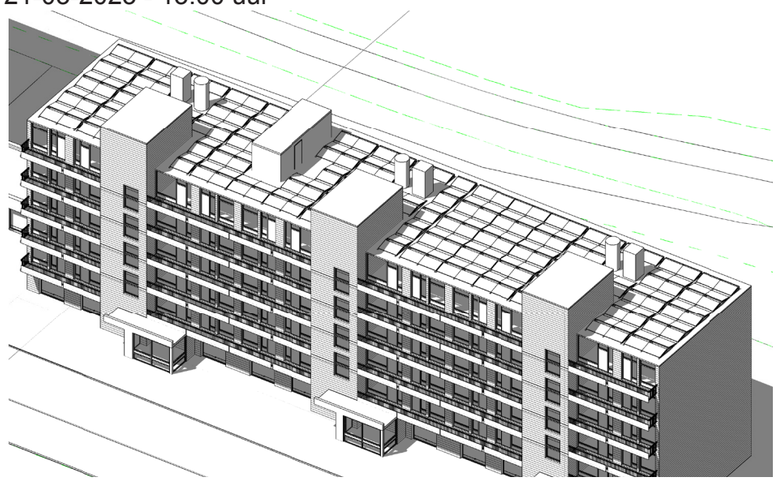
21-03-2023 - 13.00 uur



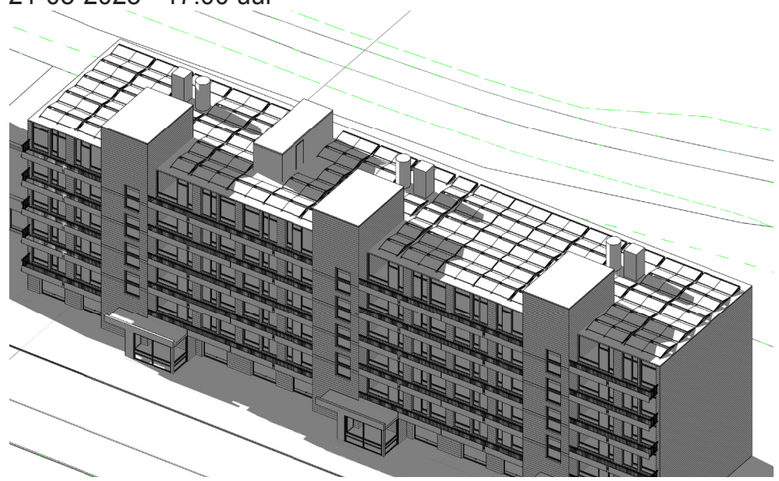
21-03-2023 - 17.00 uur



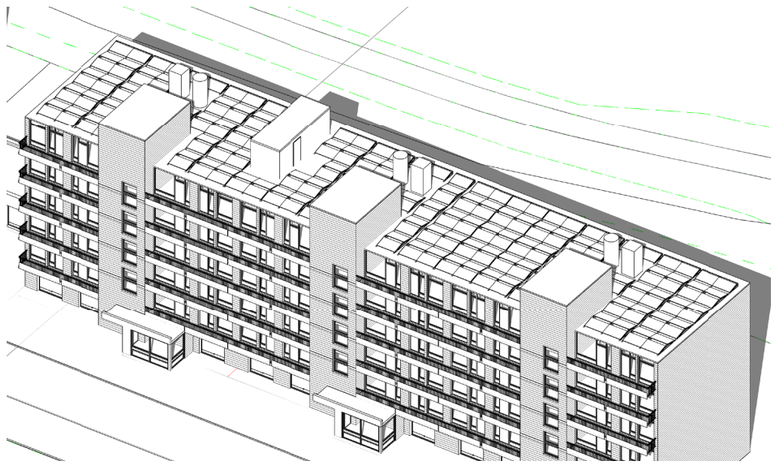
21-06-2023 - 10.00 uur



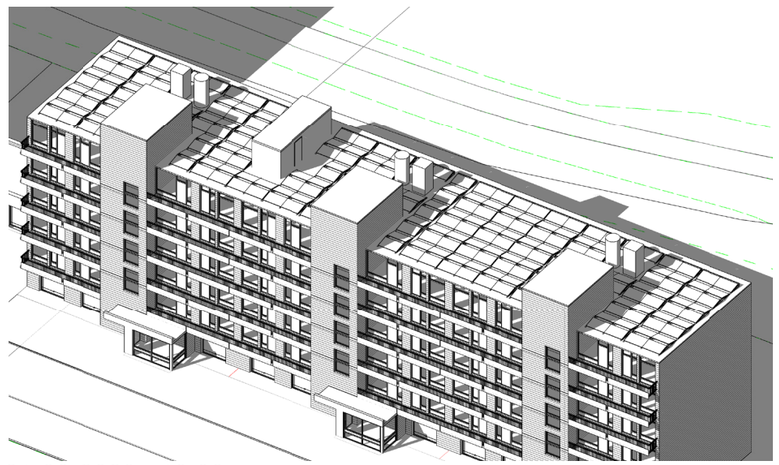
21-06-2023 - 13.00 uur



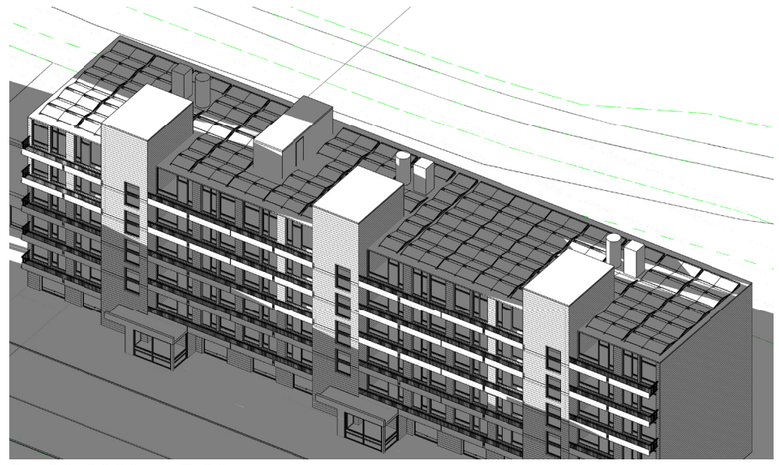
21-06-2023 - 17.00 uur



21-09-2023 - 10.00 uur



21-09-2023 - 13.00 uur



21-09-2023 - 17.00 uur

Bezonningsonderzoek

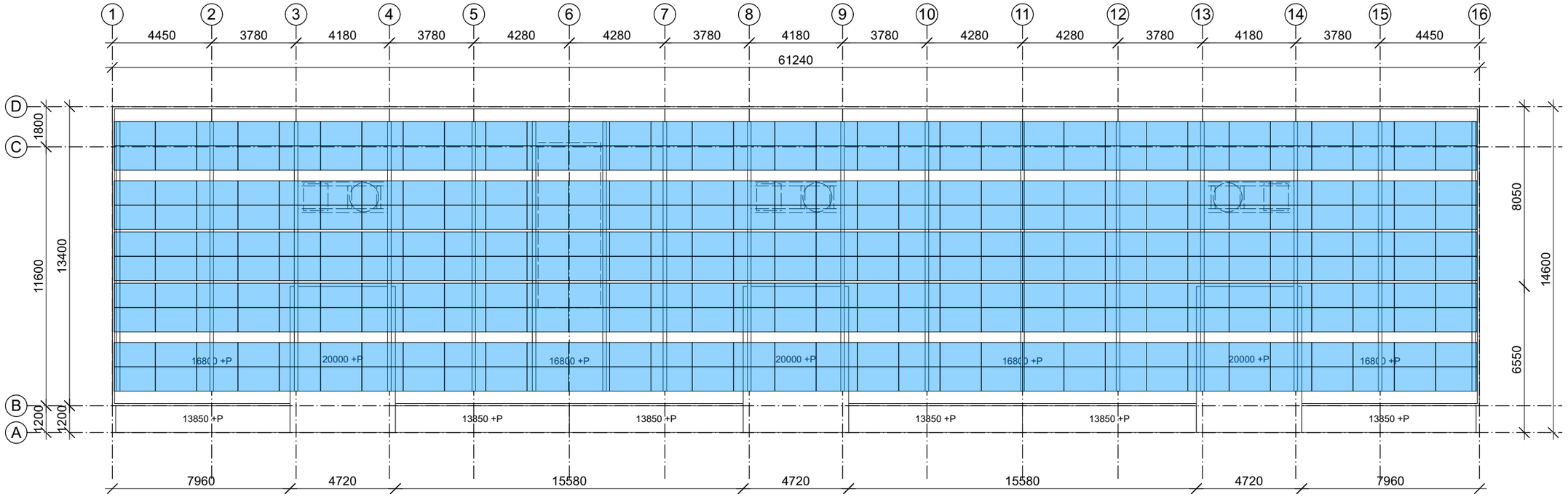
schaal n.v.t.

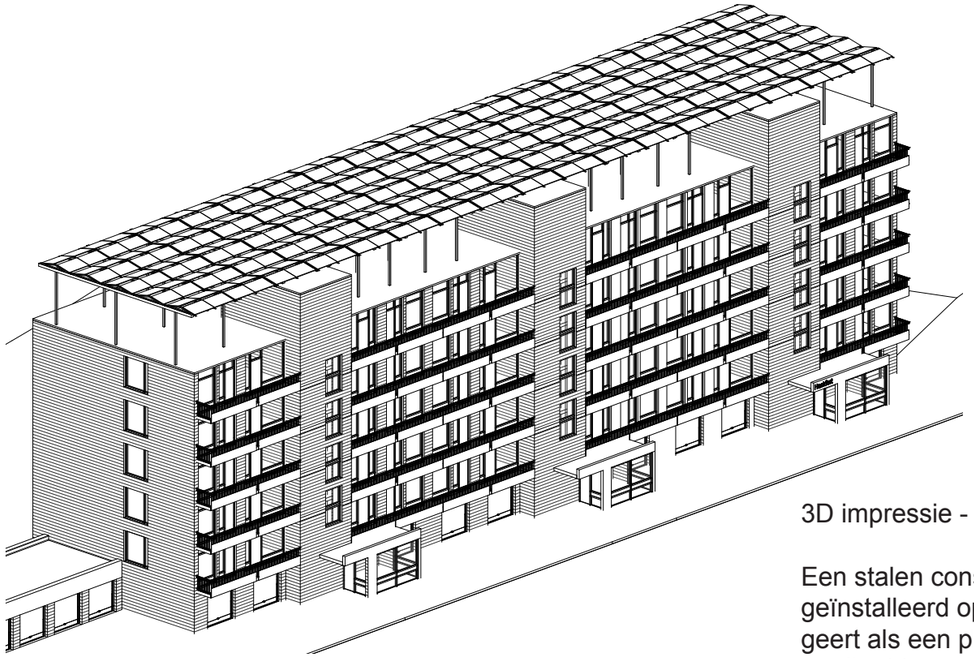
Bovenstaand ziet u het bezonningsonderzoek. De conclusie die we hieruit kunnen trekken, is dat er aanzienlijke schaduwval optreedt op de zonnepanelen. Het geschatte rendementsverlies wordt naar verwachting tussen de 15% en 25%. Vanwege dit aanzienlijke rendementsverlies en het feit dat het minimale aantal zonnepanelen niet wordt behaald, blijkt deze optie niet haalbaar.

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer:	BV-20
Formaat:	A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66





3D impressie - nieuwe situatie

Een stalen constructie, bekend als een ‘zonnepet’, wordt geïnstalleerd op het dak van de flat. Deze zonnepet fungeert als een platform voor de plaatsing van zonnepanelen en dient tevens als overkapping voor externe installaties en technische ruimtes op het dak. Hierdoor kan het volledige dakoppervlak worden benut voor zonnepanelen, zonder dat er speciale aandacht hoeft te worden besteed aan de plaatsing van externe installaties. Zie de 3D impressie voor de nieuwe situatie.

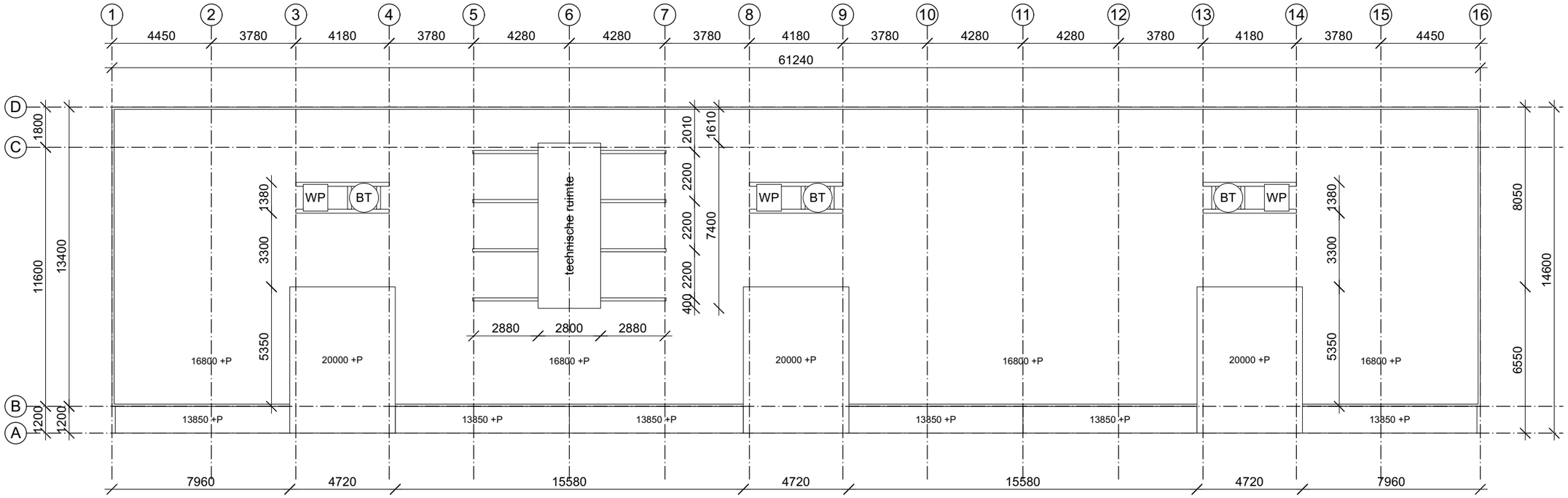
Warmtepomp op het dak:
Op het dak van het appartementencomplex worden drie warmtepompen geïnstalleerd, elk met een vermogen van 35 kW.

Locatie zonnepanelen
schaal 1:200

Project:	2023-44	Bladnummer:	BV-21
Opdrachtgever:	Voor de VvE	Formaat:	A3
Fase:	vergunning		
Datum:	24-01-2024		
Laatst gewijzigd:	16-03-2024		

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

WP : Warmtepomp
BT : Buffertank, kleur: wit



Dakaanzicht nieuw

schaal 1:200

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer: BV-22
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

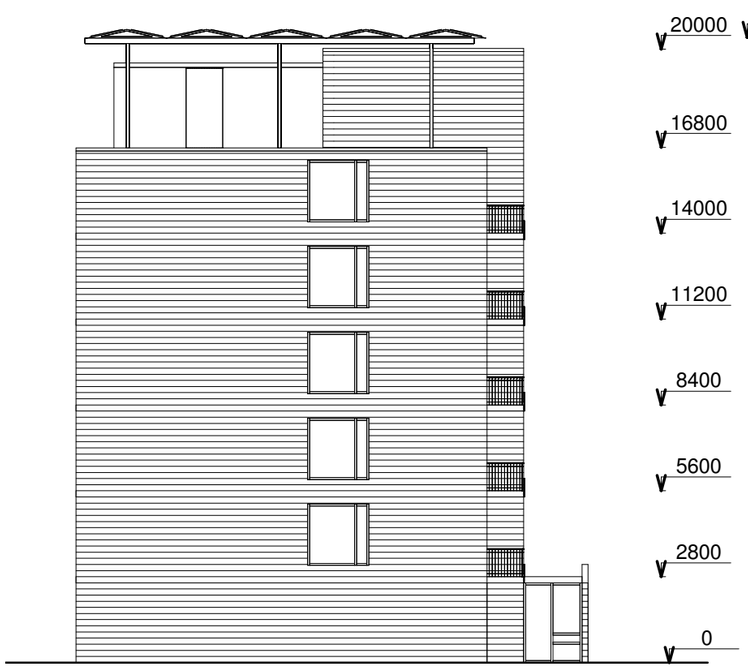
Voorgevel nieuw
schaal 1:200

Project: 2023-44
Opdrachtgever: Voor de VvE

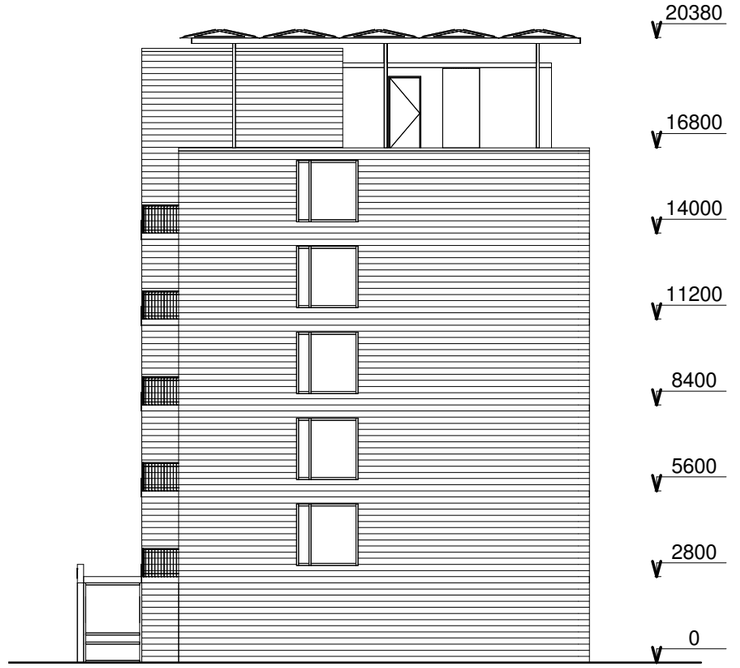
Fase: vergunning
Datum: 24-01-2024
Laatst gewijzigd: 16-03-2024

Bladnummer: BV-23
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66



Linker zijgevel nieuw
schaal 1:200

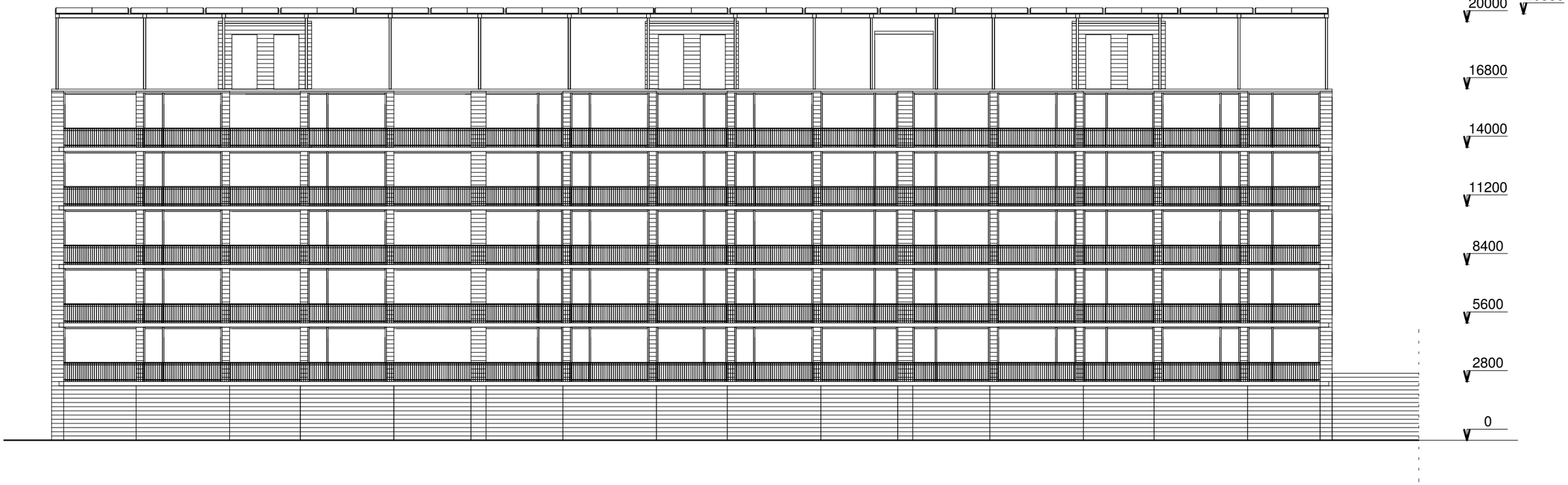


Rechter zijgevel nieuw
schaal 1:200

Zijgevels nieuw
schaal 1:200

Project:	2023-44	Bladnummer:	BV-24
Opdrachtgever:	Voor de VvE	Formaat:	A3
Fase:	vergunning		
Datum:	24-01-2024		
Laatst gewijzigd:	16-03-2024		

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66



Achtergevel nieuw
schaal 1:200

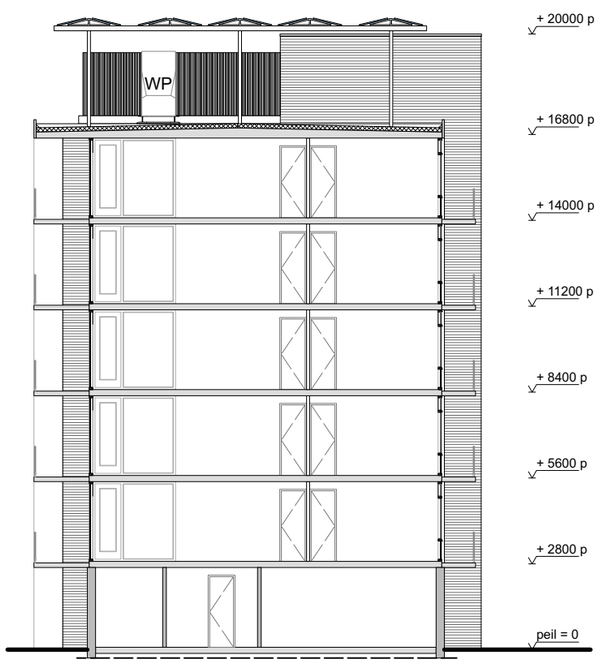
Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer:	BV-25
Formaat:	A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

Legenda

- bestaande metselwerk
- betonnen draagwanden
- beton



Doorsnede A-A nieuw

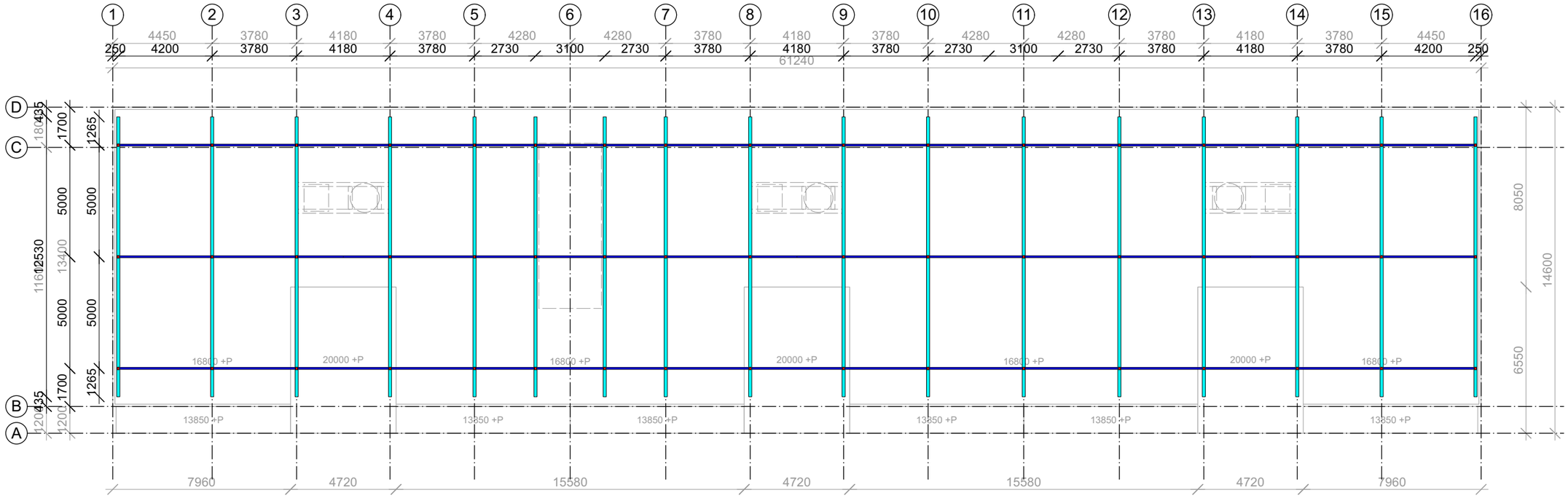
schaal 1:200

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024
Bladnummer:	BV-26
Formaat:	A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

Legenda

- stalen kolom, koker 120x80x6mm
- stalen balk, HEB140
- stalen koker 80x120x6mm



Constructie zonnepet

schaal 1:200

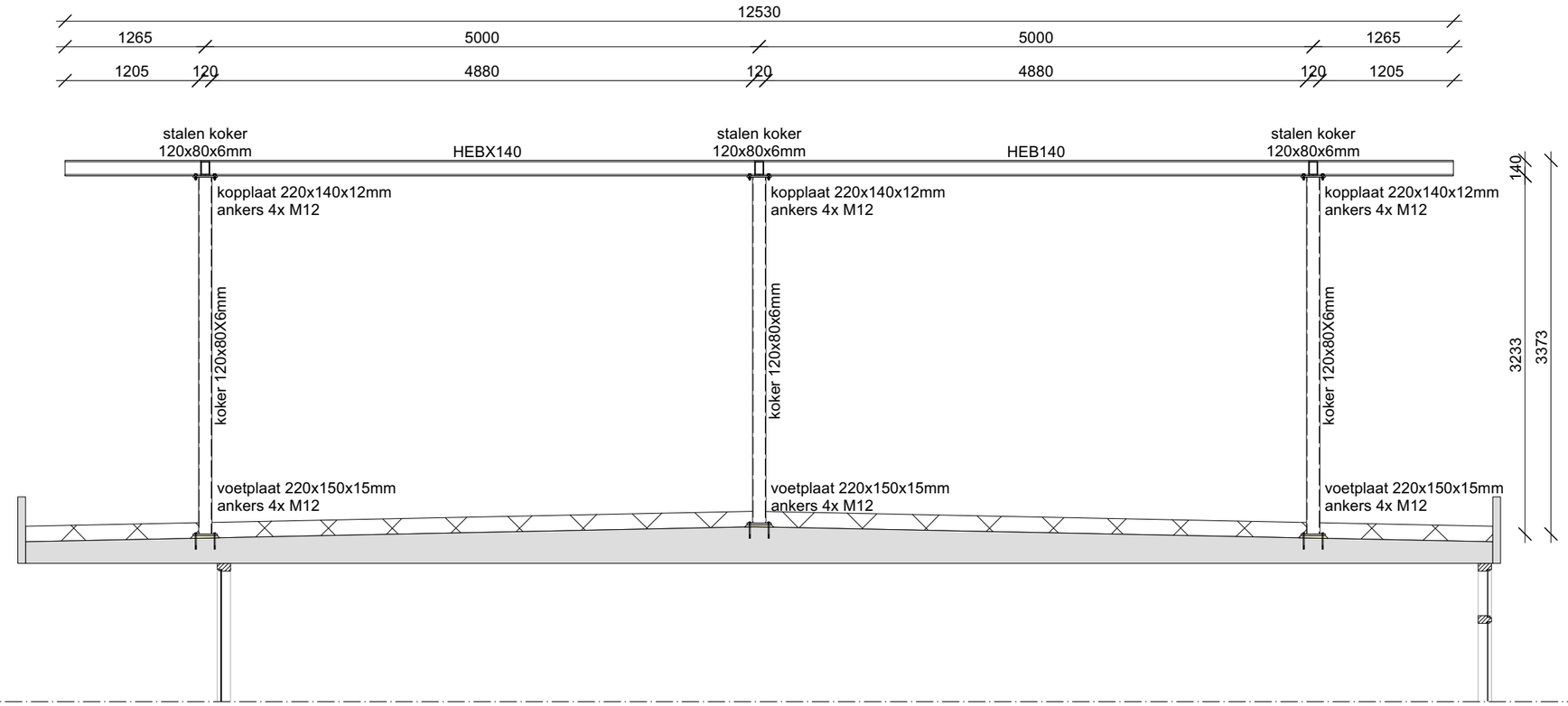
Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer: BV-27
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

Legenda

- betondak 150mm



Staalaanzicht

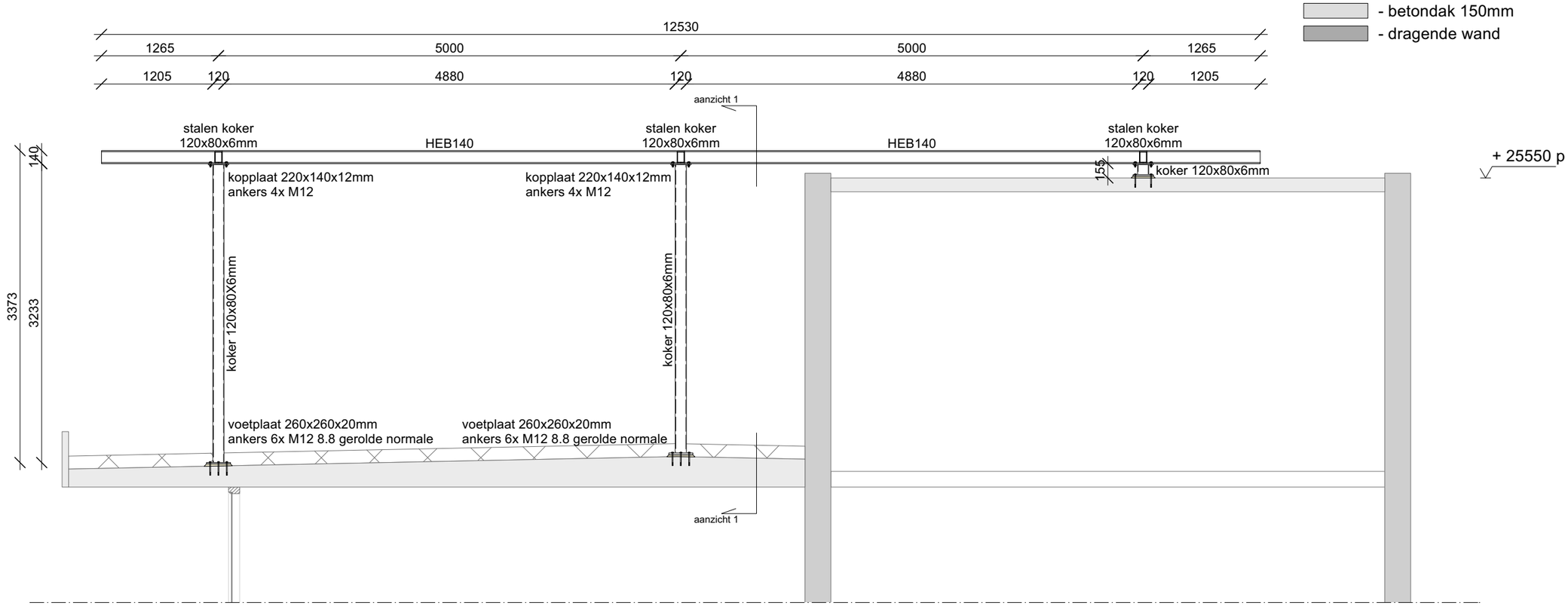
schaal 1:50

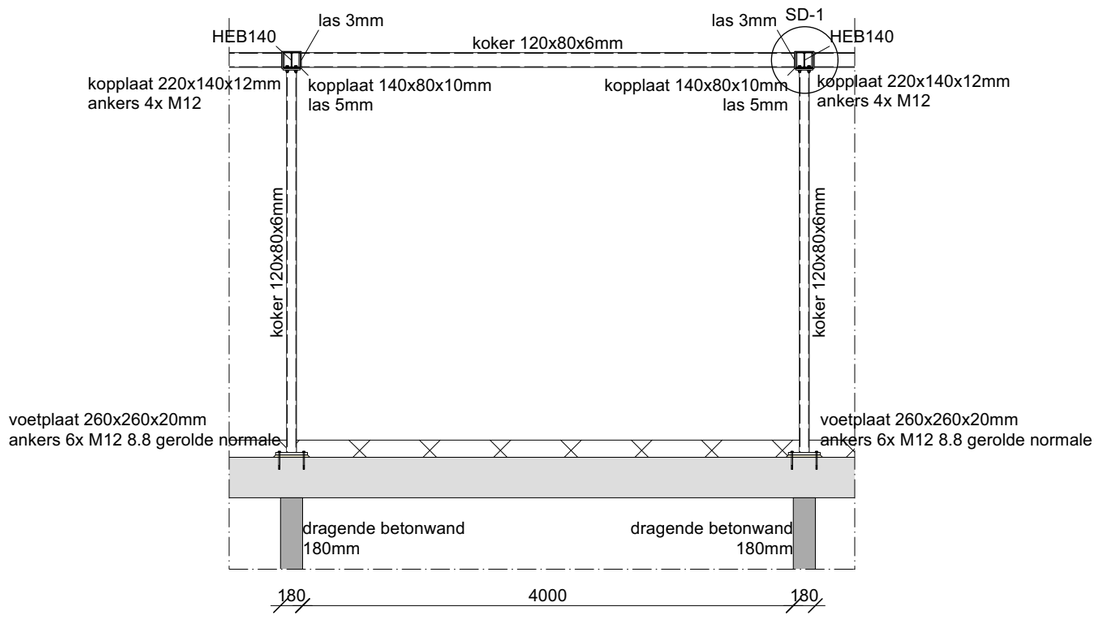
Project:	2023-44	Bladnummer:	BV-28
Opdrachtgever:	Voor de VvE	Formaat:	A3
Fase:	vergunning		
Datum:	24-01-2024		
Laatst gewijzigd:	16-03-2024		

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

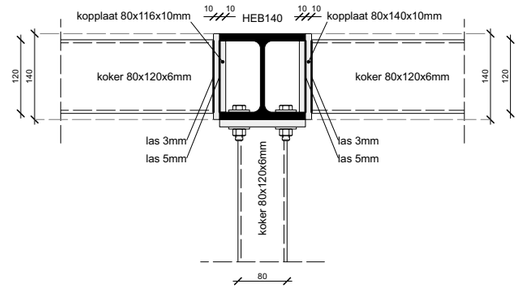
Legenda

- betondak 150mm
- dragende wand





aanzicht 1



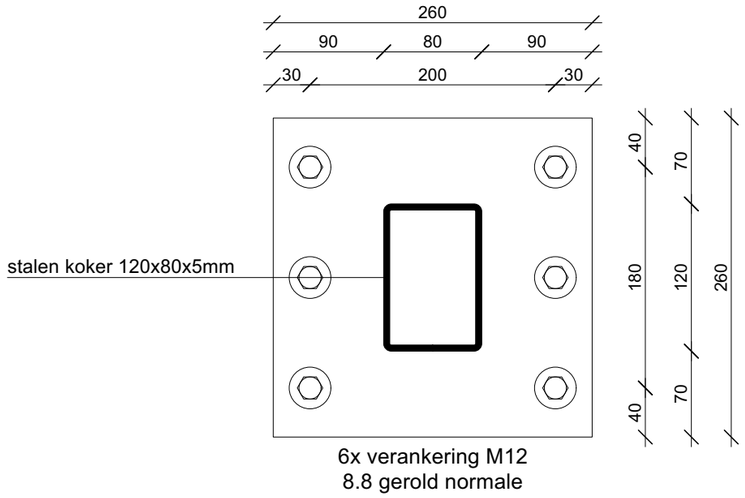
Detail SD-1
schaal 1:10

Staalaanzicht as 2, 5, 7, 10, 12 & 15
schaal 1:200

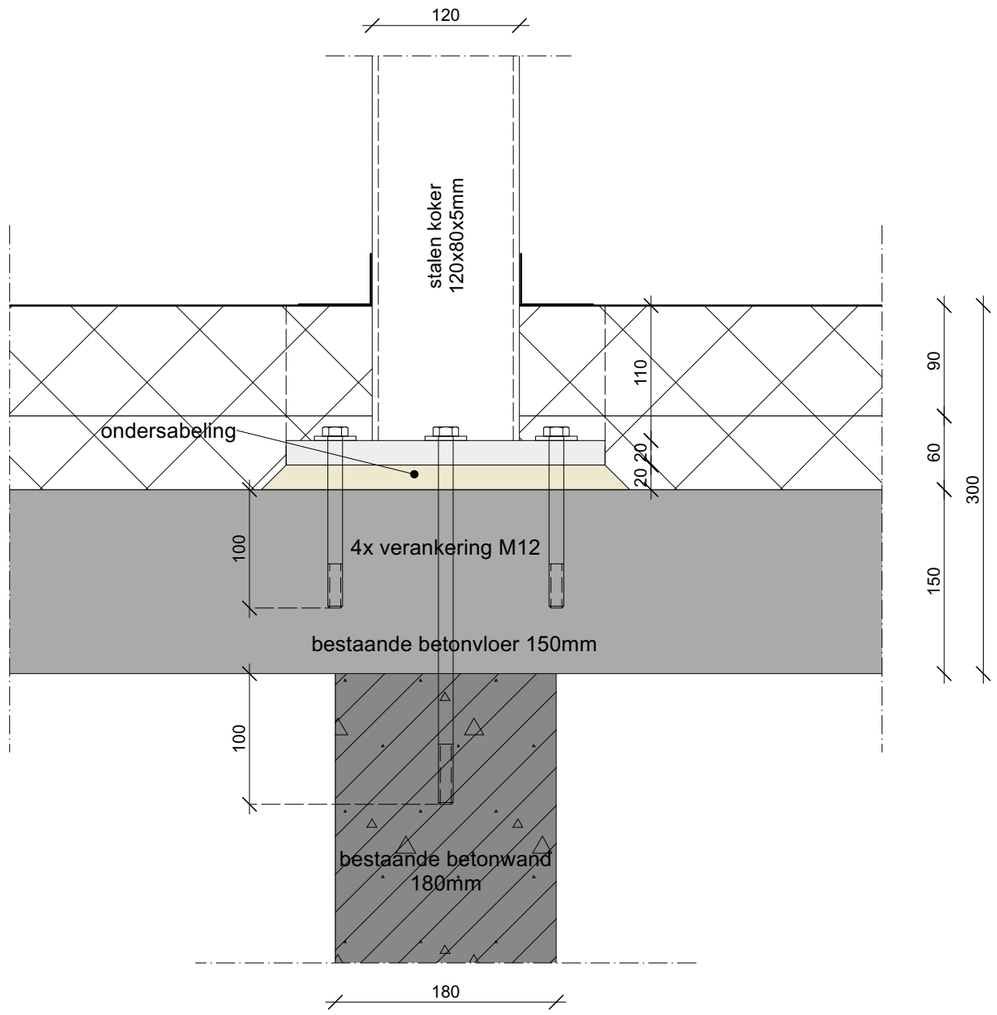
Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer: BV-29
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66



6x verankering M12
8.8 gerold normale



Detail verankering zonnepet

schaal 1:5

Project: 2023-44
Opdrachtgever: Voor de VvE

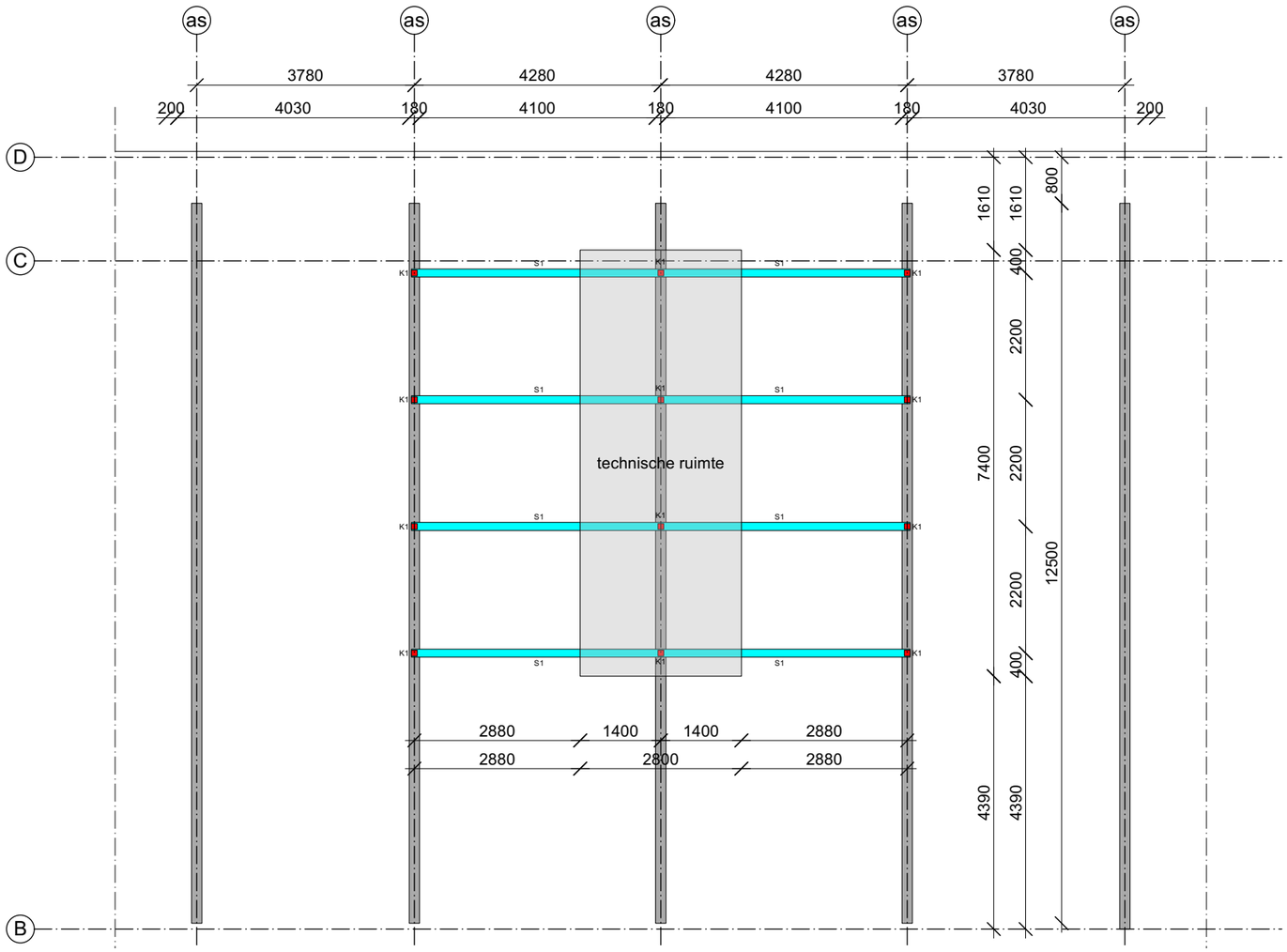
Fase: vergunning
Datum: 24-01-2024
Laatst gewijzigd: 16-03-2024

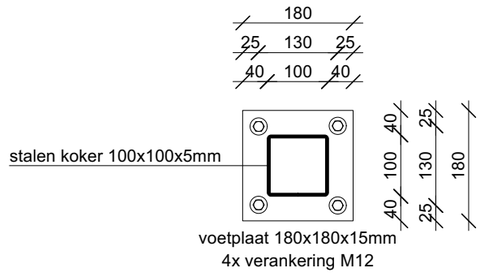
Bladnummer: BV-30
Formaat: A3

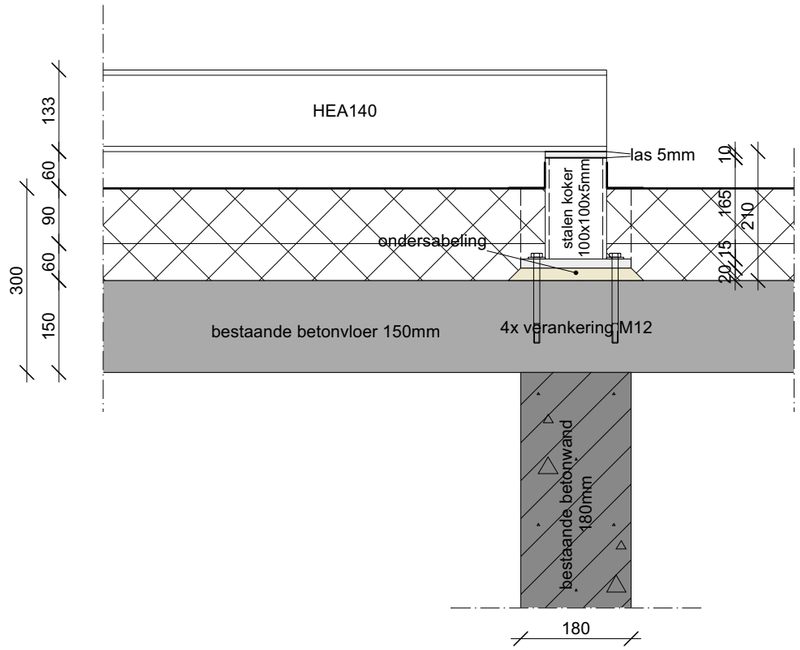
eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

Legenda

- raster dak
- technische ruimte
- bestaande draagwanden, gewapend beton
- S1 stalen balk HEA140
- K1 stalen koker 100x100x5mm







Detail bevestging staalframe
schaal 1:10

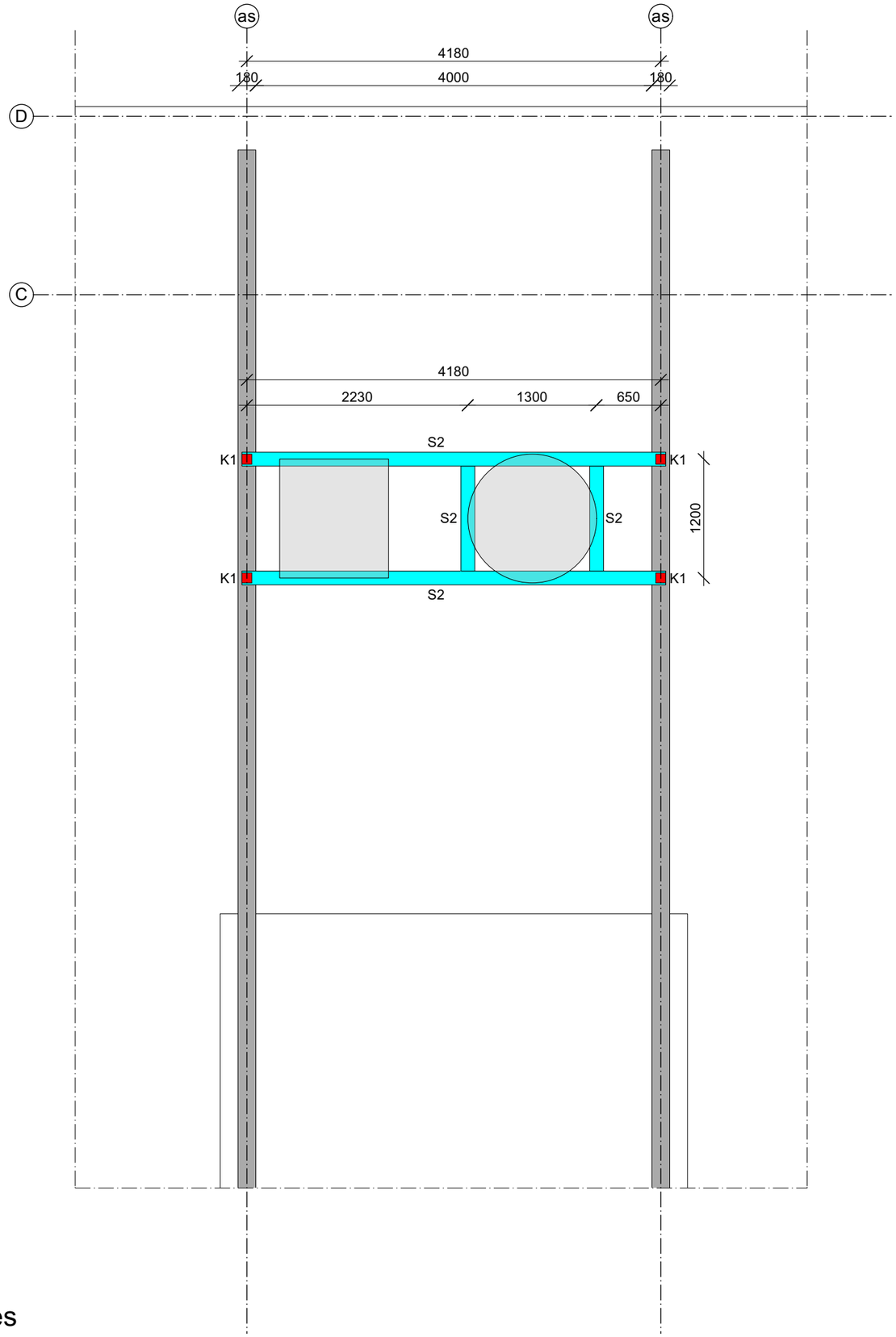
Maatregelen tegen trillingen

Om trillingen vanuit de technische ruimte op te vangen, worden rubberen dempers geïnstalleerd tussen de technische ruimte en het stalen frame. Deze rubberen dempers zijn ontworpen om resonanties te verminderen.

Constructie technische ruimte
schaal 1:100

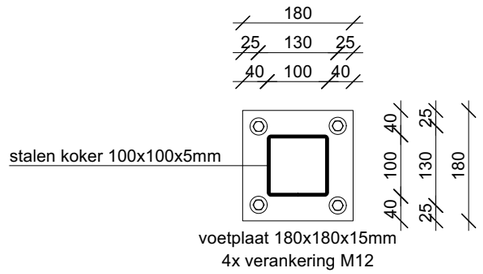
Project:	2023-44	Bladnummer:	BV-31
Opdrachtgever:	Voor de VvE	Formaat:	A3
Fase:	vergunning		
Datum:	24-01-2024		
Laatst gewijzigd:	16-03-2024		

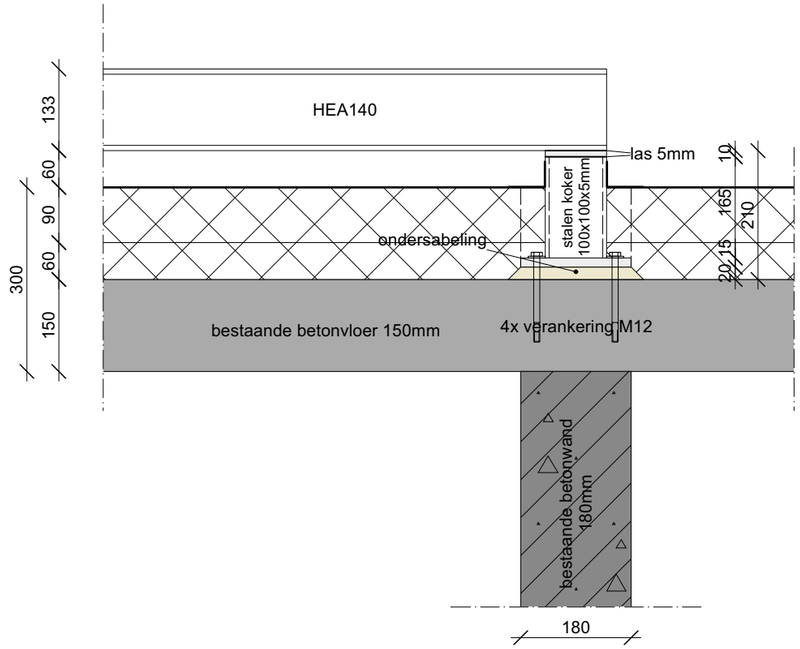
eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66



Legenda

- raster dak
- warmtepomp installatie
- bestaande draagwanden, gewapend beton
- S2 stalen balk HEA140
- K1 stalen koker 100x100x5mm





Detail bevestging staalframe
schaal 1:10

Constructie installaties
schaal 1:100

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer: BV-32
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

3D impressies nieuw
schaal n.v.t.

Project:	2023-44	Bladnummer:	BV-33
Opdrachtgever:	Voor de VvE	Formaat:	A3
Fase:	vergunning		
Datum:	24-01-2024		
Laatst gewijzigd:	16-03-2024		

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

3D impressies nieuw
schaal n.v.t.

Project:	2023-44	Bladnummer:	BV-34
Opdrachtgever:	Voor de VvE	Formaat:	A3
Fase:	vergunning		
Datum:	24-01-2024		
Laatst gewijzigd:	16-03-2024		

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

3D impressies nieuw
schaal n.v.t.

Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer: BV-35
Formaat: A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

3D impressies nieuw
schaal n.v.t.

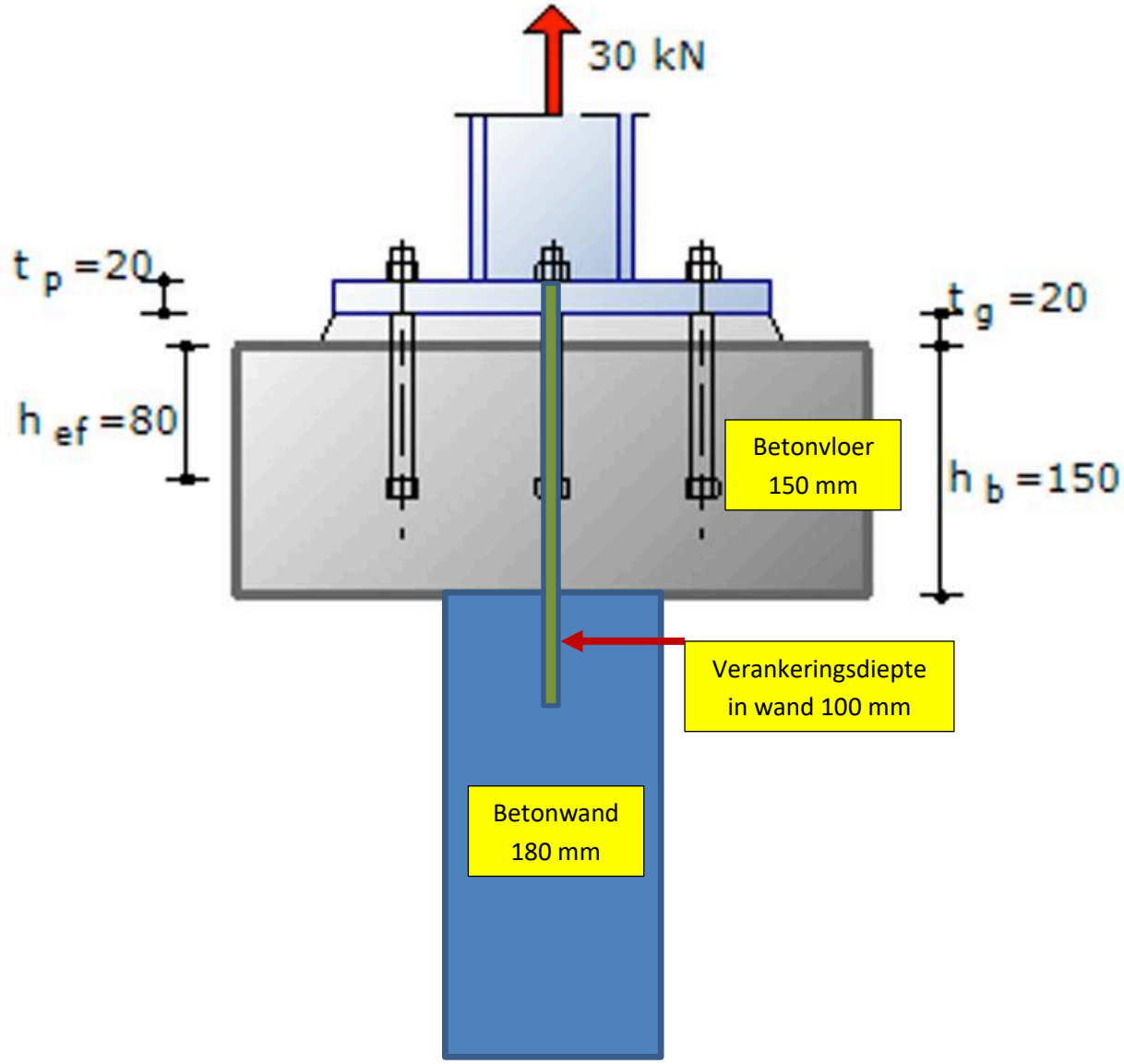
Project:	2023-44
Opdrachtgever:	Voor de VvE
Fase:	vergunning
Datum:	24-01-2024
Laatst gewijzigd:	16-03-2024

Bladnummer:	BV-36
Formaat:	A3

eksom bouwexpertise
Ulgersmaweg 47-A
9731 BK Groningen
info@eksom.nl
050 - 577 75 66

Verankermethode

De middelste 2 ankers worden in de wand verankerd. Deze zijn een stuk langer om een verankeringsdiepte in de wand te krijgen van 100 mm. In de afbeelding hieronder wordt het principe verduidelijkt.



Controle trekkracht vloer

De vloer heeft een eigengewicht van circa 3,6 kN/m2. Bij een vloeroppervlakte van 4m x 2,5m levert het een druklast van 36 kN. De maximale trekkracht per kolom is 30 kN.

De wand heeft een eigengewicht van circa 4,32 kN/m2. Bij een wandoppervlakte van 3m x 2,0m levert het een druklast van 26 kN. De maximale trekkracht per kolom is 30 kN.

Conclusie

De verankering in de vloer is voldoende om de trekkracht op te vangen. Daarnaast worden twee ankers in de draagwand verankert. In totaal kan de totale verankering minimaal 62 kN trekkracht hebben.

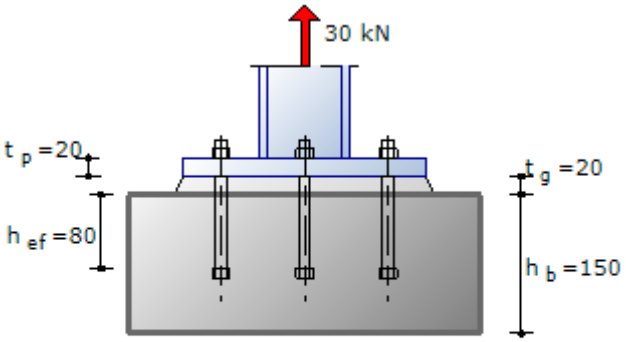
Berekening verankering (trekbelasting)

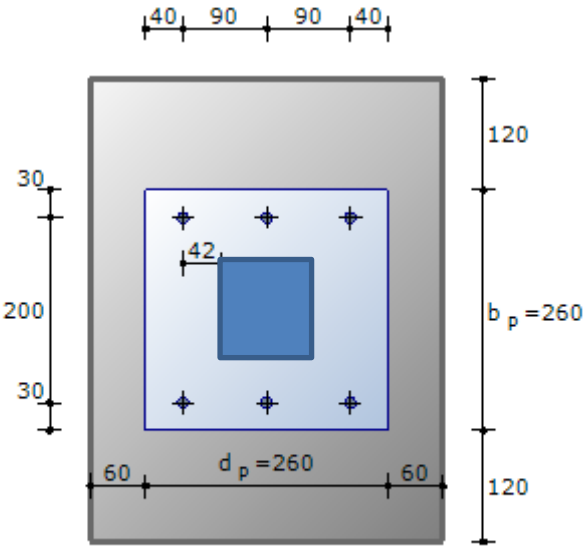
ALGEMEEN

Bestand :

Gevolgklasse : CC3

VOETPLAATVERBINDING: Voetplaatverbinding





Profielnaam:	Koker 100x100x3,
Ankers:	M 12, ankerbout, 8.8 gerolde normale h_{ef} = 80 mm
Grout:	zand-cement mortel, $_{g}$ = 20 mm
Fundering:	Betonsterkteklasse C20/25, Betonstaalsoort h_{b} = 150 mm, $_{min}$ =30 mm
Afmetingen	b_{p} = 260 mm, $_{p}$ = 260 mm, $_{p}$ = 20 mm
Las:	dubbele hoeklas a = 6
Afstanden van de	b_{a} = 200 mm, $_{a}$ = 180
Randafstanden van de	r_{2} = 30 mm, $_{1}$ = 40 mm
Belastingen:	N_{Ed} = 30 kN, V_{Ed} = 0 kN, $_{Ed}$ = 0 kNm

BEREKENING volgens Eurocode

Gehanteerde : NEN-EN 1992-1-
NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016
NEN-EN 1993-1-8 + C2:2011/NB:2011
CEN/TS 1992-4-
CEN/TS 1992-4-

Verbinding belast op druk en buiging

Randcondities

$d_{r,2}$ = 60 mm < 1,2 $_{cr,sp}$ = 1,2 (4 h_{eff}) = 384 mm → voor trek

$d_{r,1}$ = 60 mm < 1,2 $_{cr,sp}$ = 1,2 (4 h_{eff}) = 384 mm → voor trek

$b_{r,1}$ = 120 mm < 1,2 $_{cr,sp}$ = 1,2 (4 $_{eff}$) = 384 mm → voor trek

$b_{r,2}$ = 120 mm < 1,2 $_{cr,sp}$ = 1,2 (4 $_{eff}$) = 384 mm → voor trek

Type spanningsverdeling

e = M_{Ed} / N_{Ed} = 0 / -30 = 0

z_I = h_a - t_f = 96 - 8 = 88

e = 0 mm < $_T$ = 90 mm → Type spanningsverdeling

Trekkracht F $_T$

z_T = 90 mm z_{III} = 2 z_T = 2 x 90 = 180

$$T_{max} = \frac{1}{3} N_{Ed} + \frac{M_{Ed}}{z_{III}} = \frac{1}{3} \text{ x } 30 + \frac{0 \text{ x } 10^3}{180} = 10 \text{ kN}$$

Toetsing voetplaat trekzijde doorsnede 2

Ankers buiten de

$$m_x = \frac{h - h_a}{2} - 0{,}8\, a_w \sqrt{2} = \frac{180 - 96}{2} - 0{,}8 \text{ x } 6 \text{ x} \sqrt{2} = 35{,}2 \text{ mm} \quad e_x = 40 \text{ mm}$$

w = 200 mm e = 30 mm

e < 2 m_x + 0,625 e_x en w > 4 m_x + 1,25 e_x → $l_{eff,nc}$ = 2 e + 4 $_x$ + 1,25 e_x = 250,8

e < π m_x en w < 2 π m_x → $l_{eff,cp}$ = b_p = 260 mm

$M_{pl,Rd}$ = ¼ $l_{eff,1}$ t^2 f_{yd} = ¼ x 250,8 x ^{2} x 235 x 10^{-6} = 5,895

$$2F_{T,Rd} = \frac{M_{pl,Rd}}{m} = \frac{5{,}895 \text{ x } 10^3}{35{,}2} = 167{,}4$$

$$\frac{T}{2F_{T,Rd}} = \frac{10}{167{,}4} = 0{,}06 \rightarrow$$

Dwarskrachtcontrole

$F_{v,Rd}$ = $l_{eff,1}$ t_p 0,58 f_{yd} = 250,8 x 20 x 0,58 x 235 x $^{-3}$ = 683,8

$$\frac{T}{F_{v,Rd}} = \frac{10}{683{,}8} = 0{,}01 \rightarrow$$

...EN 1993-1-1;

uc < 0,5 → geen interactie tussen M en

Sterkte ankers

Trek

T = 10 kN → per $F_{t,Ed} = 10 / 2 = 5$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0{,}9 \times 800 \times}{1{,}25} \times 10^{-3} = 48{,}6 \text{ kN}$$ ...EN 1993-1-8; tabel

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{5}{48{,}6} = 0{,}1 \rightarrow$$

Splijten ten gevolge van trekkracht op ankers

Splijtkracht in de richting loodrecht op de twee op trek belaste

$F_s = 0{,}5\ T = 0{,}5 \times 10 = 5$ $A_{ben} = \frac{F_s}{f_{yd}} = \frac{5000}{435} = 12 \text{ mm}^2$

1Ø12 → $A_s = 113 \text{ mm}^2$

De splijtwapening kan door middel van beugels worden

Splijtkracht in de richting evenwijdig op de twee op trek belaste

$F_s = 0{,}5\ F_{t,Ed} = 0{,}5 \times 5 = 2{,}5$ $A_{ben} = \frac{F_s}{f_{yd}} = \frac{2500}{435} = 6 \text{ mm}^2$

Deze wapeningsdoorsnede moet worden gesuperponeerd bij de doorsnede die al om redenen in de lengterichting moet worden

Uittrekken anker

$A_h = (\pi /4) [d_h^2 - d^2] = (\pi /4) \times [20^2 - 12^2] = 201$ ^{2}

$$N_{Rd,p} = \frac{A_h\ 5\ f_{ck}\ \psi_{ucr,N}}{\gamma_{Mc}} = \frac{201 \times 5 \times 20 \times}{1{,}5} \times 10^{-3} = 13{,}4$$ ...CEN/TS 1992-4-2;

Toetsing

$$\frac{0{,}5\ T}{N_{Rd,p} / 1{,}7} = \frac{5}{13{,}4 / 1{,}7} = 0{,}63 \rightarrow$$ ...CEN/TS 1992-4-1;

Betonkegelbreuk

$N^0_{Rk,c} = 9{,}5 \sqrt{f_{ck}}\ \sqrt{h_{ef}^3} = 9{,}5 \times \sqrt{20} \times \sqrt{80^3} \times 10^{-3} = 30{,}4$

$s_{cr,N} = 3{,}0\ h_{eff} = 3{,}0 \times 80 = 240$

$c_{cr,N} = 1{,}5\ h_{eff} = 1{,}5 \times 80 = 120$

$A_{cN} = [c_{cr,N} + b_a + c_{cr,N}] [(d_{r,2} + g) + d_a + (g + d_{r,1})] =$

$= [120 + 200 + 120] \times [(60 + 40) + 180 + (40 +$ $= 167200$ ^{2}

$A^0_{cN} = 4\ c_{cr,N}^2 = 4 \times 120^2 = 57600 \text{ mm}^2$

$$\psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + 2\ e_N / 2\ h_{ef}} = \frac{1}{1 + 2 \times 0 / (3 \times} = 1$$

$$N^{g}_{Rd,c} = \frac{\frac{A_{cN}}{A^{0}_{cN}} N^{0}_{Rk,c} \ \psi_{ec,N} \ \psi_{ucr,N}}{\gamma_{Mc}} = \frac{\frac{167200}{57600} \text{ x } 30,4 \text{ x } 1,00 \text{ x}}{1,5} = 58,8 \text{ kN}$$

Toetsing

$$\frac{T}{N^{g}_{Rd,c} / 1,7} = \frac{30}{58,8 / 1,7} = 0,87 \rightarrow$$ ...CEN/TS 1992-4-1;

Randcondities zijdelings uitbreken

$c_{dr,2}$ = 100 mm ≥ 6 d = 6 x 12 = 72 mm →

$c_{dr,1}$ = 100 mm ≥ 6 d = 6 x 12 = 72 mm →

$c_{br,1}$ = 150 mm ≥ 6 d = 6 x 12 = 72 mm →

$c_{br,2}$ = 150 mm ≥ 6 d = 6 x 12 = 72 mm →

Bepaling van de hoeklassen voor flens en lijf

$$F_{t,max,Ed} = \frac{|N_{Ed}|}{2} + \frac{|M_{Ed}|}{h - t} = \frac{|-30|}{2} + \frac{|0 \text{ x } 10^{3}|}{96 - 8} = 15 \text{ kN}$$

statisch bepaald $\sigma_{Ed} = \frac{F_{t,max,Ed}}{A_{f}} = \frac{15 \text{ x } 10^{3}}{800} = 18,8$ ^{2}

$$\tau_{f,Ed} = \frac{V_{y,Ed}}{2 A_{f}} = 0 \ ^{2} \qquad \tau_{w,Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{w}} = \frac{0 \text{ x } 10^{3}}{400} = 0 \ ^{2}$$

$$a_{f} \geq \beta_{w} \ \gamma_{M2} \ \frac{\sqrt{2 \ \sigma_{Ed}^{2} + 3 \ \tau_{f,Ed}^{2}}}{f_{u}} \frac{t_{f}}{2} = 0,8 \text{ x } 1,25 \ \frac{\sqrt{2 \text{ x } 18,8^{2} + 3 \text{ x } 0^{2}}}{360} \frac{8}{2} = 0,3$$

→ a_{f} = 3 mm ...EN 1993-1-8;

$$a_{w} \geq \beta_{w} \ \gamma_{M2} \ \frac{\sqrt{2 \ \sigma_{Ed}^{2} + 3 \ \tau_{w,Ed}^{2}}}{f_{u}} \frac{t_{w}}{2} = 0,8 \text{ x } 1,25 \ \frac{\sqrt{2 \text{ x } 18,8^{2} + 3 \text{ x } 0^{2}}}{360} \frac{5}{2} = 0,2 \text{ mm}$$

→ a_{w} = 3 mm ...EN 1993-1-8;

Conclusie: Voetplaatverbinding voldoet.

BIJLAGEN

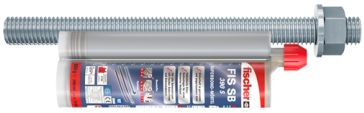
Deutschland

fischer Deutschland Vertriebs GmbH
Klaus-Fischer-Straße 1
72178 Waldachtal
fixperience-beratung@fischer.de

Ontwerp specificaties

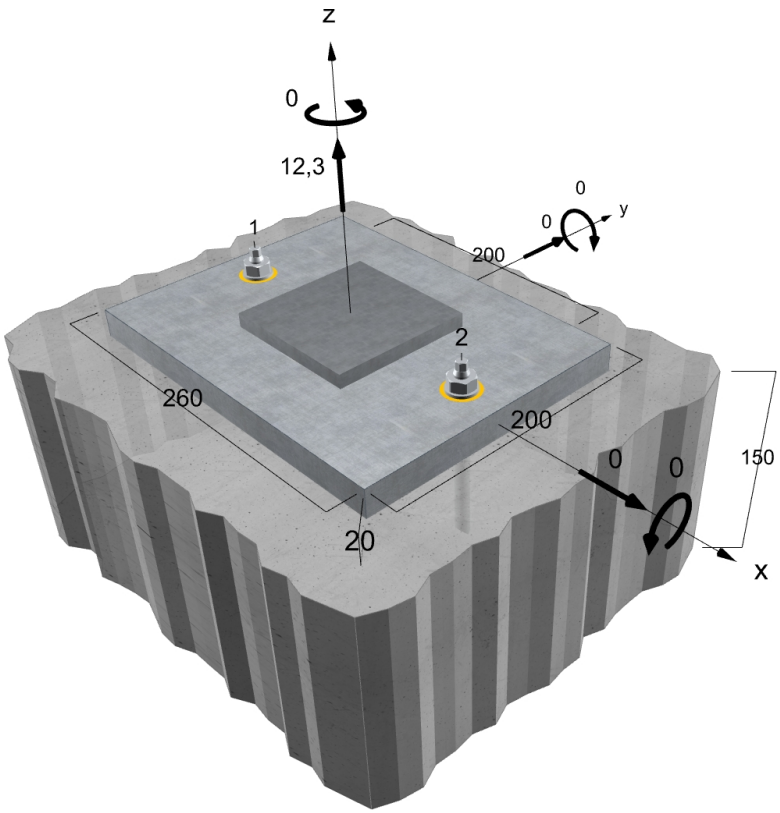
Anker

Anker systeem	fischer Superbond injectiesysteem FIS SB met ankerstang FIS A of RG M
Injectiemortel	FIS SB 390 S
Bevestigingselement	FIS A M 12 x 180 8.8, gvz 8.8
Verankeringsdiepte	95 mm
Ontwerp gegevens	ETA-12/0258 (17.06.2020)



Meeteenheden

Geometrie	mm
Rekenwaarde van de effecten	kN, kNm



Niet op schaal

De ingegeven waarden en de resultaten moeten worden getoetst aan de geldende normen en product specificaties. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de disclaimer in de licentie overeenkomst van de software.

Data

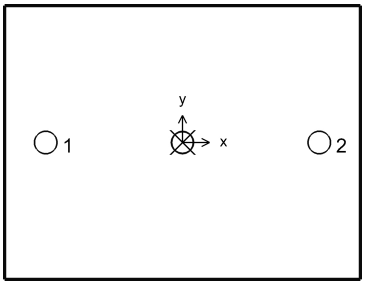
Ontwerp methode	EN 1992-4:2018
Ondergrond	Normaal beton, C20/25, EN 206:2013
Betonsituatie	Gescheurd, Droog boorgat
Temperatuur bereik	24 °C Lange duur temperatuur, 40 °C Korte duur temperatuur
Wapening	Geen of gewone wapening, Zonder randwapening, Met splijtwapening
Boormethode	Hamer boren
Installatie soort	Doorsteek montage
Tussenruimte	Gevuld
Ankerplaat locatie	Ankerplaat koud tegen ondergrond
Ankerplaat afmetingen	260 mm x 200 mm x 20 mm
Soort Profiel	Vierkant profiel 100 x 100 (S 235)

Ontwerpacties incl. gedeeltelijke veiligheidsfactor van de belasting

Belastingcombinatie	N_{Ed} kN	$V_{Ed,x}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{Ed,z}$ kNm	Soort belasting	Naam
1	**30,90**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**Statisch of quasi-statisch**	
2	12,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Statisch of quasi-statisch	

Resultante anker krachten

Anker nr.	Trek belasting kN	Afschuif belasting kN	Afschuif belasting x kN	Afschuif belasting y kN
1	15,45	0,00	0,00	0,00
2	15,45	0,00	0,00	0,00



Max. betondruksterkte	0,00 ‰
Max. betondruksterkte	0,00 N/mm²
Resulterende trek krachten	30,90 kN, X/Y positie (0 / 0 mm)
Resulterende druk krachten	0,00 kN, X/Y positie (0 / 0 mm)

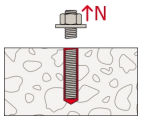
Weerstand bij trekbelastingen

Onderbouwing	Belasting kN	Capaciteit kN	Uitnutting β_N %
Staalbezw ijken *	15,45	45,33	34,1
Gecombineerde belasting	30,90	30,94	**99,9**
Betonkegel breuk	30,90	36,17	85,4

* Maatgevende anker

De ingegeven waarden en de resultaten moeten worden getoetst aan de geldende normen en product specificaties. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de disclaimer in de licentie overeenkomst van de software.

Staalbezwijken

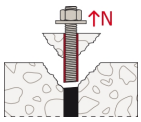


$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}}$$

$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,s}$ %
68,00	1,50	45,33	15,45	34,1

Anker nr.	$\beta_{N,s}$ %	Groep nr.	Maatgevende beta
1	34,1	1	$\beta_{N,s;1}$
2	34,1	2	$\beta_{N,s;2}$

Gecombineerde belasting



$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$$

$$N_{Rk,p} = N^0_{Rk,p} \cdot \frac{A_{p,N}}{A^0_{p,N}} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{ec,Np} \cdot \psi_{re,Np} \quad (7.13)$$

$$N_{Rk,p} = 26{,}86\,kN \cdot \frac{138225\,mm^2}{81225\,mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}015 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 46{,}41\,kN$$

$$N^0_{Rk,p} = \psi_{sus} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \psi_c \cdot \tau_{Rk} = 1{,}000 \cdot \pi \cdot 12\,mm \cdot 95\,mm \cdot 1{,}00 \cdot 7{,}50\,N/mm^2 = 26{,}86\,kN \quad (7.14)$$

$$\psi_{sus} = 1{,}000$$

$$\alpha_{sus} = 0{,}000 \leq \psi^0_{sus} = 0{,}840$$

$$s_{cr,Np} = \min\left(7{,}3 \cdot d \cdot (\psi_{sus} \cdot \tau_{Rk,ucr})^{0,5}; 3 \cdot h_{ef}\right) \quad (7.15)$$

$$s_{cr,Np} = \min\left(7{,}3 \cdot 12\,mm \cdot (1{,}000 \cdot 13{,}00\,N/mm^2)^{0,5}; 3 \cdot 95\,mm\right) = 285\,mm$$

$$c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = \frac{285\,mm}{2} = 143\,mm \quad (7.16)$$

$$\psi_{s,Np} = \min\left(1; 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}}\right) = \min\left(1; 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{\infty\,mm}{143\,mm}\right) = 1{,}000 \leq 1 \quad (7.20)$$

$$\psi_{g,Np} = \psi^0_{g,Np} - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot (\psi^0_{g,Np} - 1) = 1{,}094 - \sqrt{\frac{200\,mm}{285\,mm}} \cdot (1{,}094 - 1) = 1{,}015 \geq 1 \quad (7.17)$$

$$\psi^0_{g,Np} = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\psi_c \cdot \tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}}\right)^{1,5} \quad (7.18)$$

$$\psi^0_{g,Np} = \sqrt{2} - (\sqrt{2} - 1) \cdot \left(\frac{1{,}00 \cdot 7{,}50\,N/mm^2}{8{,}90\,N/mm^2}\right)^{1,5} = 1{,}094 \geq 1$$

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}} = \frac{7{,}7}{\pi \cdot 12\,mm} \cdot \sqrt{95\,mm \cdot 20{,}00\,N/mm^2} = 8{,}90\,N/mm^2 \quad (7.19)$$

$$\psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_N}{s_{cr,Np}}} \Rightarrow \psi_{ec,Npx} \cdot \psi_{ec,Npy} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1 \quad (7.21)$$

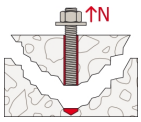
$$\psi_{ec,Npx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0\,mm}{285\,mm}} = 1{,}000 \leq 1 \qquad \psi_{ec,Npy} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0\,mm}{285\,mm}} = 1{,}000 \leq 1$$

$$\psi_{re,Np} = 1{,}000 \quad (7.5)$$

De ingegeven waarden en de resultaten moeten worden getoetst aan de geldende normen en product specificaties. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de disclaimer in de licentie overeenkomst van de software.

$N_{Rk,p}$ kN	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,p}$ %
46,41	1,50	30,94	30,90	99,9

Betonkegel breuk



$$N_{Ed} \le N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}}$$

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{M,N} \quad (7.1)$$

$$N_{Rk,c} = 31,89\,kN \cdot \frac{138225\,mm^2}{81225\,mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 54,26\,kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 7,7 \cdot \sqrt{20,00\,N/mm^2} \cdot (95\,mm)^{1.5} = 31,89\,kN \quad (7.2)$$

$$A^0_{c,N} = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} = 285\,mm \cdot 285\,mm = 81225\,mm^2 \quad (7.3)$$

$$\psi_{s,N} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty\,mm}{143\,mm}\right) = 1,000 \le 1 \quad (7.4)$$

$$\psi_{re,N} = 1,000 \quad (7.5)$$

$$\psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_N}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \psi_{ec,Nx} \cdot \psi_{ec,Ny} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \le 1 \quad (7.6)$$

$$\psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0\,mm}{285\,mm}} = 1,000 \le 1 \qquad \psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0\,mm}{285\,mm}} = 1,000 \le 1$$

$$\psi_{M,N} = 1,000 \quad (7.7)$$

$N_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,c}$ %
54,26	1,50	36,17	30,90	85,4

Weerstand tegen gecombineerde trek en afschuif krachten

Maatgevende uitnutting voor trekbelasting β_N = 99,88 %

Ontwerp succesvol

Niet maatgevende belastinggevallen

Belastingcombinatie	N_{Ed} kN	$V_{Ed,x}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{T,Ed}$ kNm	Soort belasting	β_N %	β_V %	β %
2	12,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Statisch of quasi-statisch	39,76	0,00	0,00

De ingegeven waarden en de resultaten moeten worden getoetst aan de geldende normen en product specificaties. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de disclaimer in de licentie overeenkomst van de software.

Technische opmerkingen

De overdracht van de ankerbelastingen het betonnen element moet worden weergegeven voor de uiterste grenstoestand en de bruikbaarheidsgrenstoestand; Hiertoe worden de normale verificaties uitgevoerd met inachtneming de door de ankers optredende belastingen. Bij deze verificaties moet rekening worden gehouden met de aanvullende bepalingen van de huidige ontwerpmethode.

Opmerkingen

All information and data contained in the programs refer exclusively to the Use of fischer products and based on the principles, formulas and safety regulations in accordance with the technical instructions and fischer's operating, setting and assembly instructions etc., which must be strictly observed by the user. All values contained are average values; therefore, application-specific tests must always be carried out before using the respective fischer product. The results of the calculations carried out using the software are based mainly on the data you enter. You therefore bear sole responsibility for the accuracy, completeness and relevance of the data you enter data to be entered. You are still solely responsible for checking the results of the calculation to have it checked and approved by a specialist before use for your specific system(s), especially with regard to conformity with applicable standards and approvals. The dimensioning program serves merely as an aid for the interpretation of standards and approvals without any guarantee of accuracy, correctness and relevance of results or suitability for a particular application. The user must take all necessary and reasonable measures to prevent damage caused by the to prevent or limit the design program. In particular, for regular backups, you must of programs and data as well as regular updates of the software offered by fischer, if necessary. Carry out design program. Unless you use the automatic update function of the software, you have to make sure by manual updates via the fischer website that you always have the current and therefore use a valid version of the design program. Insofar as you culpably breach this obligation If the goods are damaged, fischer is not liable for the consequences, in particular not for the replacement of the goods lost or damaged data or programs.

De ingegeven waarden en de resultaten moeten worden getoetst aan de geldende normen en product specificaties. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de disclaimer in de licentie overeenkomst van de software.

Installatie gegevens

Anker

Anker systeem	fischer Superbond injectiesysteem FIS SB met ankerstang FIS A of RG M	
Injectiemortel	FIS SB 390 S	Art. Nr. 518830
Bevestigingselement	FIS A M 12 x 180 8.8, gvz 8.8	Art. Nr. 519399
Accessoires	Injectiepistool FIS DB S Pro	Art. Nr. 558955
	Perslucht reiniging	Art. Nr. 093286
	Perslucht (olievrij), min. 6 bar	Door bouwplaats
	Reinigingsborstel BS Ø14	Art. Nr. 078180
	Hamer boren Quattric II 14/160/210	Art. Nr. 549944
	Holle boor FHD 14/250/380	Art. Nr. 546598
Alternatieve injectiemortel	FIS SB High Speed 390 S	Art. Nr. 523300

Installatie details

Grootte	M12
Boordiameter	d_0 = 14 mm
Boordiepte	h_2 = 115 mm
Verankeringsdiepte	h_{ef} = 95 mm
Boormethode	Hamer boren
Boorgat reiniging	2 keer uitblazen met perslucht, 2 keer borstelen, 2 keer uitblazen met perslucht Als er een holle boor (bv FHD) wordt toegepast, is reinigen van het boorgat niet nodig.
Installatie soort	Doorsteek montage
Tussenruimte	Gevuld
Aandraaimoment	$T_{inst,max}$ = 40 Nm
Sleutelwijdte	SW = 19 mm
Ankerplaat dikte	t = 20 mm
Maximale bevestigingsdikte	$t_{fix,max}$ = 69 mm
Maximaal mogelijke uitvullaag	$t_{fix,max}$ - t_{fix} = 49 mm

Ankerplaat details

Meeteenheden	Geometrie: mm
Ankerplaat dikte	t = 20 mm
Diameter doorvoer gat	d_f = 16 mm

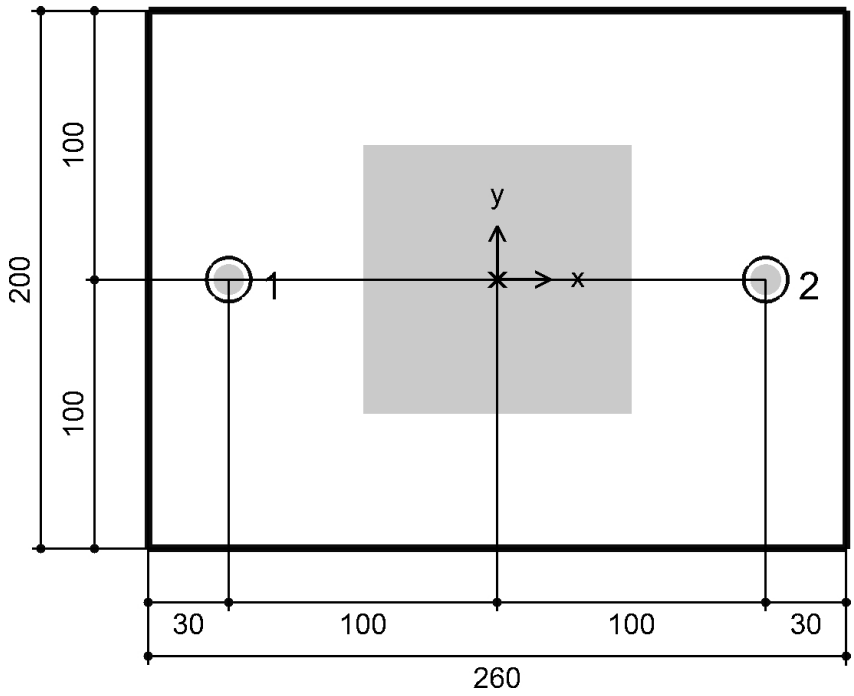
Anker coördinaten

Anker nr.	x mm	y mm
1	-100	0
2	100	0

Aanbouwdeel

Soort Profiel	Vierkant profiel 100 x 100 (S 235)
Staalkwaliteit	S235
Profiel afmetingen	Breedte 100 mm

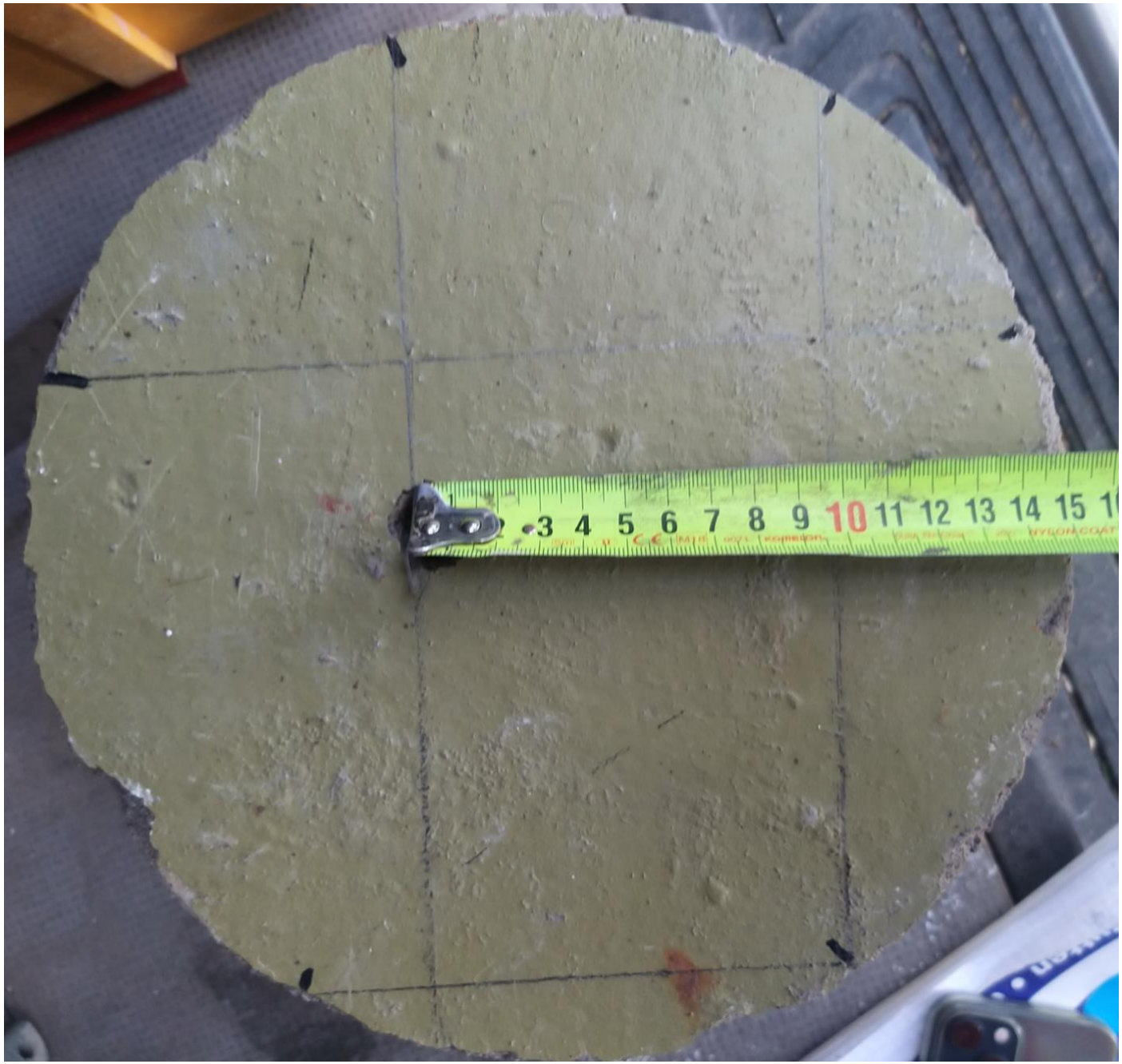
De ingegeven waarden en de resultaten moeten worden getoetst aan de geldende normen en product specificaties. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de disclaimer in de licentie overeenkomst van de software.



De ingegeven waarden en de resultaten moeten worden getoetst aan de geldende normen en product specificaties. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de disclaimer in de licentie overeenkomst van de software.

START
START
8 mm
130
50

3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
M18
0071
KOMELON
NYLON COAT


3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

GYSpack PRO
PORTABLE
START
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
komelon

1000
2000
3000
PSI
KPA

lbf
kN
5A8227TP