

# **STATISCHEBEREKENINGEN**

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

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

## **Inhoudsopgave**

<i>Algemene voorwaarden en opmerkingen constructies: .....</i>	<i>3</i>
<i>Algemene gegeven bouwwerk .....</i>	<i>4</i>
<i>Uitgangspunten berekening .....</i>	<i>8</i>
<i>Belastingen .....</i>	<i>8</i>
<i>Stabiliteit .....</i>	<i>10</i>
<i>Berekening stalenportaal (zonnepanelen) X-as .....</i>	<i>11</i>
<i>Berekening stalenportaal (zonnepanelen) Y-as .....</i>	<i>56</i>
<i>Controle bestaand dakvloer .....</i>	<i>76</i>
<i>Berekening hulpconstructie t.b.v. technische ruimte .....</i>	<i>77</i>
<i>Berekening hulpconstructie t.b.v. installaties .....</i>	<i>94</i>
<i>Controle op de draagwanden .....</i>	<i>111</i>
<i>Verankering voetplaat/kolom .....</i>	<i>115</i>
<i>BIJLAGEN .....</i>	<i>116</i>

## Algemene voorwaarden en opmerkingen constructies:

ONDER FUNDERINGEN OP STAAL GEEN ISOLATIE TOEPASSEN.

AANLEG VAN FUNDERINGEN OP VASTE GROND TE BEPALEN DOOR GRONDMECHANISCH ONDERZOEK. DIT DIEN 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. VIJZELN 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.

### STAALCONSTRUCTIES

STAALCONSTRUCTIES: S 235 (INDIEN NIET ANDERS VERMELD)  
BOUTEN EN MOEREN KWALITEIT 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 RNDOM.  
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.

### HOUTENCONSTRUCTIES

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.

### GORDIGNEN

AAN IEDERE GORDING STORMANKER T.P.V. OPLEGGINGEN  
AAN IEDERE GORDING HAAKANKER T.P.V. GEVEL  
AAN IEDERE GORDING KOPPELSTRIP T.P.V. TUSSENOPLEGGING

### PLAT DAK BALKEN

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.

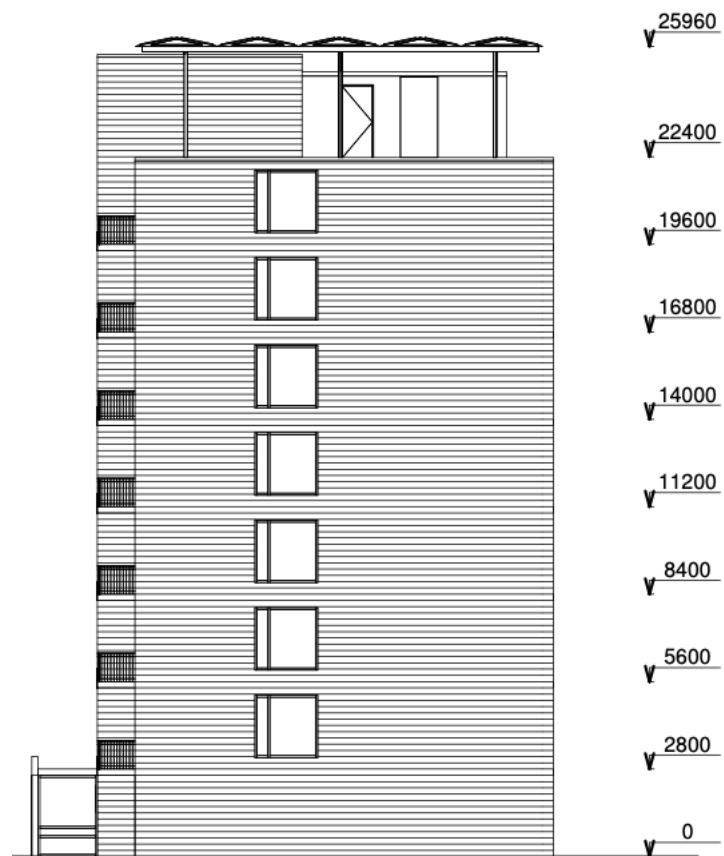
### BALKLAGEN VLOEREN

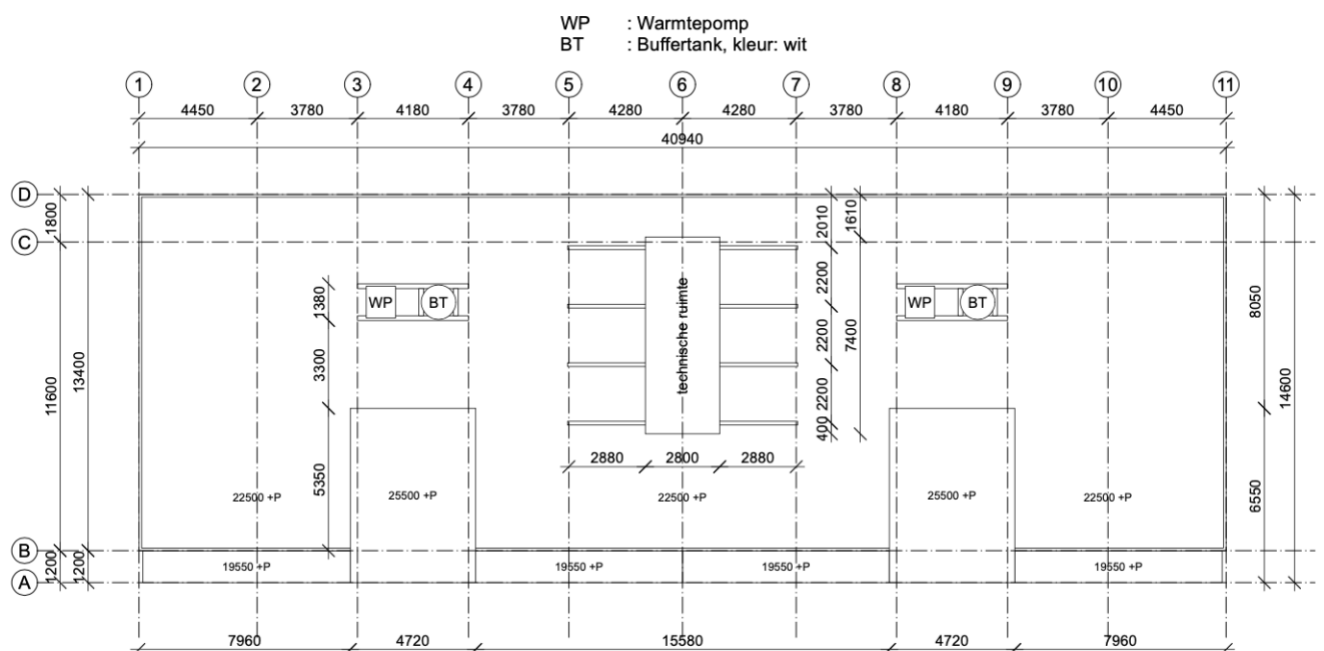
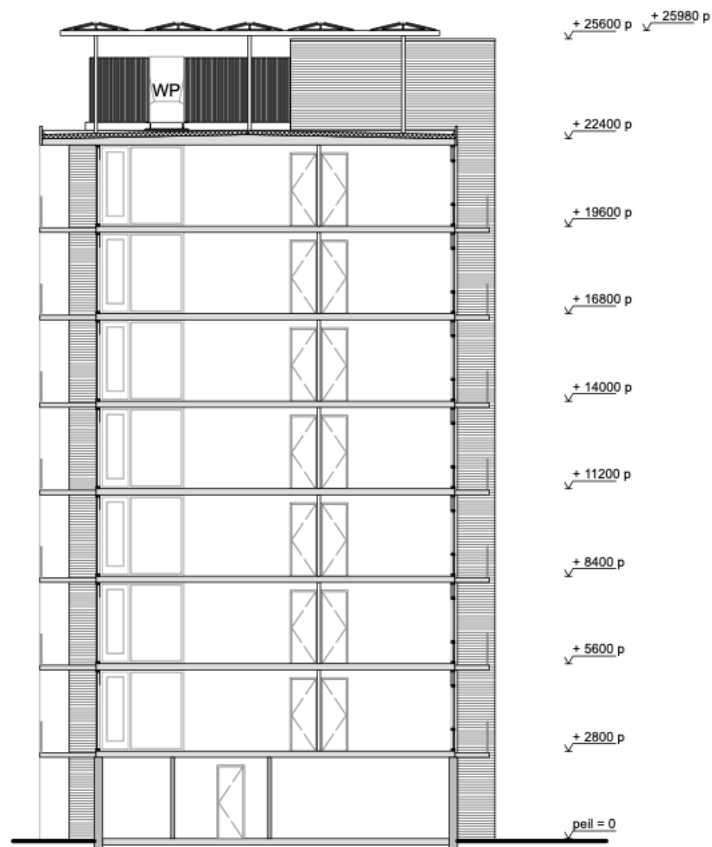
OM DE ANDERE BALK EEN HAAKANKER TOEPASSEN  
T.P.V. TUSSENWANDEN WAAR BALKLAGEN WORDEN GELAST EEN KOPPELANKER AANBRENGEN OP DE ANDERE BALK.  
STRIJKBALKANKERS AANBRENGEN H.O.H. MAX. 2000 MM.

## Algemene gegevens bouwwerk

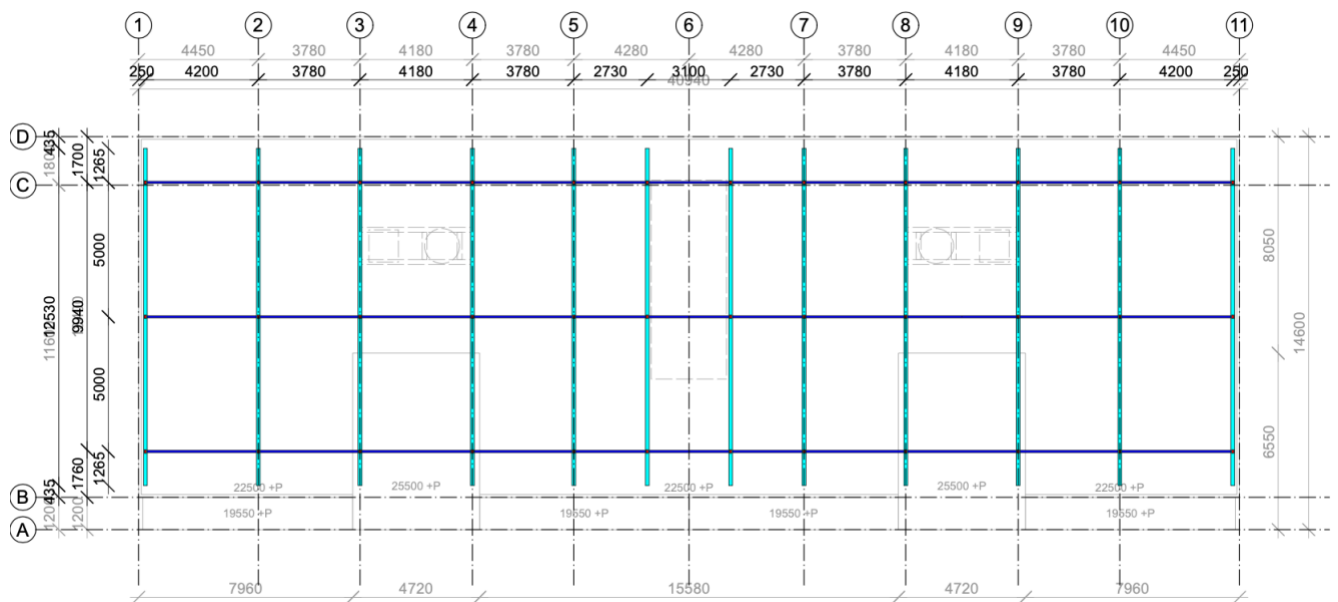
Voor het plaatsen van zonnepanelen op stalen frame, een technische ruimen en installatie op het dak van het pand, is er een (controle) berekening gemaakt om na te gaan of de constructie veilig is voor het realiseren van het plan. De berekening is gemaakt aan de hand van de tekeningen en berekeningen 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.



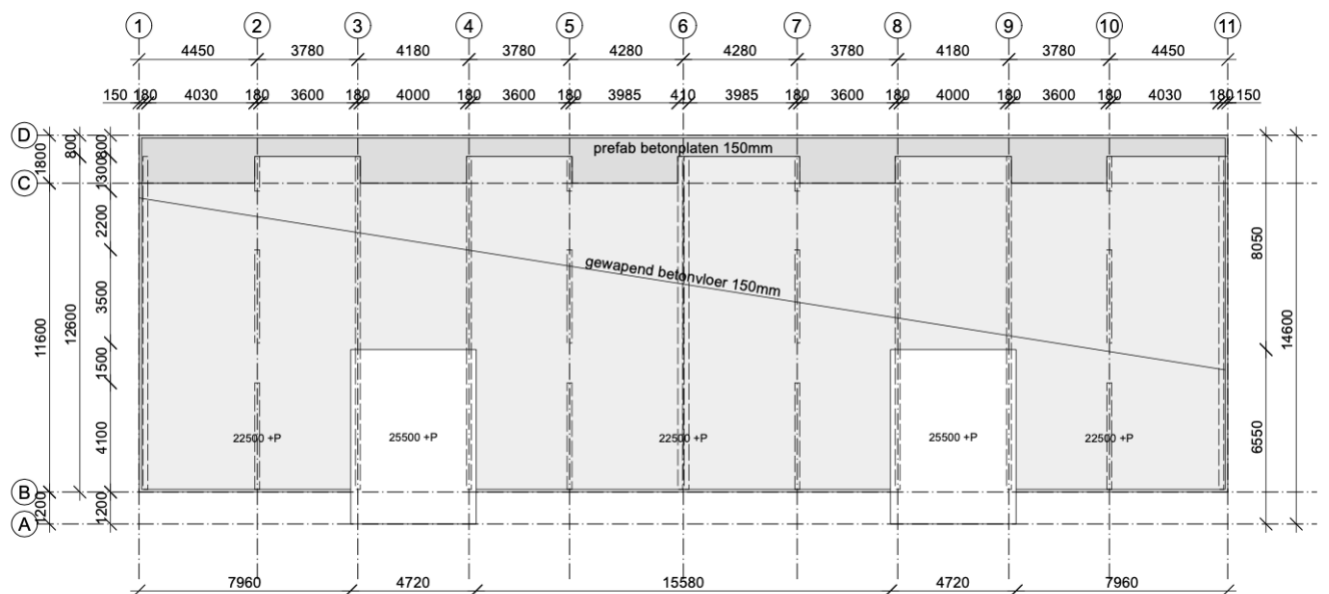




Stalenconstructie t.b.v. installatie en technische ruimte



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.

$$\text{ontwerplevensduur } t = 50 \text{ jaar}$$
$$\psi_0 = 0,40$$

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

## Gevolgklasse en belastingfactoren

Gevolgklasse	= CC2 - nieuwbouw
$\gamma_{Ga}$	= 1,35
$\gamma_{Gb}$	= 1,20
$\gamma_Q$	= 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:

$\psi_0 = 0.4$   $\psi_1 = 0.5$

$\psi_2 = 0.3$  VLOEREN

GEBRUIKSKLASSE H:

$\psi_0 = 0.0$   $\psi_1 = 0.0$

$\psi_2 = 0.0$  DAKEN

SNEEUWBELASTING :

$\psi_0 = 0.0$   $\psi_1 = 0.2$

$\psi_2 = 0.0$

WINDBELASTING :

$\psi_0 = 0.0$   $\psi_1 = 0.2$

$\psi_2 = 0.0$

TEMPERATUUR :

$\psi_0 = 0.0$   $\psi_1 = 0.5$

$\psi_2 = 0.0$

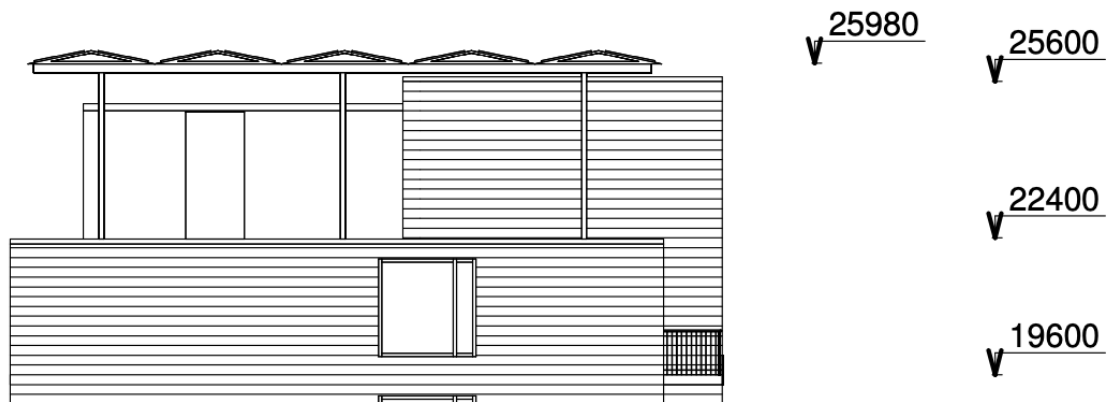


## Belasting aannamen flat nieuwe situatie

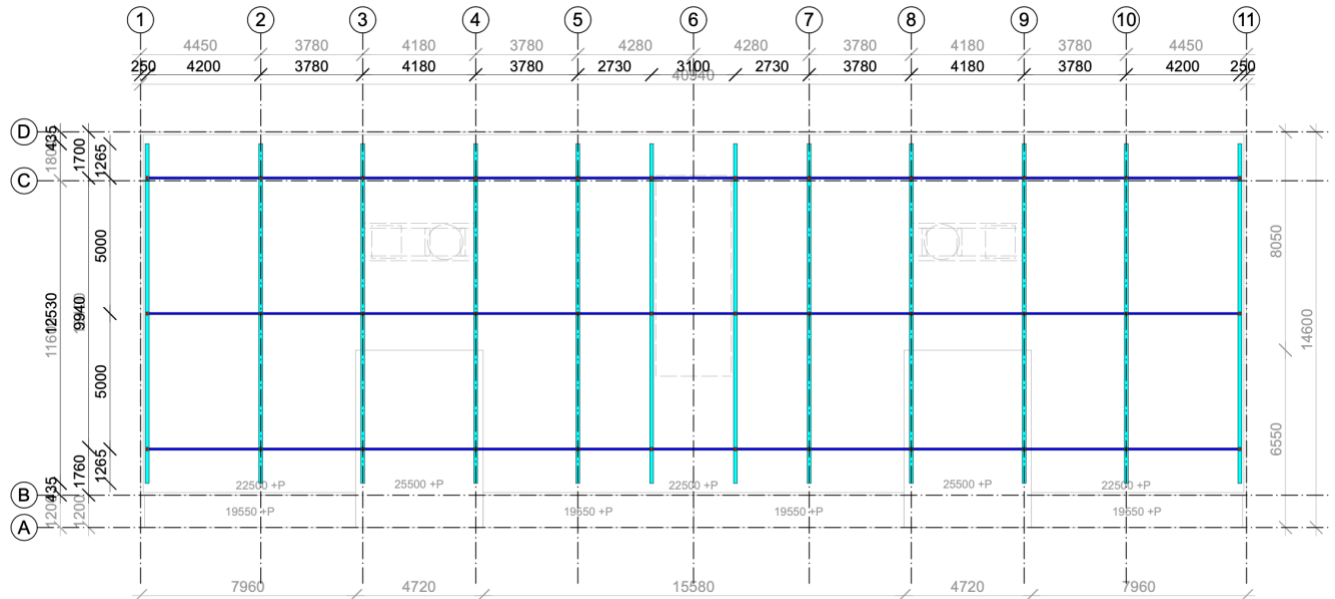
	Permanent <u>KN/m2</u>	Veranderlijk <u>KN/m2</u>
Zonnepanelen		
➤ Zonnepanelen incl. onder frame	0,25 kN/m2	
➤ Stalen constructie	Zie rekensoftware	
➤ Veranderlijk		0,56
Technische ruimte		
➤ permanent	2,48 kN/m2	
➤ veranderlijk		4,00 kN/m2
Installatie		
➤ permanent warmtepomp	4,50 kN/m2	
➤ permanent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

## Stabiliteit

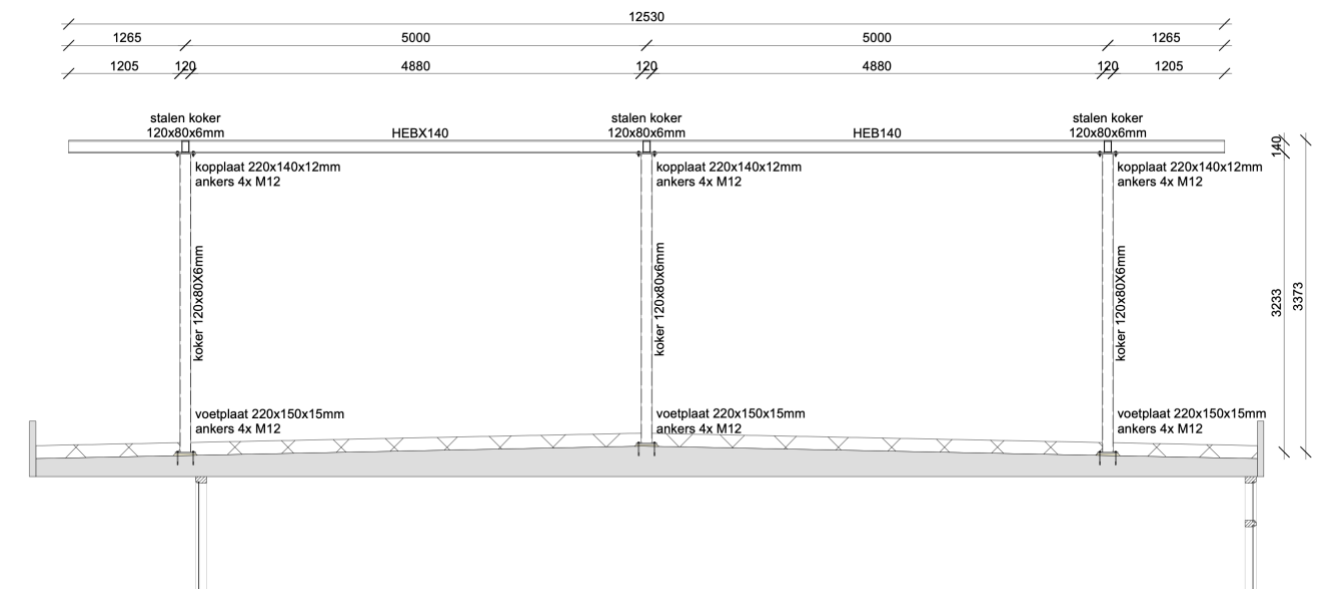
Het stalenframe bestaat uit portalen die de wind opvangt in de horizontale X-as richting. De wind in de horizontale (Y) richting is actief op een hoogte (zonnepanelen) van 0,38 m. Om de stabiliteit van de stalenframe te kunnen waarborgen is er ook in de Y-as richting ook een koker toegepast die de druk 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

### Belastingaannee overkapping

- Permanent zonnepanelen incl. oplegframe 0,25 kN/m<sup>2</sup>
  - 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/m<sup>2</sup> x (0,90 m<sup>2</sup> frame + 1,52 m<sup>2</sup> zonnepanelen) 2,76 kN per kolom.

## Berekening portaal stalenframe (zonnepanelen) X-as

Bestand :.....Berekening portaal zonneoverkapping.xfr2

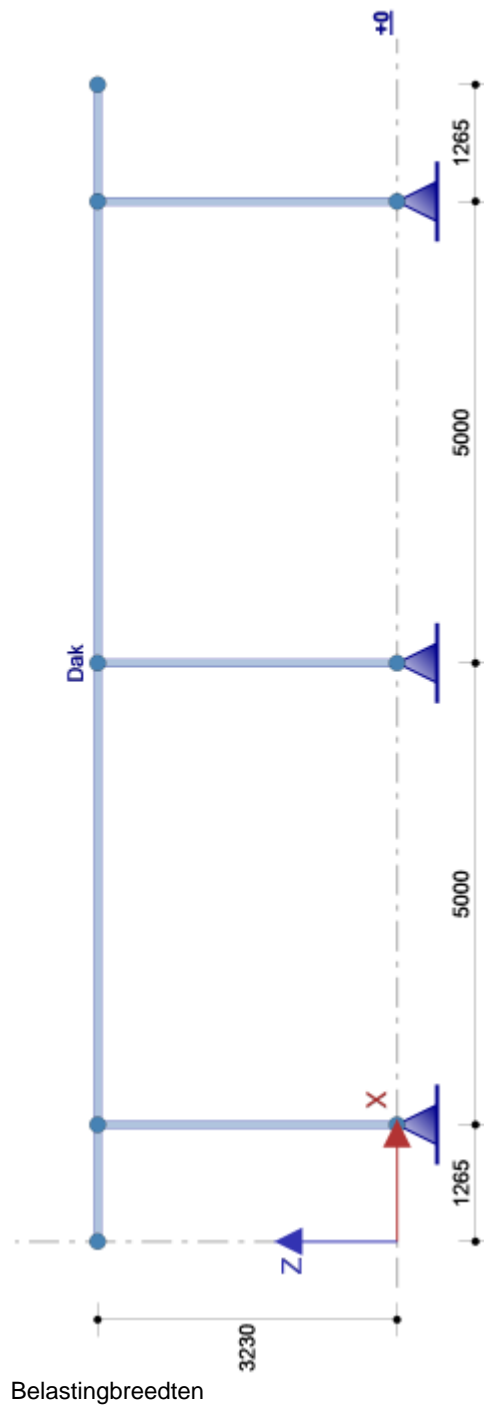
### Inhoudsopgave

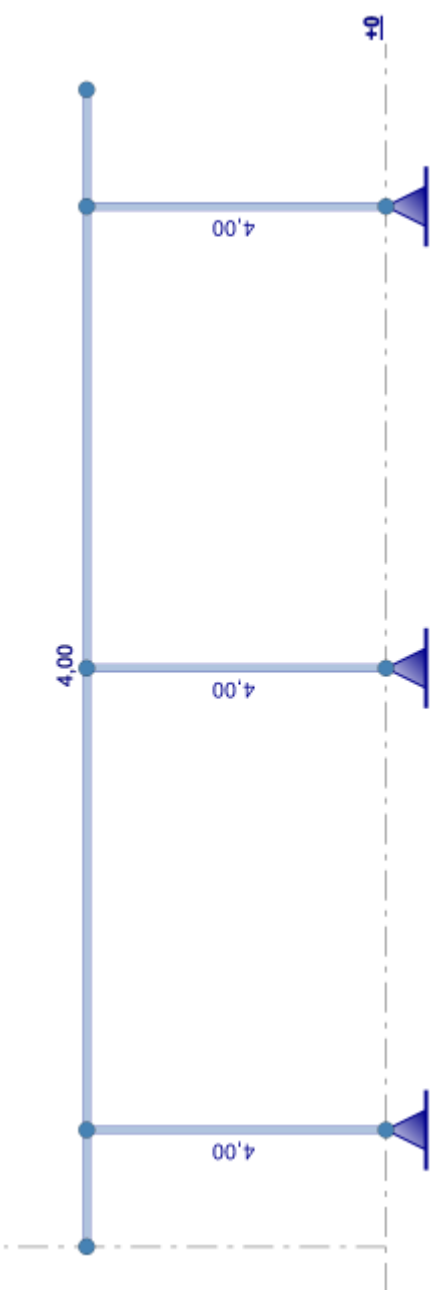
1.1 KNOOPEN.....	4
1.2 STAVEN.....	4
1.3 PROFIELEN.....	4
1.4 Sneeuwbelasting.....	5
1.5 Winddrukken.....	6
1.6 Windbelastingen.....	6
1.7 BELASTINGSGEVALLEN.....	7
1.8 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht.....	7
1.9 BELASTINGSGEVAL 2 Sneeuw 1.....	9
1.10 BELASTINGSGEVAL 3 Wind van links A + 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 KNOOPEN - 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  $g$  :  $9,81 \text{ m/s}^2$

### 1 Invoergegevens






### 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			

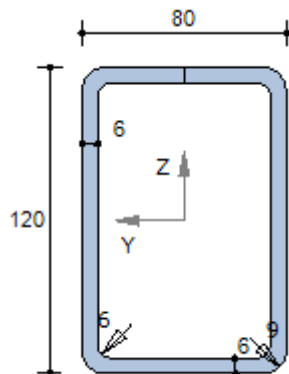
### 1.2 STAVEN

Staafl-nummer	Knoop		Staafl-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/mm <sup>2</sup> ]	A [mm <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ]	Wy;el_1 [mm <sup>3</sup> ]	Wy;el_2 [mm <sup>3</sup> ]
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

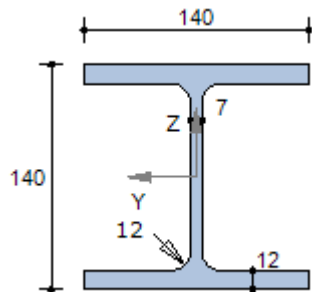
Staalsoort	S235 (Warmgewalst)		
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000 N/mm <sup>2</sup>

#### Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y <sub>max</sub>	=	40,0	mm	z <sub>max</sub>	=	60,0	mm
Minimale coördinaat	y <sub>min</sub>	=	-40,0	mm	z <sub>min</sub>	=	-60,0	mm
Zwaartelij	z <sub>s</sub>	=	0,0	mm	y <sub>s</sub>	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	2216,7	mm <sup>2</sup>	G	=	17,4	kg/m
Statisch moment	S <sub>y</sub>	=	43632	mm <sup>3</sup>	S <sub>z</sub>	=	32745	mm <sup>3</sup>
Traagheidsmoment	I <sub>y</sub>	=	4230730	mm <sup>4</sup>	I <sub>z</sub>	=	2221400	mm <sup>4</sup>

Traagheidsstraal	$i_y$	=	43,7	mm	$i_z$	=	31,7	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y,el}$	=	70512	mm <sup>3</sup>	$W_{z,el}$	=	55535	mm <sup>3</sup>
Centrifugaalmoment	$C_{yz}$	=	0	mm <sup>3</sup>	hoek	=	0,00	graden
Traagheidsmoment	$I_{max}$	=	4230730	mm <sup>4</sup>	$I_{min}$	=	2221400	mm <sup>4</sup>
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 <sup>3</sup>	$W_{z,pl}$	=	65491	mm <sup>3</sup>

#### HE140B



#### Materiaalgegevens

Staalsoort	S235 (Warmgewalst)
Elasticiteitsmodulus	$E = 210000$ N/mm <sup>2</sup>

#### 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 <sup>2</sup>	$G$	=	33,7	kg/m
Statisch moment	$S_y$	=	122775	mm <sup>3</sup>	$S_z$	=	59902	mm <sup>3</sup>
Traagheidsmoment	$I_y$	=	15098936	mm <sup>4</sup>	$I_z$	=	5496836	mm <sup>4</sup>
Traagheidsstraal	$i_y$	=	59,3	mm	$i_z$	=	35,8	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y,el}$	=	215699	mm <sup>3</sup>	$W_{z,el}$	=	78526	mm <sup>3</sup>
Centrifugaalmoment	$C_{yz}$	=	0	mm <sup>3</sup>	hoek	=	0,00	graden
Traagheidsmoment	$I_{max}$	=	15098936	mm <sup>4</sup>	$I_{min}$	=	5496836	mm <sup>4</sup>
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 <sup>3</sup>	$W_{z,pl}$	=	119803	mm <sup>3</sup>

#### 1.4 Sneeuwbelasting

Karakteristieke sneeuwbelasting op de grond : 0,700 kN/m<sup>2</sup>

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

Let op! De belastinggenerator houdt geen rekening met situatie voor  $\mu_3$  (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

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

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

### Variatie met hoogte

art. 4.3.1

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

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

### Windturbulentie

art. 4.4

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

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

### Extreme stuwdruk

art. 4.5

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

### Bepaling van $c_s$ $c_d$

art. 6.2

$$c_s c_d = 1,00$$

## 1.6 Windbelastingen

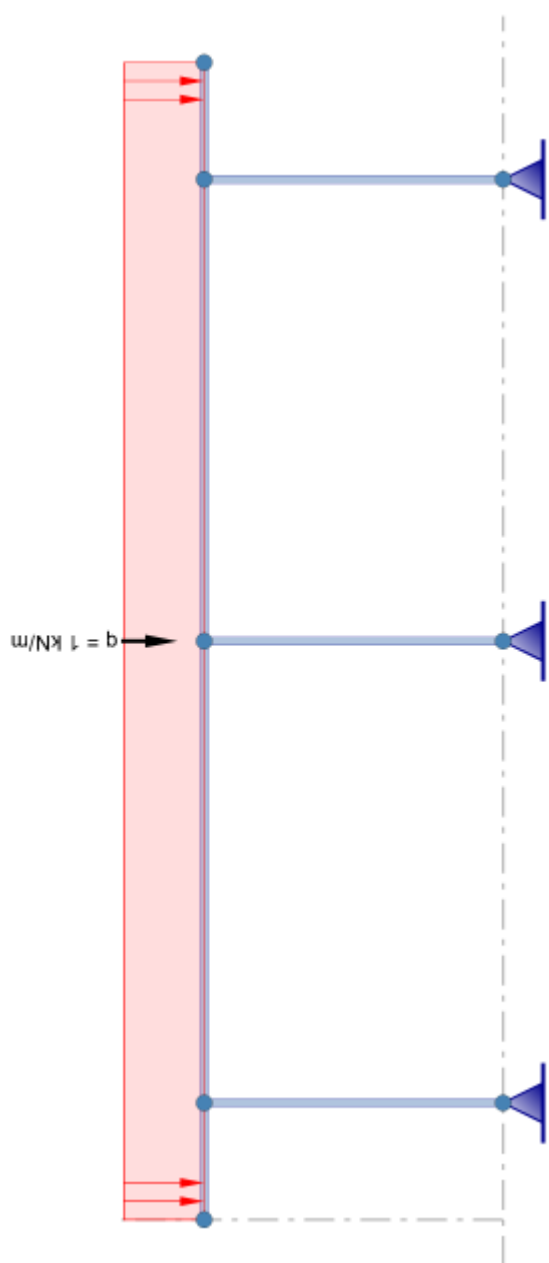
Ref.	Hoek [graden]	Zone	Cpi/Cpe	ze [m]	qp(ze) [kN/m <sup>2</sup> ]	breedte [m]	qw [kN/m]	Art.
qw01	0,0	→ G	-1,200	20,50	1,075	4,0	-5,162	Tabel 7.2
qw02	0,0	→ H	-0,700	20,50	1,075	4,0	-3,011	"
qw03	0,0	→ I	+0,200	20,50	1,075	4,0	0,860	"
qw04	0,0	→ I	-0,200	20,50	1,075	4,0	-0,860	"
qw05	0,0	← G	-1,200	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	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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



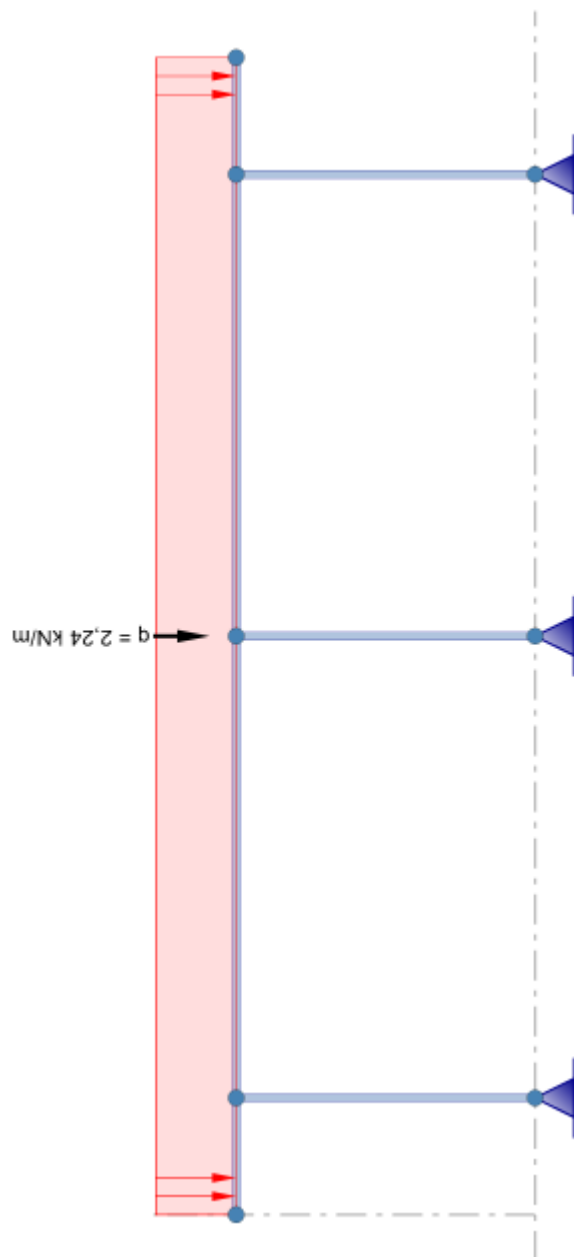
\*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

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

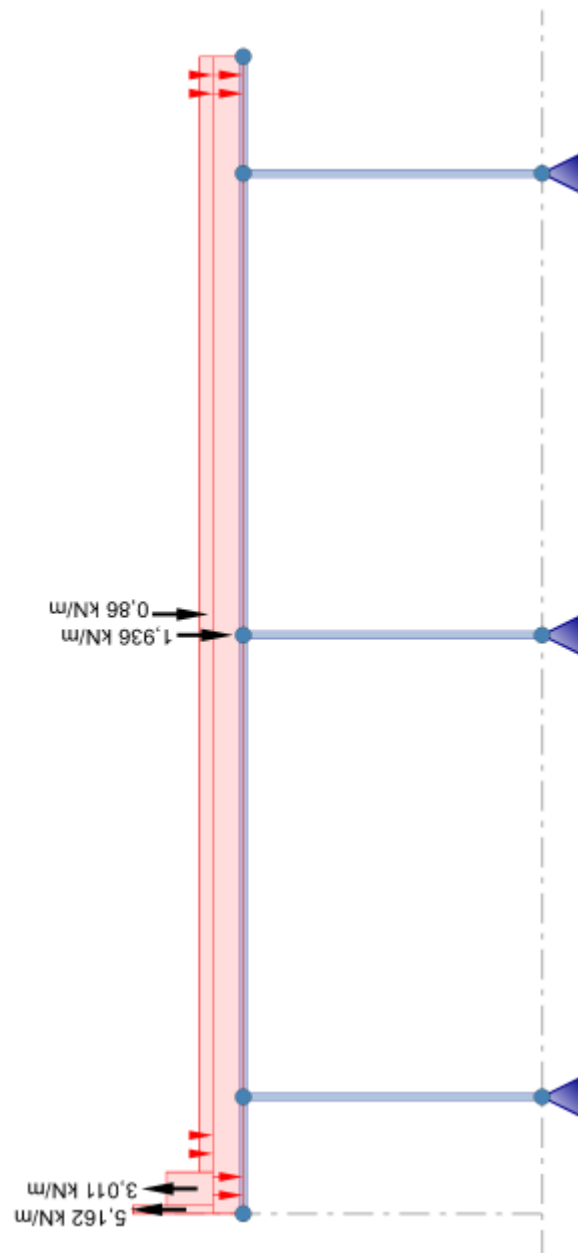
### 1.9 BELASTINGSGEVAL 2 Sneeuw 1







### 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

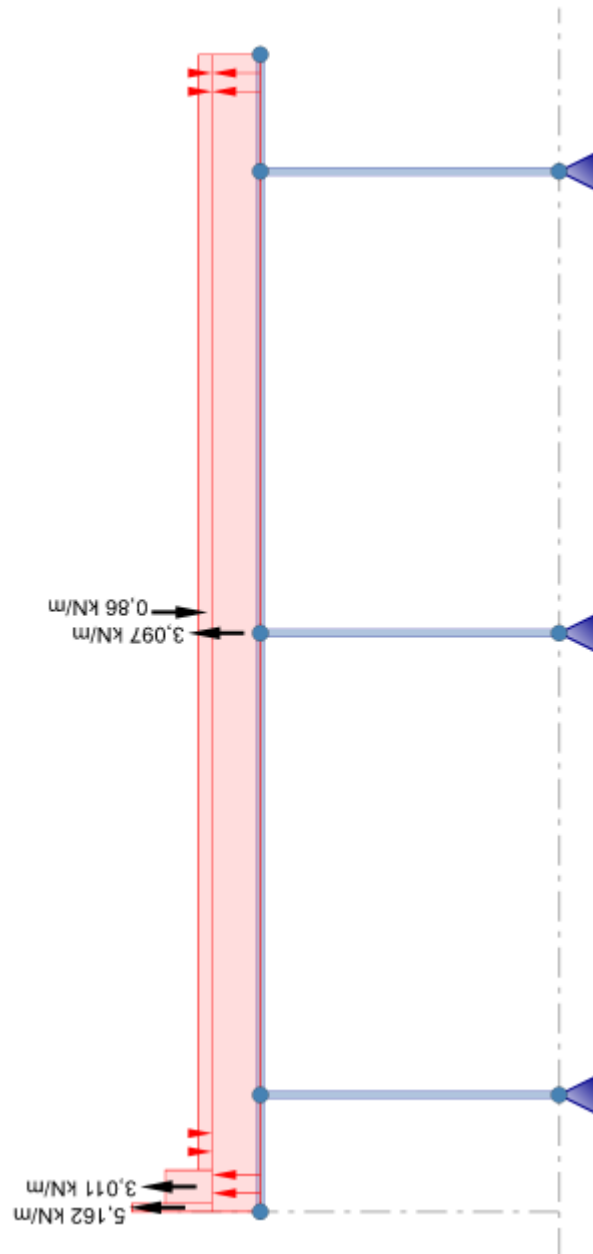
### 1.10 BELASTINGSGEVAL 3 Wind van links A + Onderdruk



### 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

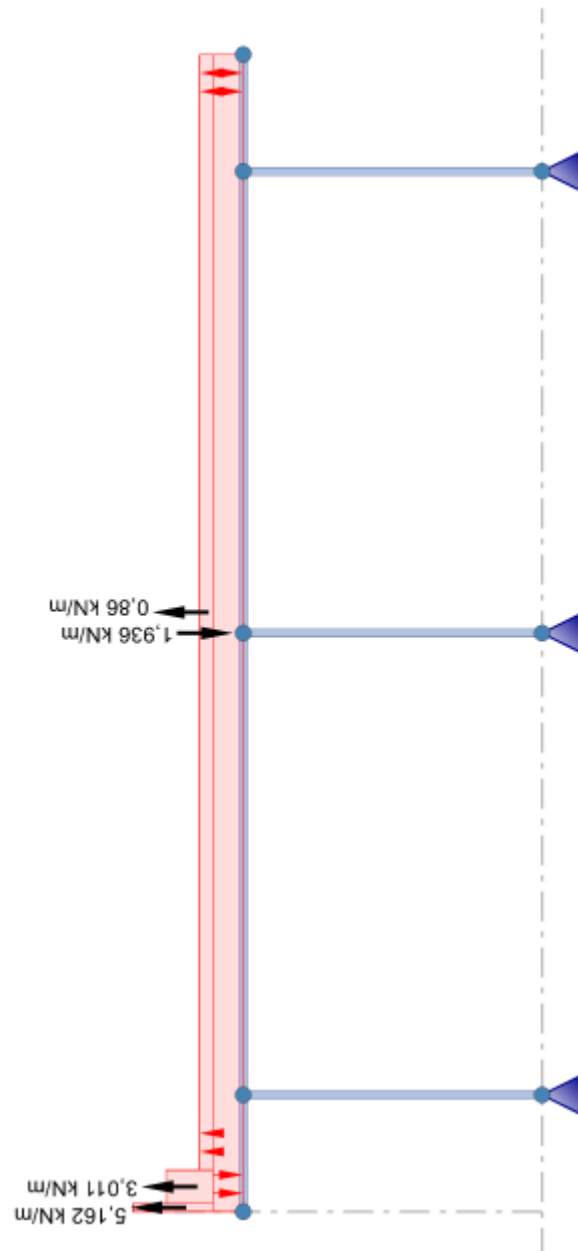
### 1.11 BELASTINGSGEVAL 4 Wind van links A + Overdruk







### 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

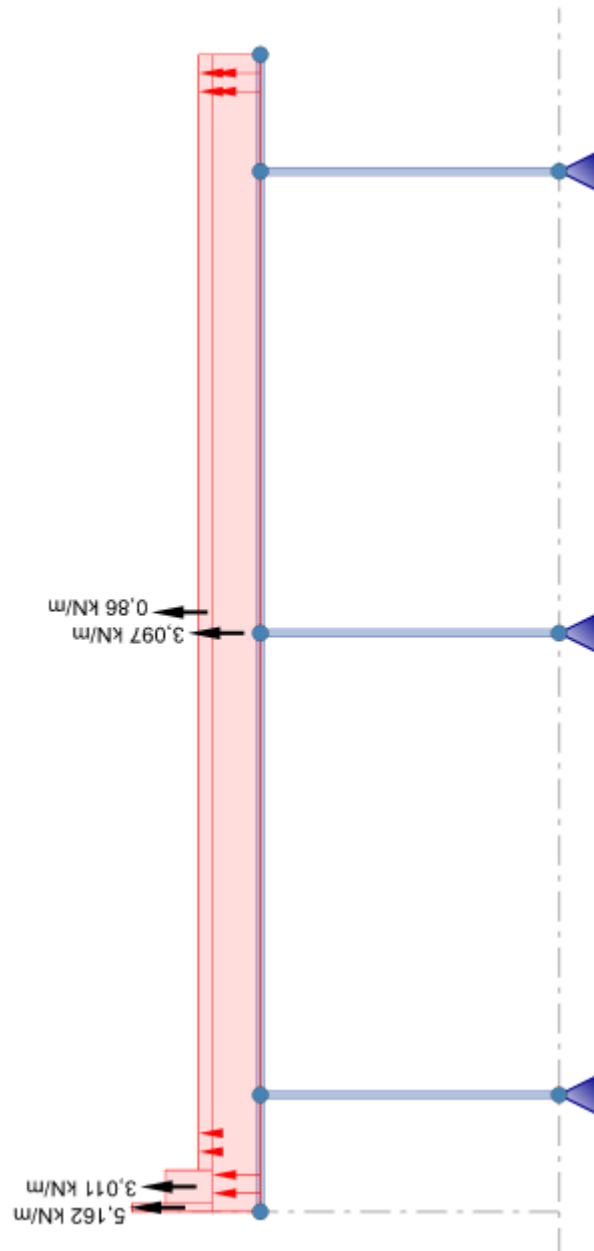
### 1.12 BELASTINGSGEVAL 5 Wind van links B + Onderdruk



### 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

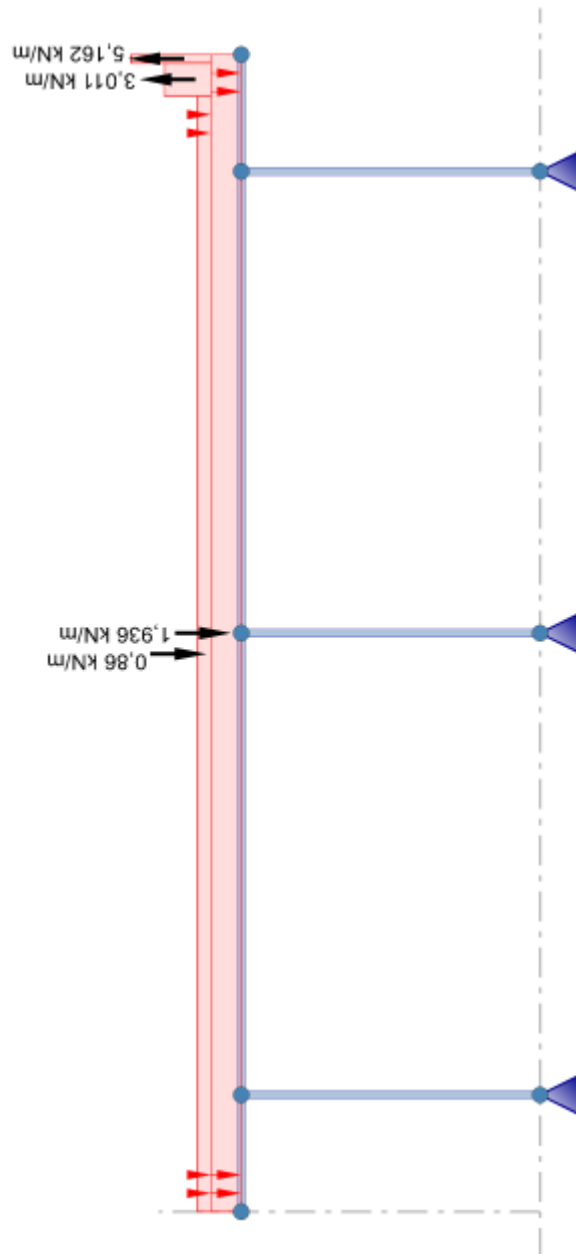








### 1.13.1 Staafbelastingen

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

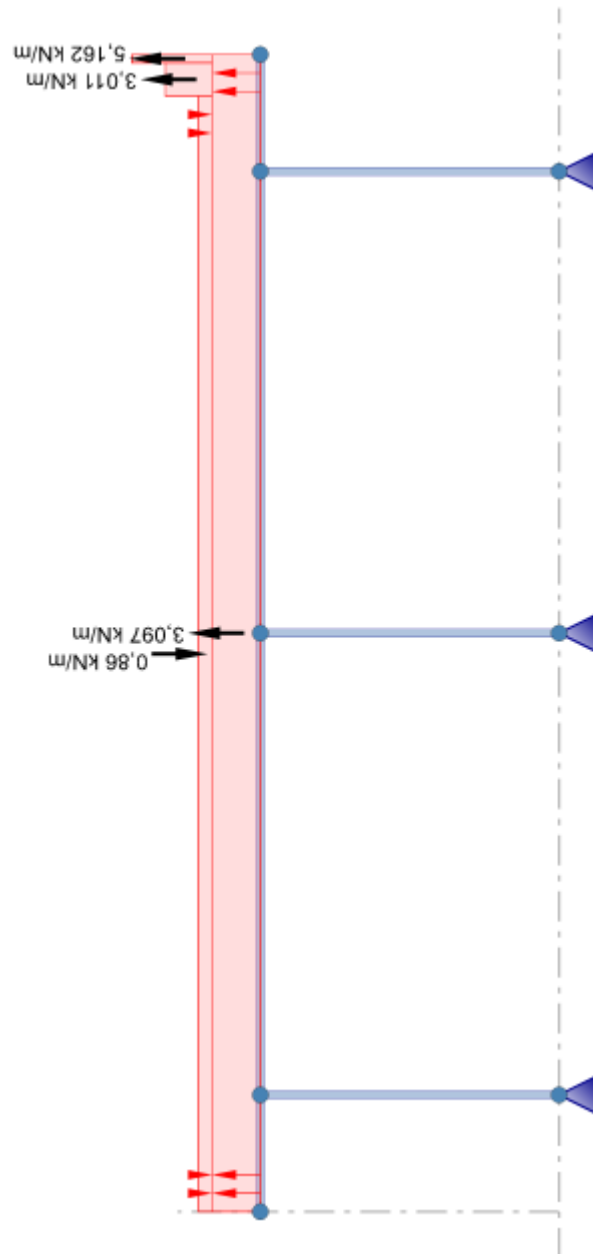
### 1.14 BELASTINGSGEVAL 7 Wind van rechts A + Onderdruk



### 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

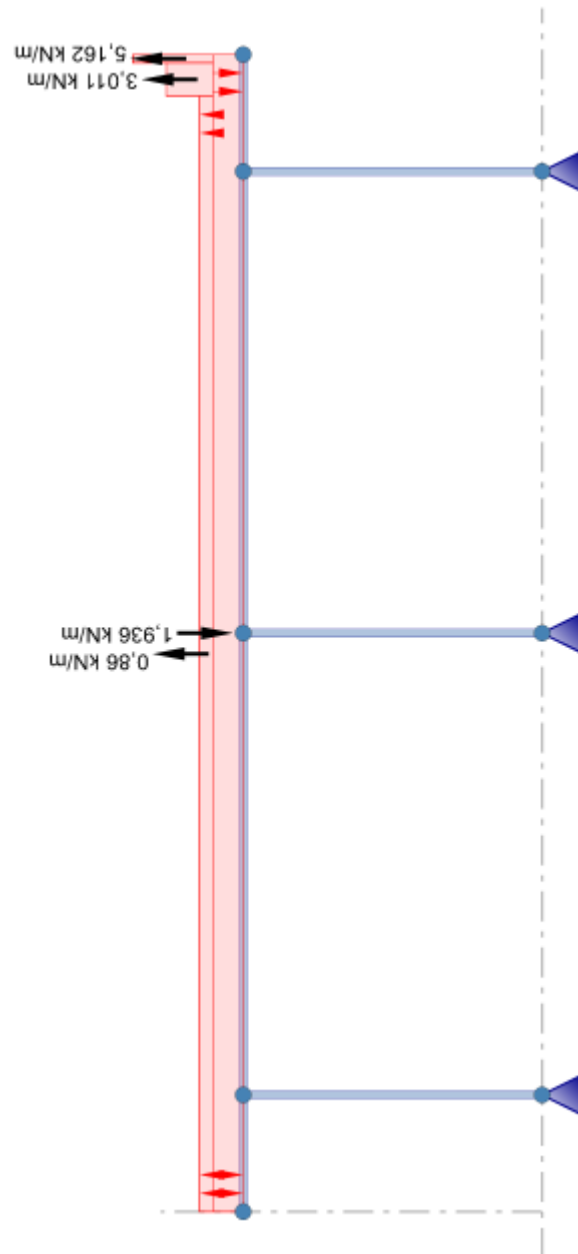
### 1.15 BELASTINGSGEVAL 8 Wind van rechts A + Overdruk







### 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

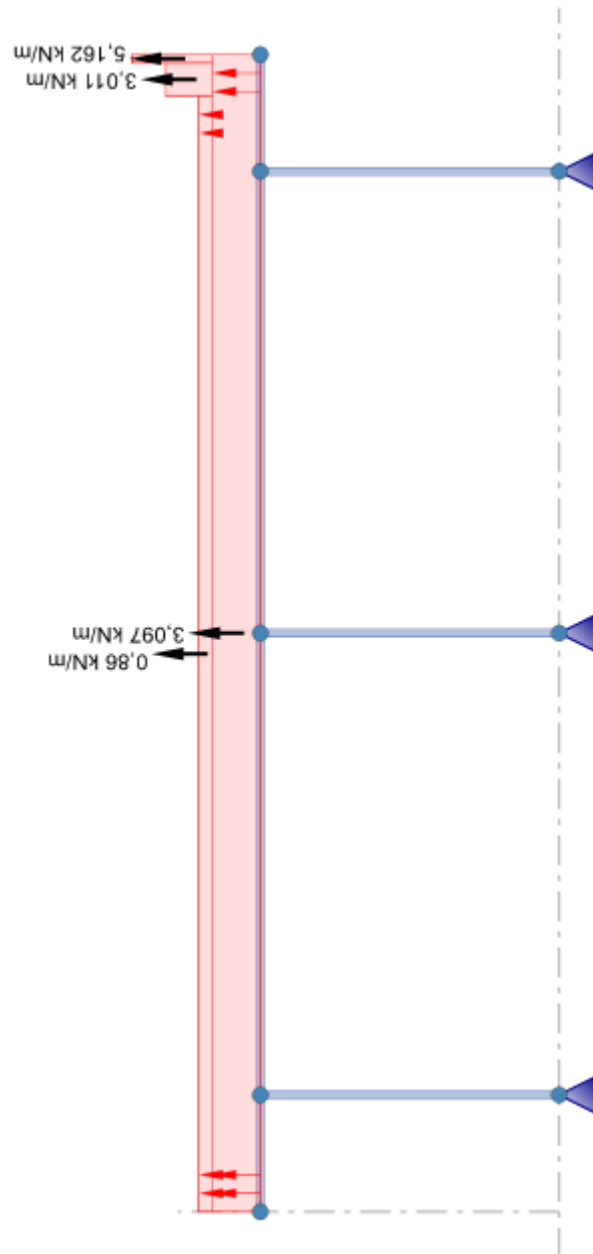
### 1.16 BELASTINGSGEVAL 9 Wind van rechts B + Onderdruk







### 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

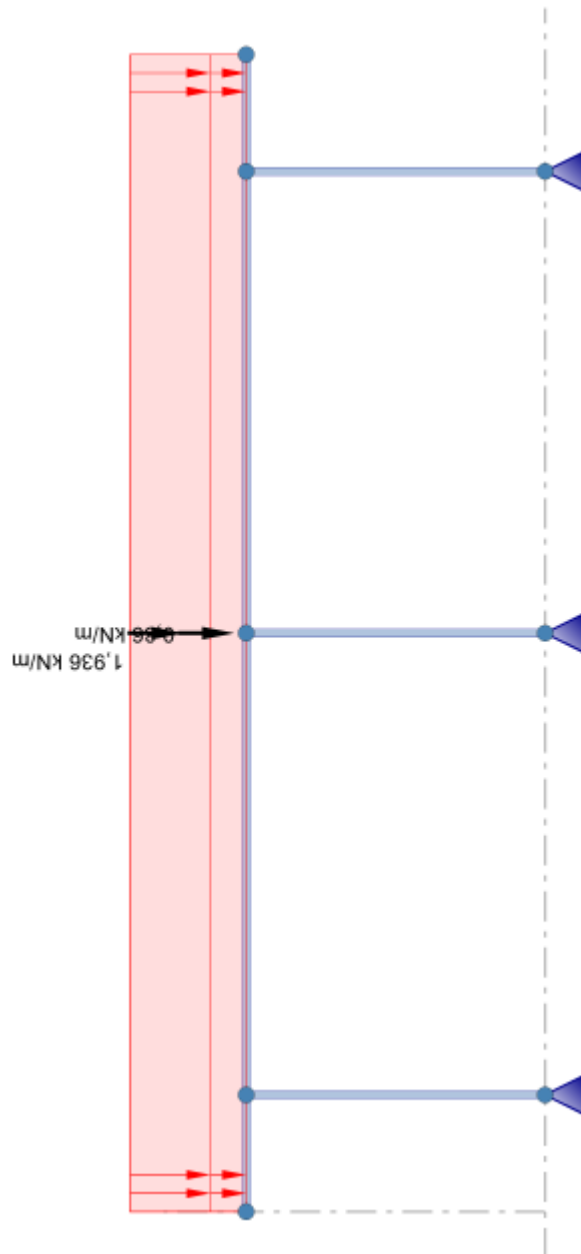
### 1.17 BELASTINGSGEVAL 10 Wind van rechts B + Overdruk





### 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

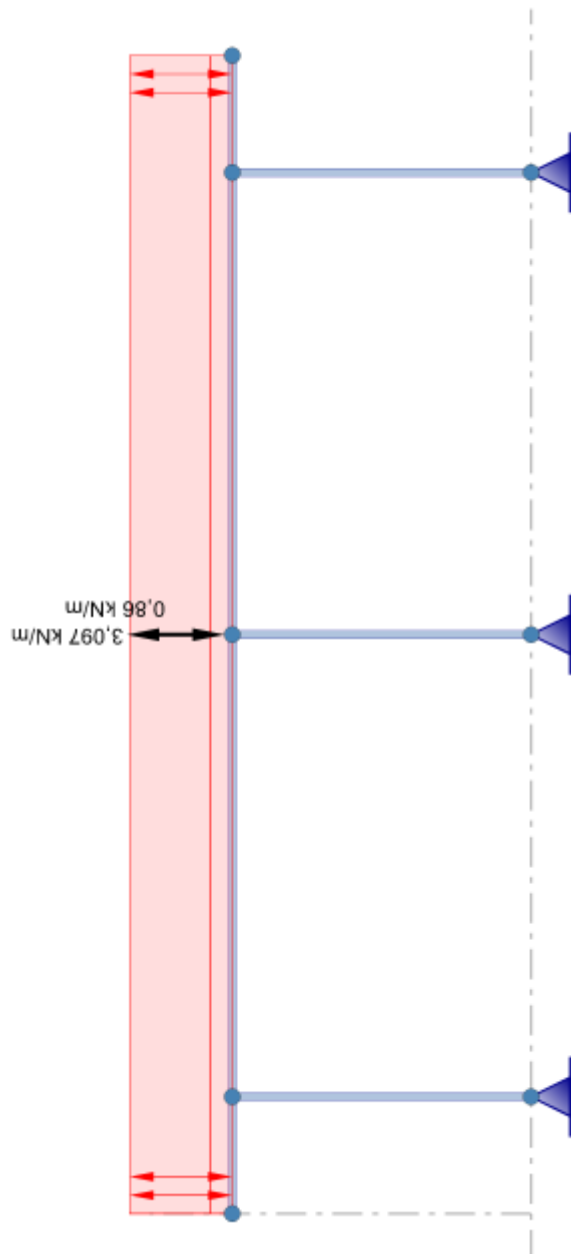
### 1.18 BELASTINGSGEVAL 11 Wind loodrecht A + Onderdruk





### 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

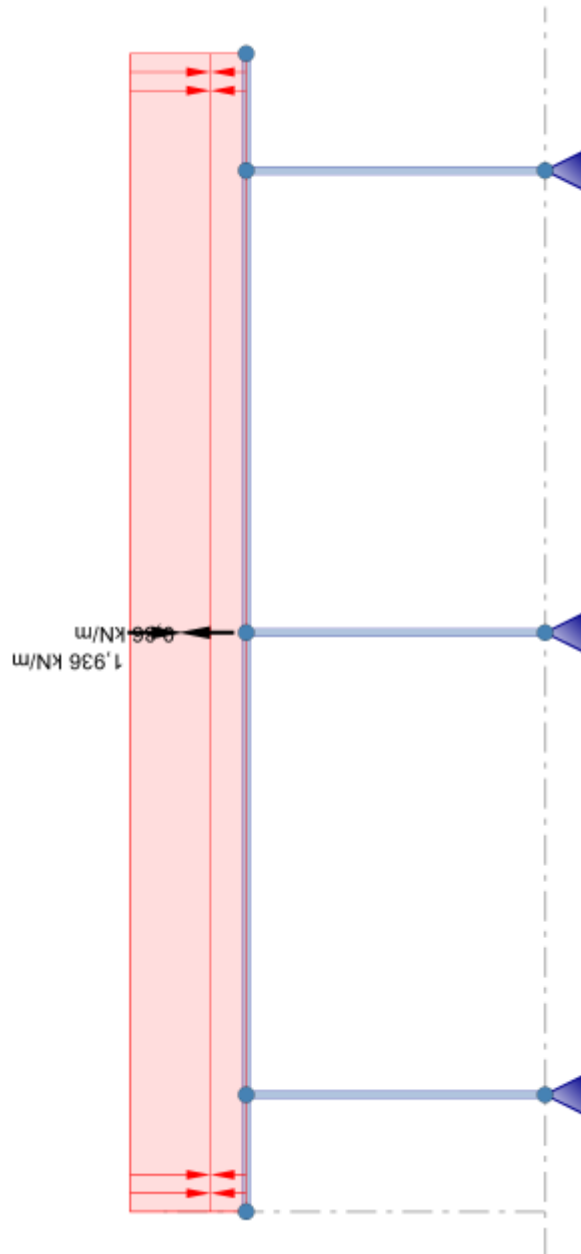
### 1.19 BELASTINGSGEVAL 12 Wind loodrecht A + Overdruk





### 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

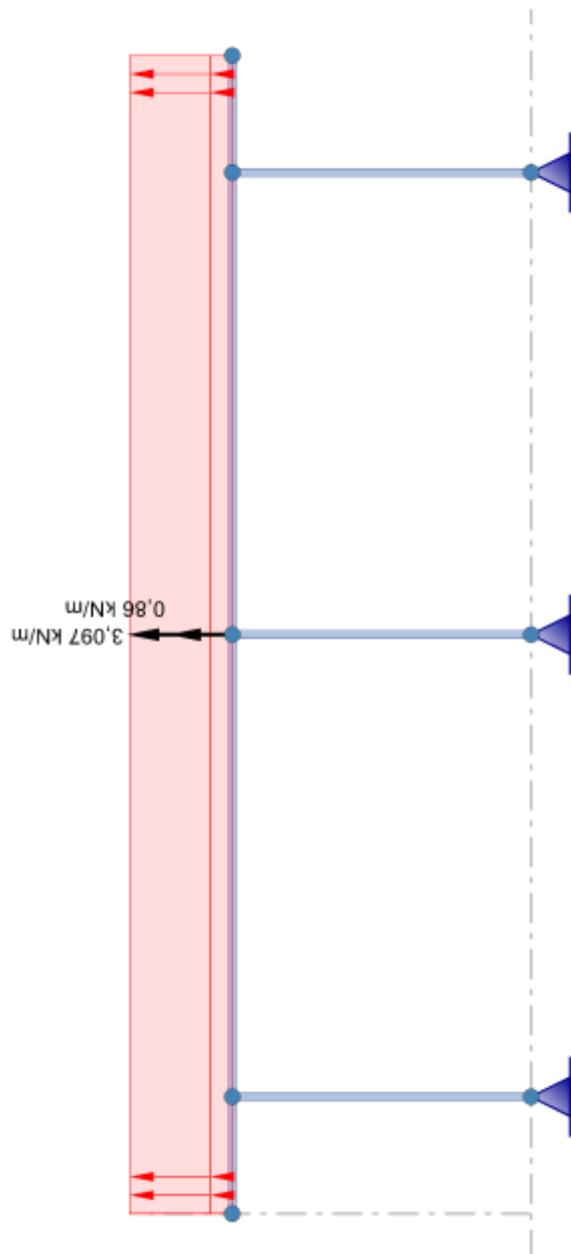
### 1.20 BELASTINGSGEVAL 13 Wind loodrecht B + Onderdruk



### 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

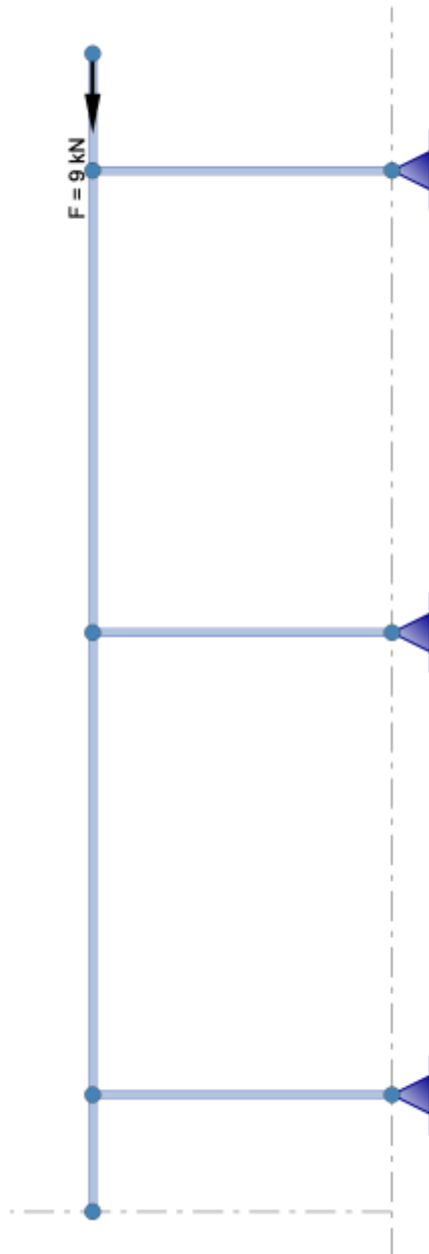




### 1.21.1 Staafbelastingen

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 KNOOPEN - 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**

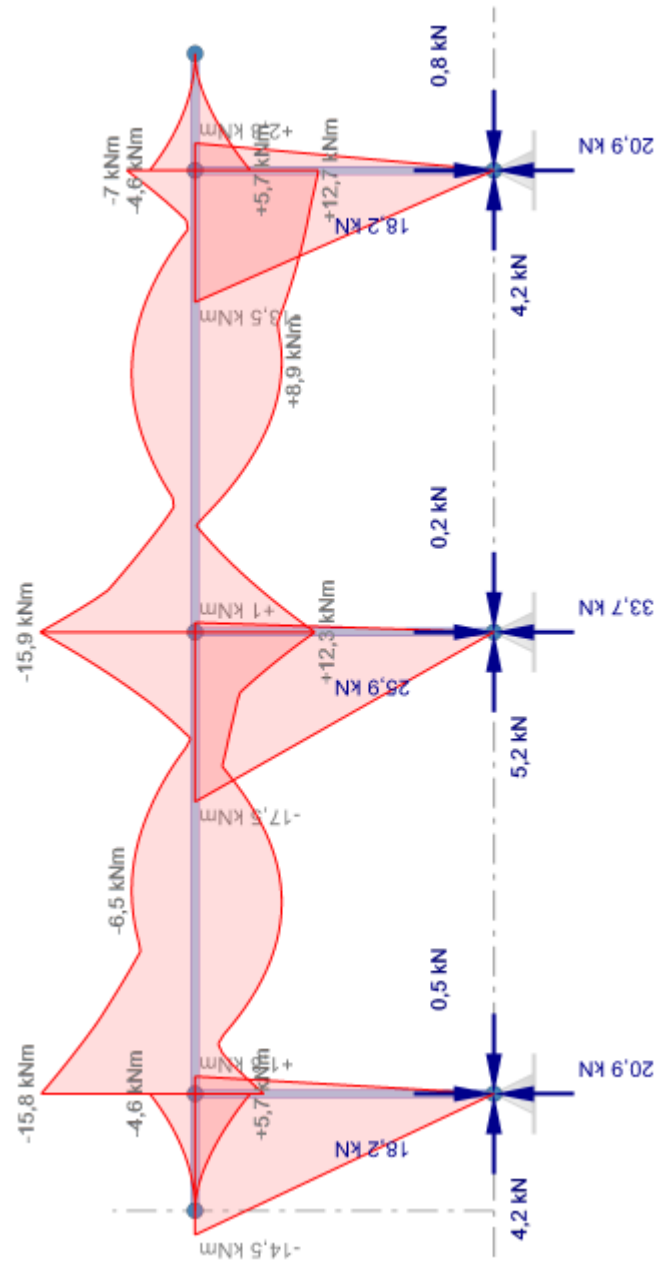
##### **(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling**

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	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50
1.2	1,00x1,35									
2.1	1,00x0,90									
2.2	1,00x0,90									
3.1	1,00x1,20									
3.2	1,00x1,20									
4.1	1,00x0,90									
4.2	1,00x0,90									
5.1	1,00x1,20									
5.2	1,00x1,20									
6.1	1,00x0,90	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50
6.2	1,00x0,90									
7.1	1,00x1,20									
7.2	1,00x1,20									
8.1	1,00x0,90									
8.2	1,00x0,90									
9.1	1,00x1,20									
9.2	1,00x1,20									
10.1	1,00x0,90									
10.2	1,00x0,90									
11.1	1,00x1,20	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50
11.2	1,00x1,20									
12.1	1,00x0,90									
12.2	1,00x0,90									
13.1	1,00x1,20									
13.2	1,00x1,20									
14.1	1,00x0,90									
14.2	1,00x0,90									
15.1	1,00x1,20									
15.2	1,00x1,20									
16.1	1,00x0,90	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50
16.2	1,00x0,90									
17.1	1,00x1,20									
17.2	1,00x1,20									
18.1	1,00x0,90									
18.2	1,00x0,90									
19.1	1,00x1,20									
19.2	1,00x1,20									
20.1	1,00x0,90									
20.2	1,00x0,90									
21.1	1,00x1,20	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50
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	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50	1,00x1,50
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									

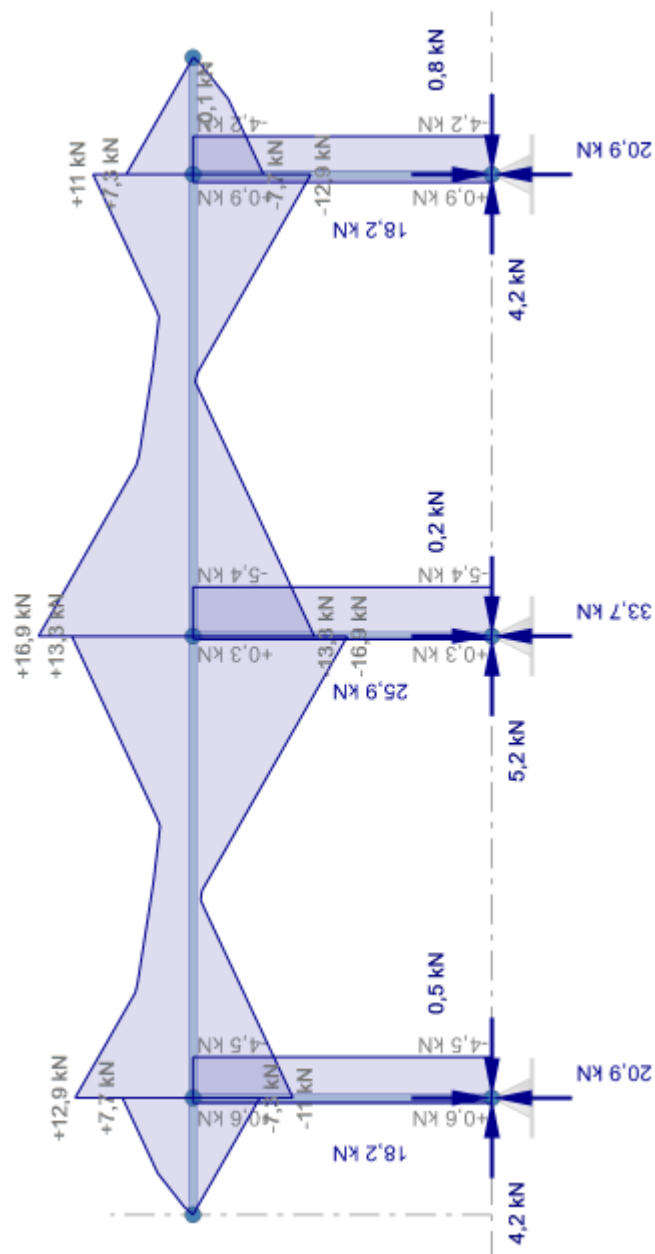
Combinatie nummer	Belasting ( $\psi$ x $\gamma$ )									
	11	12	13	14	15					
1.1										
1.2										
2.1										
2.2										
3.1										
3.2										
4.1										
4.2										
5.1										
5.2										
6.1										
6.2										
7.1										
7.2										
8.1										
8.2										
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					



### 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

C	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]
1	-0,357	<b>-18,204</b>	
2	0,571	<b>20,920</b>	
2	<b>-0,480</b>	-16,067	
2	<b>4,245</b>	10,683	
5	<b>-0,179</b>	33,665	



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

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

## 2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

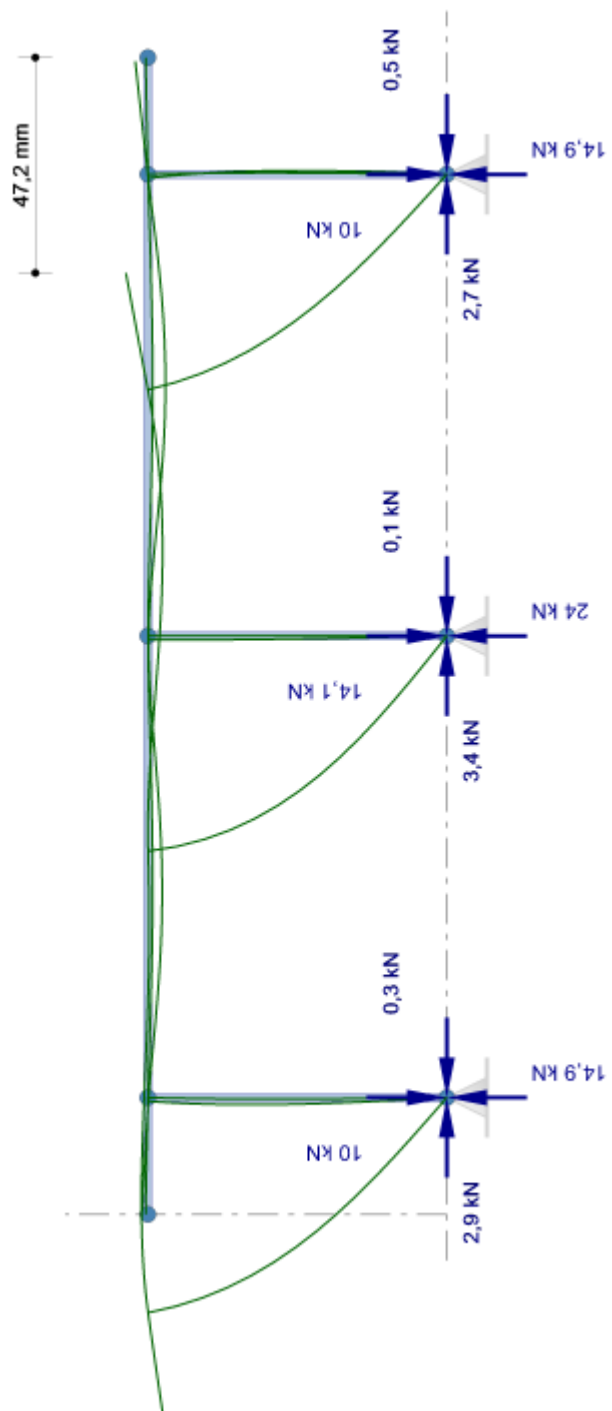
### 2.3.1 Belastingscombinaties

#### (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	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00	1,00x1,00
32	1,00x1,00									
33	1,00x1,00									
34	1,00x1,00									
35	1,00x1,00									
36	1,00x1,00									
37	1,00x1,00									
38	1,00x1,00									
39	1,00x1,00									
40	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									

[illegible]



### 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

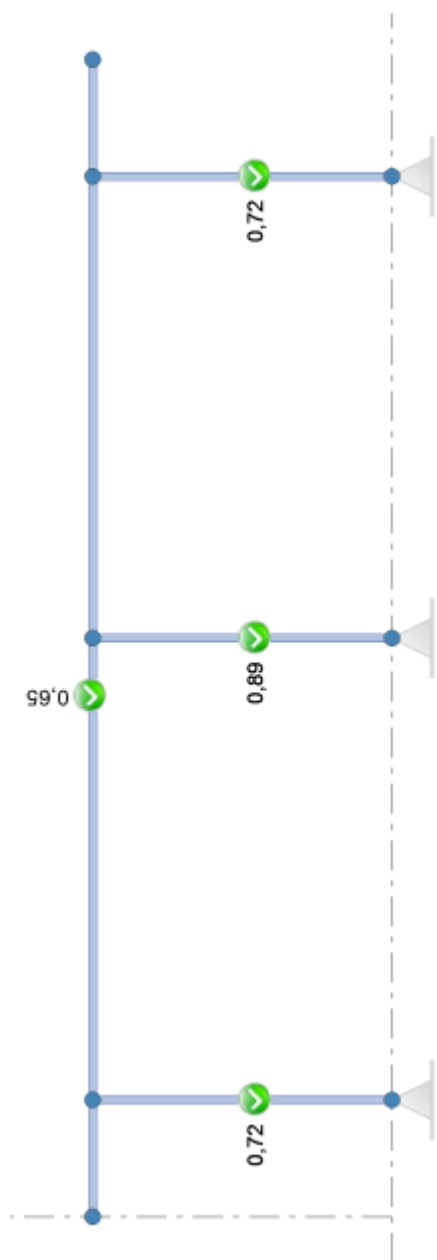
De toetsing van de staalprofielen een geometrische niet-lineaire imperfecties volgens art.5.3.2. (a)

## Omhullende verplaatsing

### 2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen

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

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





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

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

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

### Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 29.2  $x = 3230 \text{ mm}$   $N_x = -8,933 \text{ kN}$   $V_z = -5,403 \text{ kN}$   $M_y = -17,452 \text{ kNm}$

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

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

### Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 29.2  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -9,595 \text{ kN}$   $V_z = -5,403 \text{ kN}$   $M_y = 0 \text{ kNm}$

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

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

### Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 29.2  $x = 3230 \text{ mm}$   $N_x = -8,933 \text{ kN}$   $V_z = -5,403 \text{ kN}$   $M_y = -17,452 \text{ kNm}$

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

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

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  $x = 3230 \text{ mm}$   $N_x = -8,933 \text{ kN}$   $V_z = -5,403 \text{ kN}$   $M_y = -17,452 \text{ kNm}$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,02 \quad a_w = (A - 2 b t_f) / A = (2216,7 - 2 \times 80 \times 6) / 2216,7 = 0,5$$

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

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

### Prismatische, op buiging en druk belaste staven

art. 6.3.3

Combinatie: 29.2  $x = 3230 \text{ mm}$   $N_x = -9,595 \text{ kN}$   $V_z = -5,403 \text{ kN}$   $M_y = -17,452 \text{ kNm}$

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

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

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  $\alpha = 0,21$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$k_{zy} = 0$$

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

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

## Doorbuiging

$$\text{Combinatie: 45} \quad x = 1859,2 \text{ mm} \quad N_x = -7,681 \text{ kN} \quad V_z = -3,554 \text{ kN} \quad M_y = -6,608 \text{ kNm}$$

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

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

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

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

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

## 2.5.2 Staaf 4 - HE140B (S235)

### Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 29.1  $x = 11265 \text{ mm}$   $N_x = -13,5 \text{ kN}$   $V_z = 1,945 \text{ kN}$   $M_y = -1,183 \text{ kNm}$

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

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

### Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 13.2  $x = 6265 \text{ mm}$   $N_x = -0,72 \text{ kN}$   $V_z = 16,945 \text{ kN}$   $M_y = -15,902 \text{ kNm}$

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

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

### Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 13.2  $x = 6265 \text{ mm}$   $N_x = -0,72 \text{ kN}$   $V_z = 16,945 \text{ kN}$   $M_y = -15,902 \text{ kNm}$

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

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

### Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 13.2  $x = 6265 \text{ mm}$   $N_x = -0,72 \text{ kN}$   $V_z = 16,945 \text{ kN}$   $M_y = -15,902 \text{ kNm}$

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

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

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

### Buiging en normaalkracht

art. 6.2.9

$$\begin{aligned} \text{Combinatie: 29.2} \quad x &= 6265 \text{ mm} \quad N_x = -9,346 \text{ kN} \quad V_z = 9,039 \text{ kN} \quad M_y = -12,863 \text{ kNm} \\ N_{Ed} &< 0,25 N_{pl,Rd} = 0,25 \times 1010 = 252,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

(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 vloeiement hoeft niet in rekening te worden gebracht. (4)

### Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

$$\text{Combinatie: 13.2} \quad x = 6265 \text{ mm} \quad N_x = -0,72 \text{ kN} \quad V_z = 16,945 \text{ kN} \quad M_y = -15,902 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{Aantal kipsteunen: 0} \quad d' &= h - t = 140 - 12 = 128 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{128^2 \times 140^3 \times 12,0}{24} = 22 \times 10^9 \text{ mm}^6 \\ \text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t &= 201299 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

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

$$L_g = 12530 \text{ mm} \quad L_{st} = 12530 \text{ mm}$$

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

Berekende equivalente belasting  $q = -0,81 \text{ kN/m}$

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

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

aangrijpingspunt belasting op  $z = -70 \text{ mm}$

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

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

$$\begin{aligned} C &= \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left( \sqrt{1 + \left( \frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) = \\ &= \frac{\pi \times 1,13 \times 12530}{12530} \times \left( \sqrt{1 + \left( \frac{\pi^2 \times 590^2}{12530^2} \times (0,461^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0,461 \times 590}{12530} \right) = 3,837 \end{aligned} \quad (\text{NB.157})$$

$$h/t_w = 140/7 = 20 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad (\text{NB.153})$$

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

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

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

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

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

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

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

$$k_c = 0,94$$

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

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

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

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

### Prismatische, op buiging en druk belaste staven (maatgevend)

art. 6.3.3

$$\text{Combinatie: 29.2} \quad x = 1265 \text{ mm} \quad N_x = -13,5 \text{ kN} \quad V_z = 9,039 \text{ kN} \quad M_y = -15,777 \text{ kNm}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\varphi = M_z / M_1 = 0/0 = 1 \quad \alpha_h = M_h / M_s = 0/-12,863 = 0$$

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

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

$$\varphi = M_z / M_1 = 0/0 = 1 \quad \alpha_h = M_h / M_s = 0/-12,863 = 0$$

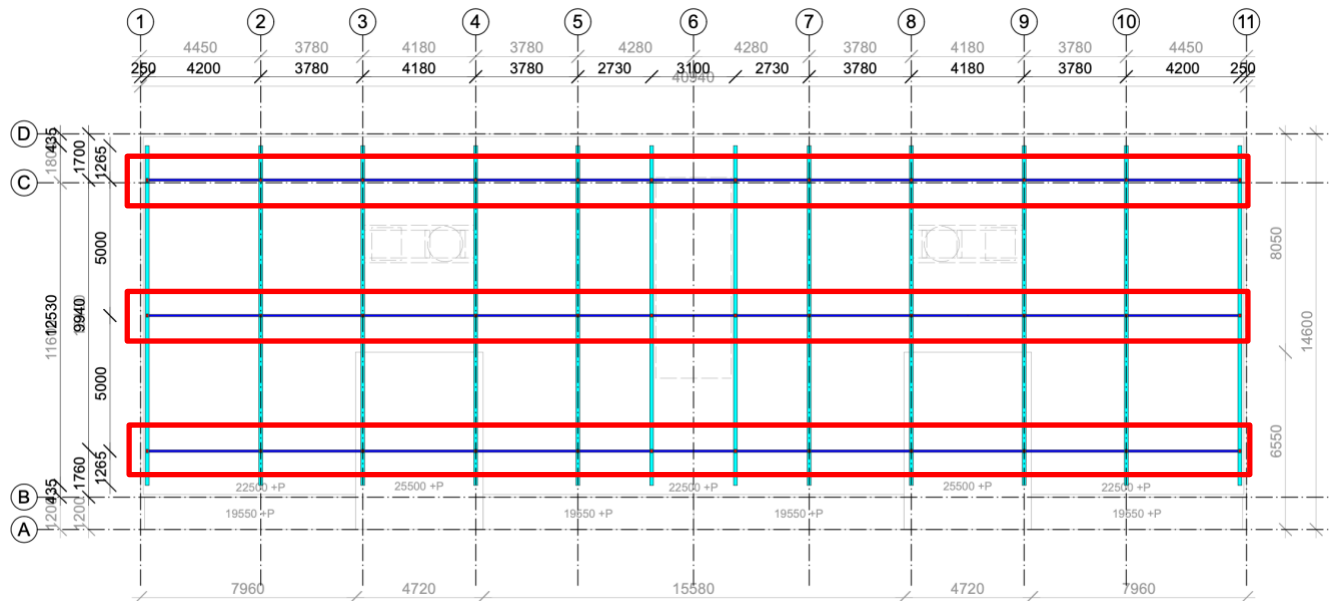
$$C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 0 = 0,95$$

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

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

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

## Berekening stalenportaal (zonnepanelen) Y-as



Constructieplan overkapping

### Belastingaannee stalenframe

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



## Berekening balk in de Y-richting

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

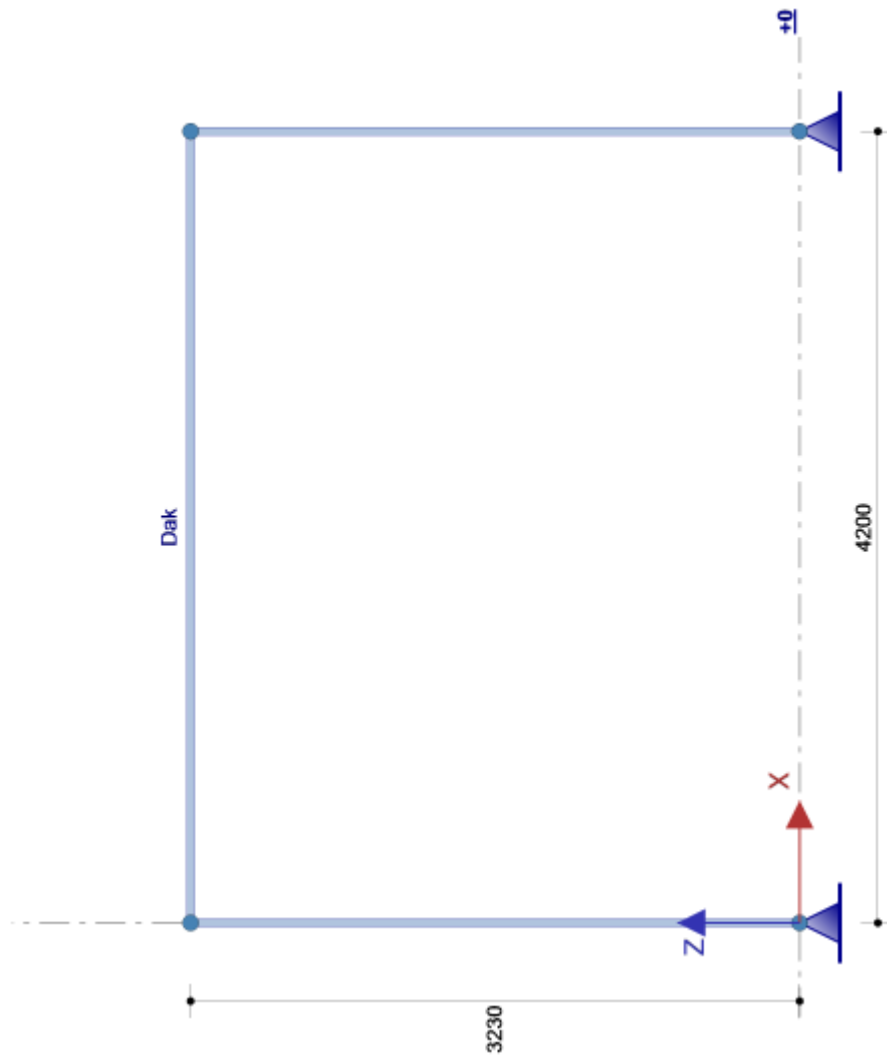
### Inhoudsopgave

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<sup>2</sup>




## 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			

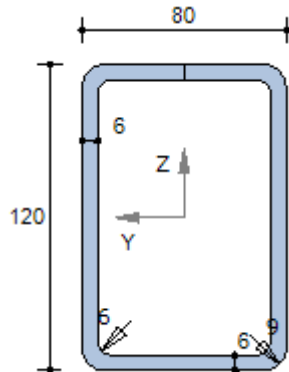
### 1.2 STAVEN

Staafl-nummer	Knoop		Staafl-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/mm <sup>2</sup> ]	A [mm <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ]	Wy;el_1 [mm <sup>3</sup> ]	Wy;el_2 [mm <sup>3</sup> ]
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

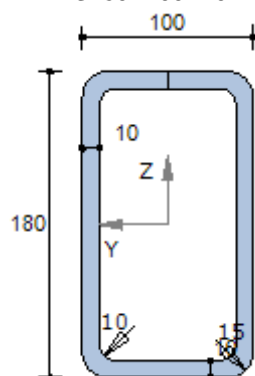
S235 (Warmgewalst)

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm<sup>2</sup>

#### Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y <sub>max</sub> =	40,0	mm	Z <sub>max</sub> =	60,0	mm
Minimale coördinaat	y <sub>min</sub> =	-40,0	mm	Z <sub>min</sub> =	-60,0	mm
Zwaartelij	z <sub>s</sub> =	0,0	mm	y <sub>s</sub> =	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A =	2216,7	mm <sup>2</sup>	G =	17,4	kg/m
Statisch moment	S <sub>y</sub> =	43632	mm <sup>3</sup>	S <sub>z</sub> =	32745	mm <sup>3</sup>
Traagheidsmoment	I <sub>y</sub> =	4230730	mm <sup>4</sup>	I <sub>z</sub> =	2221400	mm <sup>4</sup>
Traagheidsstraal	i <sub>y</sub> =	43,7	mm	i <sub>z</sub> =	31,7	mm
Elastisch weerstandsmoment	W <sub>y;el</sub> =	70512	mm <sup>3</sup>	W <sub>z;el</sub> =	55535	mm <sup>3</sup>
Centrifugaalmoment	C <sub>yz</sub> =	0	mm <sup>3</sup>	hoek =	0,00	graden
Traagheidsmoment	I <sub>max</sub> =	4230730	mm <sup>4</sup>	I <sub>min</sub> =	2221400	mm <sup>4</sup>
Traagheidsstraal	i <sub>max</sub> =	43,7	mm	i <sub>min</sub> =	31,7	mm
Halveringslijn	z <sub>h</sub> =	0,0	mm	y <sub>h</sub> =	0,0	mm
Plastisch weerstandsmoment	W <sub>y;pl</sub> =	87264	mm <sup>3</sup>	W <sub>z;pl</sub> =	65491	mm <sup>3</sup>

**HFRHS180X100X10****Materiaalgegevens**

Staalsoort

S235 (Warmgewalst)

Elasticiteitsmodulus

E = 210000 N/mm<sup>2</sup>**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<sup>2</sup> G = 40,0 kg/m

Statisch moment

 $S_y = 143929$  mm<sup>3</sup>  $S_z = 94091$  mm<sup>3</sup>

Traagheidsmoment

 $I_y = 20353201$  mm<sup>4</sup>  $I_z = 7871540$  mm<sup>4</sup>

Traagheidsstraal

 $i_y = 63,2$  mm  $i_z = 39,3$  mm

Elastisch weerstandsmoment

 $W_{y,el} = 226147$  mm<sup>3</sup>  $W_{z,el} = 157431$  mm<sup>3</sup>

Centrifugaalmoment

 $C_{yz} = 0$  mm<sup>3</sup> hoek = 0,00 graden

Traagheidsmoment

 $I_{max} = 20353201$  mm<sup>4</sup>  $I_{min} = 7871540$  mm<sup>4</sup>

Traagheidsstraal

 $i_{max} = 63,2$  mm  $i_{min} = 39,3$  mm

Halveringslijn

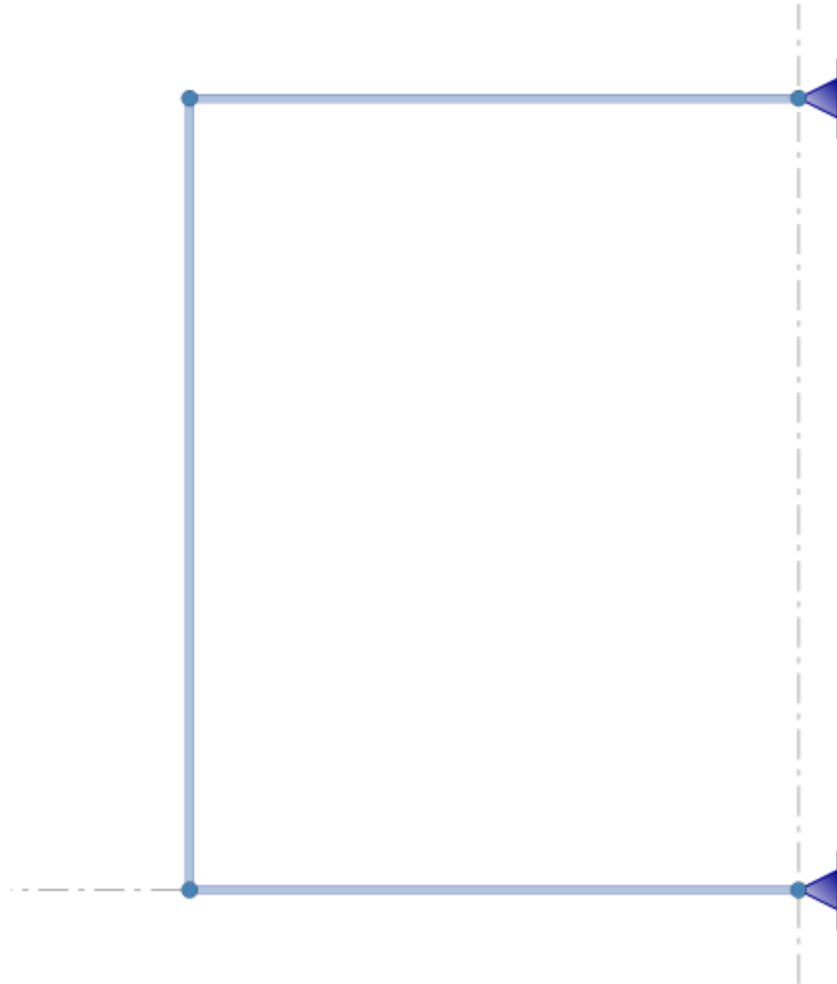
 $z_h = 0,0$  mm  $y_h = 0,0$  mm

Plastisch weerstandsmoment

 $W_{y,pl} = 287859$  mm<sup>3</sup>  $W_{z,pl} = 188183$  mm<sup>3</sup>**1.4 BELASTINGSGEVALLEN**

Nr.	Omschrijving	Type	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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



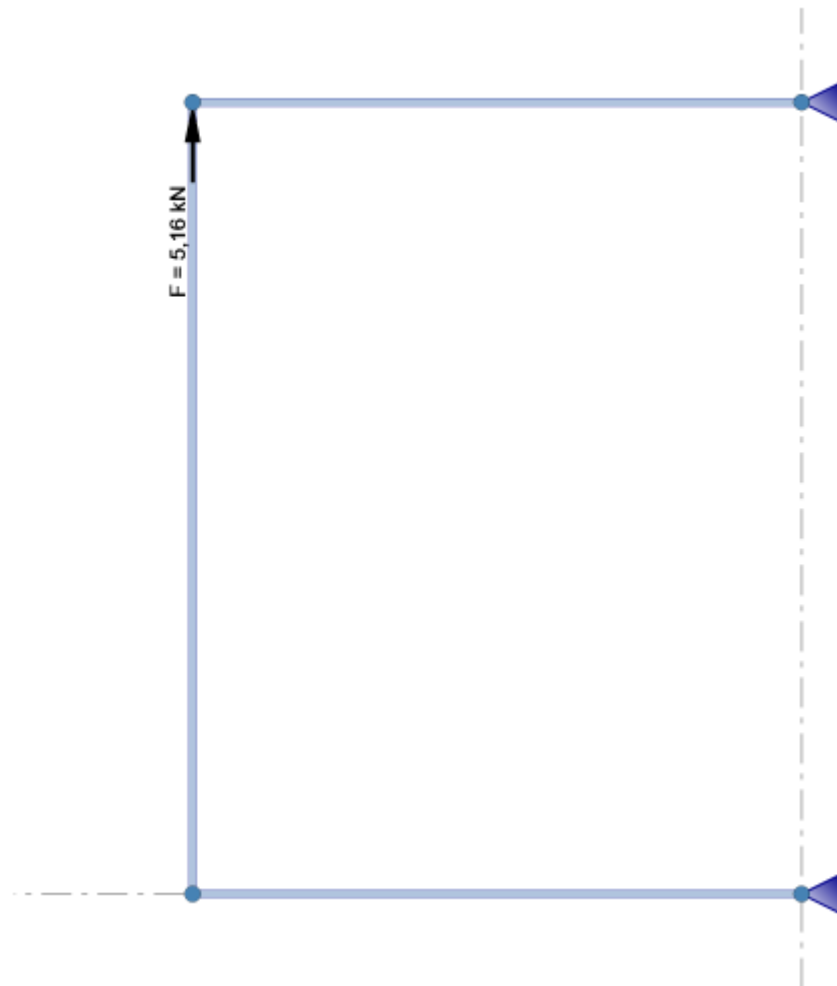
\*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

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	$F_x$ [kN]	$F_z$ [kN]	$M_y$ [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**

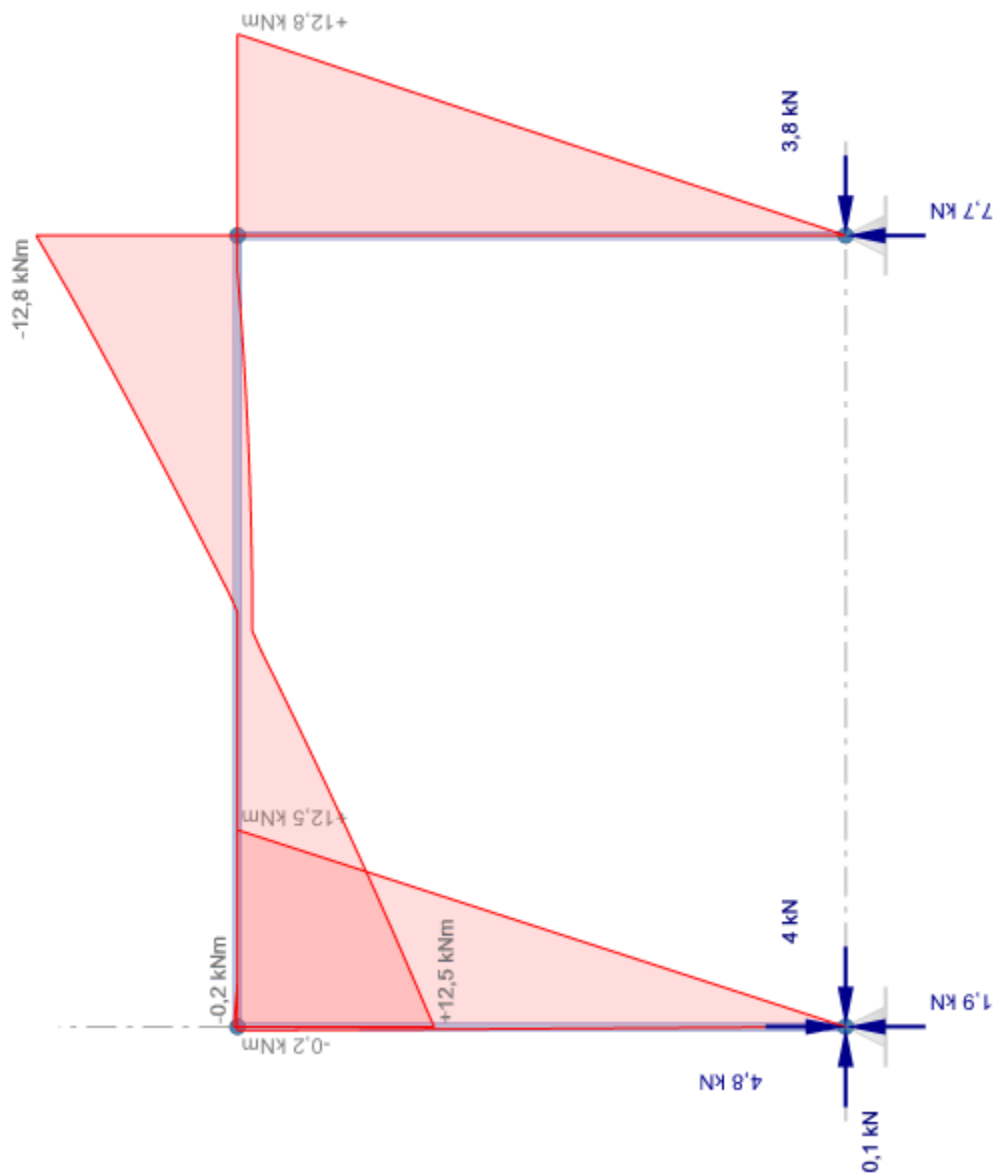
##### **(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling**

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

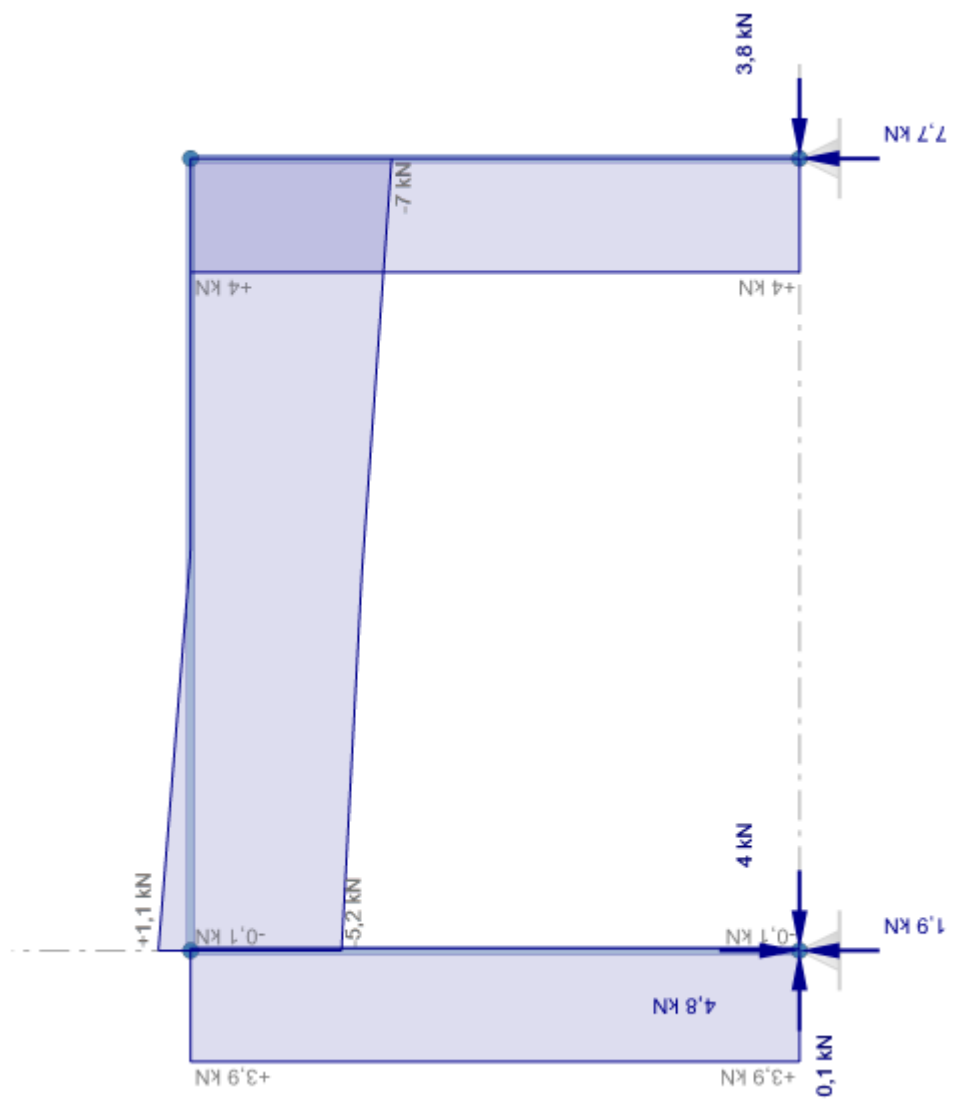
Combinatie nummer
1.1
1.2
2.1
2.2
3.1
3.2
4.1
4.2



C	Belasting ( $\psi \times \gamma$ )				
n	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**



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	<b>0,073</b>	1,847	
1.2	0,066	<b>1,865</b>	
4.1	<b>-3,968</b>	<b>-4,753</b>	
2.1	<b>-0,044</b>	1,243	
2.2	-0,049	<b>1,232</b>	
3.1	-3,781	<b>7,653</b>	
3.2	<b>-3,848</b>	7,639	
Minimale / maximale waarden			
4.1	<b>-3,968</b>		
1.1	<b>0,073</b>		
4.1		<b>-4,753</b>	
3.1		<b>7,653</b>	

### 2.2.3 Omhullende

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

## 2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN

### 2.3.1

#### (GNL) Geometrisch niet-lineaire

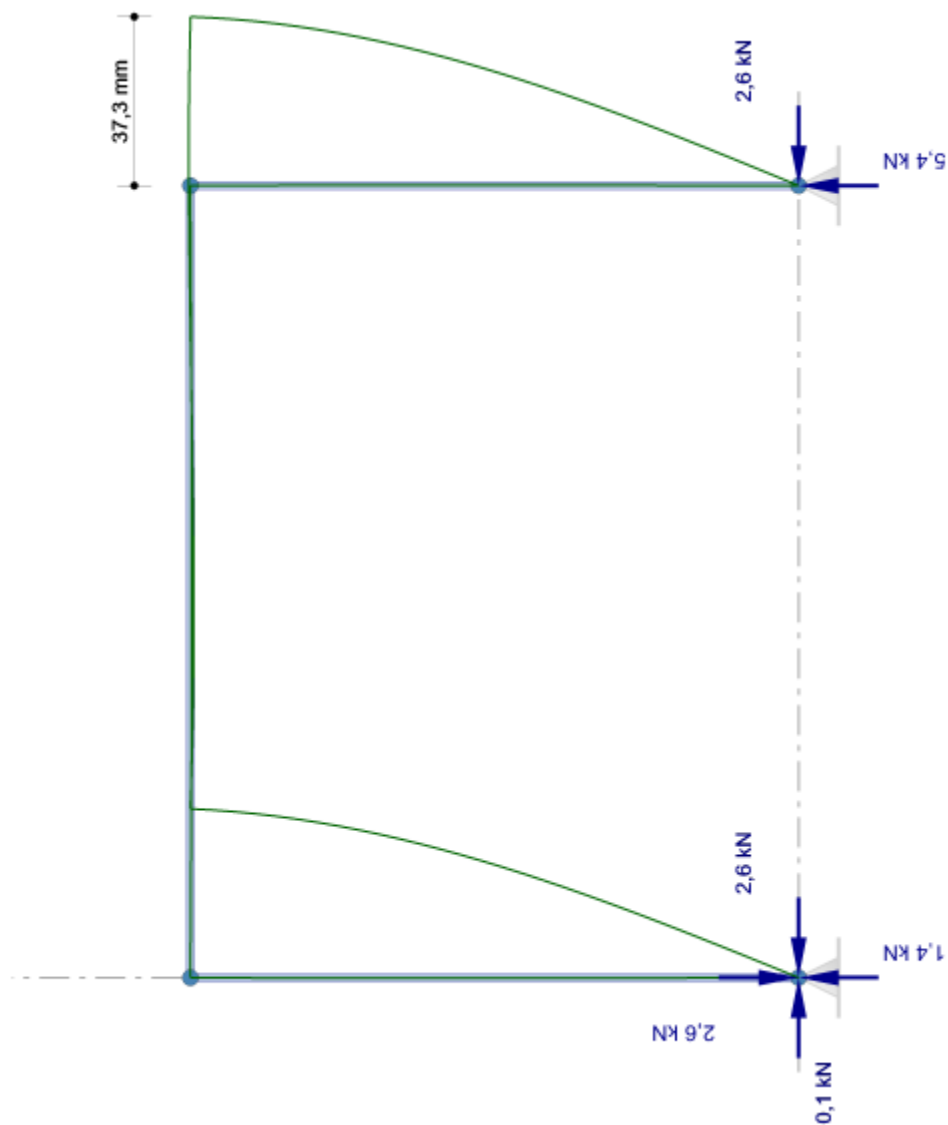
C nu	Omschrijving	Type
5	Permanent	BGT
6	Windbelasting	BGT
7	BGT Blijvend	BGT Blijvend

Combinatie nummer
5
6
7

### 2.3.2

Knoop- nummer
1
2
3

C	Belasting ( $\psi \times \gamma$ )			
nu	1	2		
5	1,00x1,00			
6	1,00x1,00	1,00x1,00		
7	1,00x1,00			



Omhullende verplaatsing

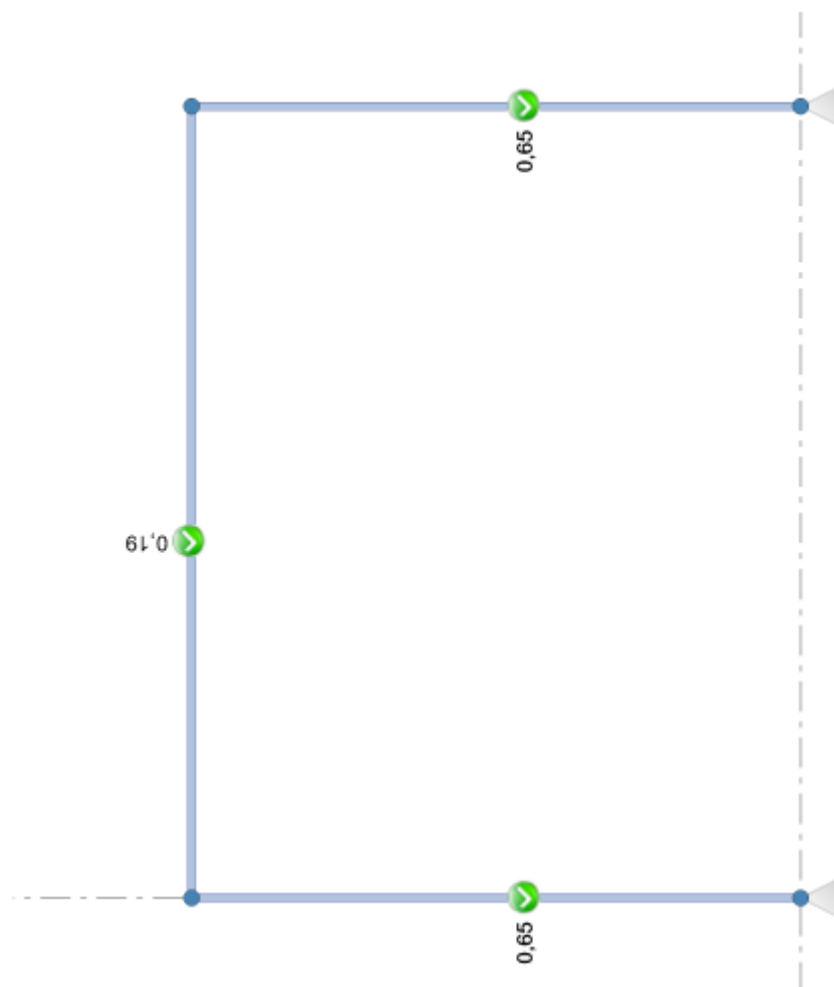
### 2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen

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	<b>37,3</b>	<b>0,0</b>	<b>-1,6</b>
4	5	0,0	<b>0,0</b>	0,2
	6	<b>37,3</b>	<b>0,0</b>	<b>-1,2</b>
	7	<b>0,0</b>	0,0	<b>0,2</b>
Minimale / maximale waarden				
4	7	<b>0,0</b>		
4	6	<b>37,3</b>		
4	6		<b>0,0</b>	
3	6		<b>0,0</b>	
2	6			<b>-16,8</b>
4	7			<b>0,2</b>

## 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)



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

Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	HFRHS120X80X6	4.1	1	6.2.3	0,01
		4.1	1	6.2.5	0,61
		4.1	1	6.2.6	0,02
		4.1	1	6.2.8	0,61
		4.1	1	6.2.9.1	0,61
		1.2	1	6.3.3	0,01
		6		Doorbuiging	0,48
		6		Doorbuiging	0,65
2	HFRHS120X80X6	3.2	1	6.2.4	0,01
		3.1	1	6.2.5	0,62
		3.1	1	6.2.6	0,02
		3.1	1	6.2.8	0,62
		3.1	1	6.2.9.1	0,62
		3.1	1	6.3.3	0,40
		6		Doorbuiging	0,50
		6		Doorbuiging	0,65
3	HFRHS180X100X10	3.1	1	6.2.5	0,19
		3.1	1	6.2.6	0,02
		3.1	1	6.2.8	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  $x = 3230 \text{ mm}$   $N_x = 5,269 \text{ kN}$   $V_z = 3,861 \text{ kN}$   $M_y = 12,471 \text{ kNm}$

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

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

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  $x = 3230 \text{ mm}$   $N_x = 5,269 \text{ kN}$   $V_z = 3,861 \text{ kN}$   $M_y = 12,471 \text{ kNm}$   
 $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,01$   $a_w = (A - 2 b t_f) / A = (2216,7 - 2 \times 80 \times 6) / 2216,7 = 0,5$

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

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

### Prismatische, op buiging en druk belaste staven

art. 6.3.3

Combinatie: 1.2  $x = 3230 \text{ mm}$   $N_x = -1,864 \text{ kN}$   $V_z = -0,075 \text{ kN}$   $M_y = -0,242 \text{ kNm}$

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

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

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  $z-z$   $a$   $\alpha = 0,21$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$k_{zy} = 0$$

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

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

## Doorbuiging

$$\text{Combinatie: 6} \quad x = 1860,2 \text{ mm} \quad N_x = 2,935 \text{ kN} \quad V_z = 2,55 \text{ kN} \quad M_y = 4,743 \text{ kNm}$$

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

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

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

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

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

## 2.5.2 Staaf 3 - HFRHS180X100X10 (S235)

### Buigend moment (maatgevend)

art. 6.2.5

$$\text{Combinatie: 3.1} \quad x = 4200 \text{ mm} \quad N_x = 3,955 \text{ kN} \quad V_z = -6,992 \text{ kN} \quad M_y = -12,766 \text{ kNm}$$

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

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

### Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

$$\text{Combinatie: 3.1} \quad x = 4200 \text{ mm} \quad N_x = 3,955 \text{ kN} \quad V_z = -6,992 \text{ kN} \quad M_y = -12,766 \text{ kNm}$$

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

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

### Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 3.1  $x = 4200 \text{ mm}$   $N_x = 3,955 \text{ kN}$   $V_z = -6,992 \text{ kN}$   $M_y = -12,766 \text{ kNm}$

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

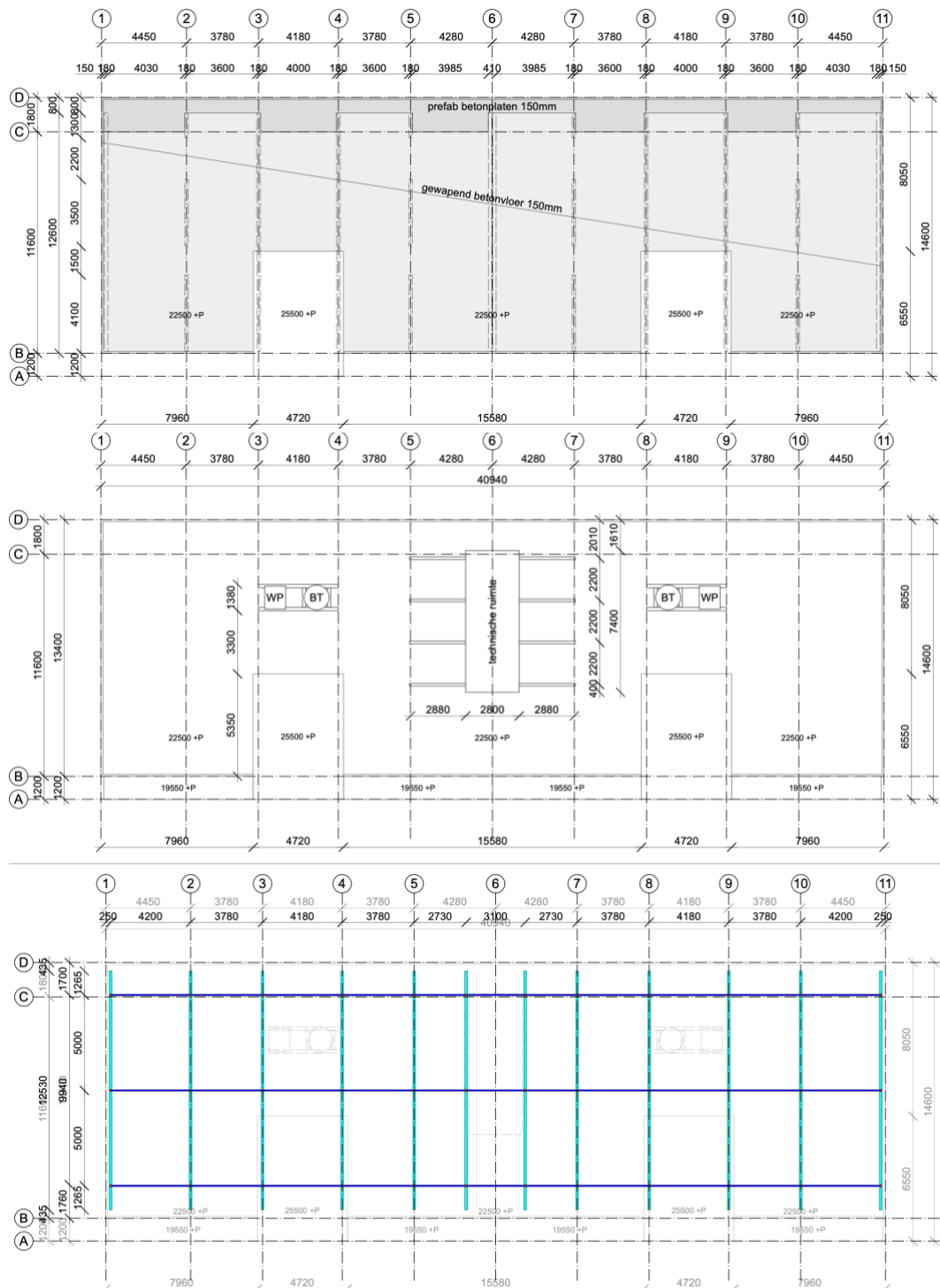
$$V_{z,Ed} = 6,992 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 444,130 / 2 = 222,065 \text{ kN}$$

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

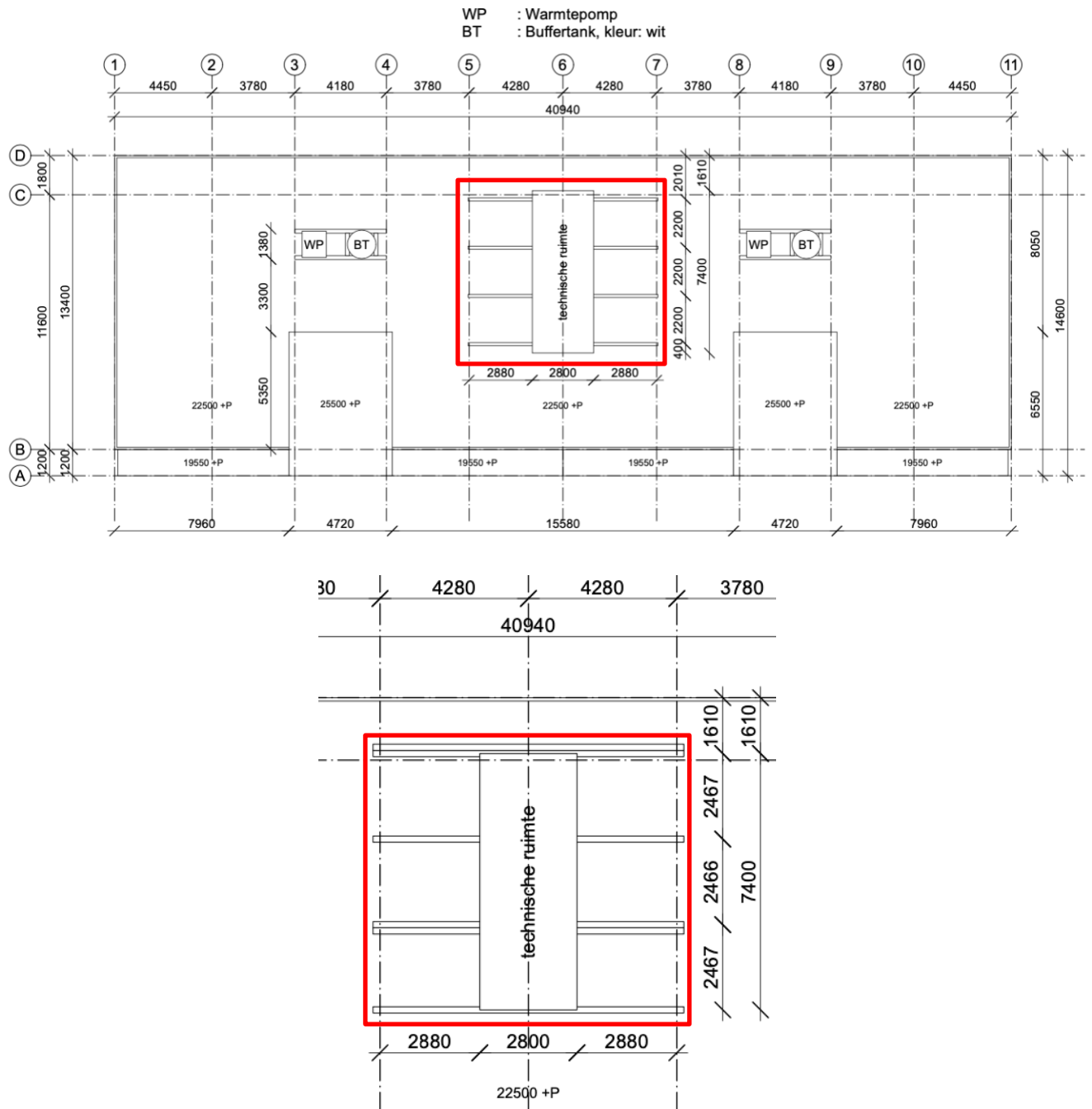
## Controle bestand dakvloer

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 ( $2,48 \text{ kN/m}^2 \times 2,47 \text{ m}$ ) 6,13 kN/m1
- Veranderlijke belasting bluswater ( $4,00 \text{ kN/m}^2 \times 2,47 \text{ m}$ ) 9,88 kN/m1

# Berekening stalenbalk t.b.v. opvang technische ruimte

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

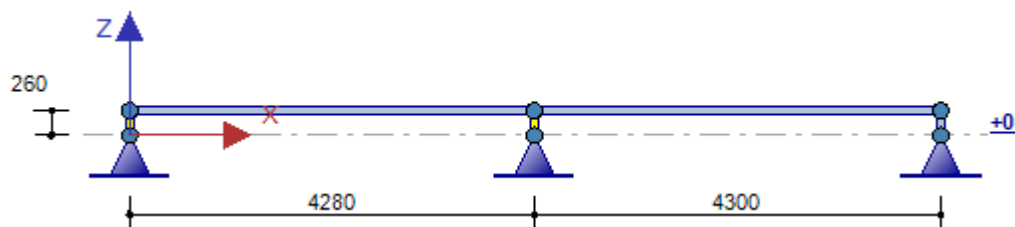
## Inhoudsopgave

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<sup>2</sup>





## 1 Invoergegevens



### 1.1 KNOPEN

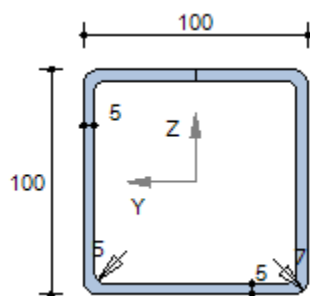
Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	0	0	A	A	
2	4280	0	A	A	
3	8580	0	A	A	
4	0	260			
5	4280	260			
6	8580	260			

### 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

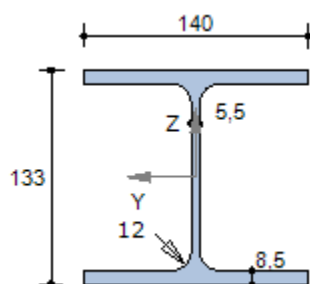
Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	A [mm <sup>2</sup> ]	Iy [mm <sup>4</sup> ]	Wy;el_1 [mm <sup>3</sup> ]	Wy;el_2 [mm <sup>3</sup> ]
1	HFRHS100X100X5	14,8	210000	1,879E3	2,8074E6	5,6148E4	5,6148E4
2	HE140A	24,7	210000	3,144E3	1,0338E7	1,5546E5	1,5546E5

**HFRHS100X100X5****Materiaalgegevens**

Staalsoort	S235	(Warmgewalst)	
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000 N/mm <sup>2</sup>

**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
Zwaartelij	$z_s$	=	0,0	mm	$y_s$	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	1879,0	mm <sup>2</sup>	G	=	14,8	kg/m
Statisch moment	$S_y$	=	33317	mm <sup>3</sup>	$S_z$	=	33317	mm <sup>3</sup>
Traagheidsmoment	$I_y$	=	2807408	mm <sup>4</sup>	$I_z$	=	2807408	mm <sup>4</sup>
Traagheidsstraal	$i_y$	=	38,7	mm	$i_z$	=	38,7	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y,el}$	=	56148	mm <sup>3</sup>	$W_{z,el}$	=	56148	mm <sup>3</sup>
Centrifugaalmoment	$C_{yz}$	=	0	mm <sup>3</sup>	hoek	=	45,00	graden
Traagheidsmoment	$I_{max}$	=	2807408	mm <sup>4</sup>	$I_{min}$	=	2807408	mm <sup>4</sup>
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 <sup>3</sup>	$W_{z,pl}$	=	66635	mm <sup>3</sup>

**HE140A****Materiaalgegevens**

Staalsoort	S235	(Warmgewalst)	
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000 N/mm <sup>2</sup>

**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
Zwaartelij	$z_s$	=	0,0	mm	$y_s$	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	3143,9	mm <sup>2</sup>	G	=	24,7	kg/m
Statisch moment	$S_y$	=	86809	mm <sup>3</sup>	$S_z$	=	42432	mm <sup>3</sup>
Traagheidsmoment	$I_y$	=	10337922	mm <sup>4</sup>	$I_z$	=	3893360	mm <sup>4</sup>

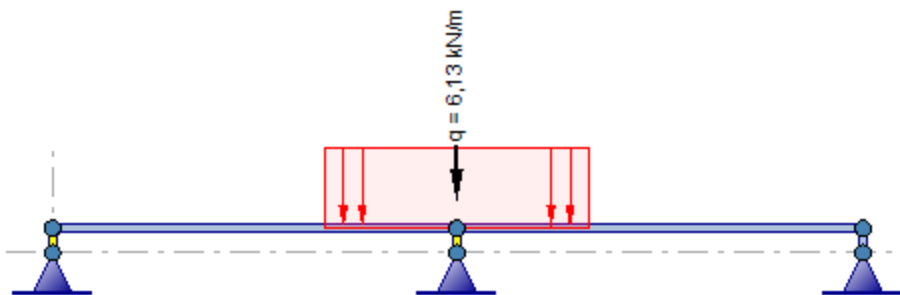


Traagheidsstraal	$i_y$	=	57,3	mm	$i_z$	=	35,2	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y,el}$	=	155457	mm <sup>3</sup>	$W_{z,el}$	=	55619	mm <sup>3</sup>
Centrifugaalmoment	$C_{yz}$	=	0	mm <sup>3</sup>	hoek	=	0,00	graden
Traagheidsmoment	$I_{max}$	=	10337922	mm <sup>4</sup>	$I_{min}$	=	3893360	mm <sup>4</sup>
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 <sup>3</sup>	$W_{z,pl}$	=	84865	mm <sup>3</sup>

#### 1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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



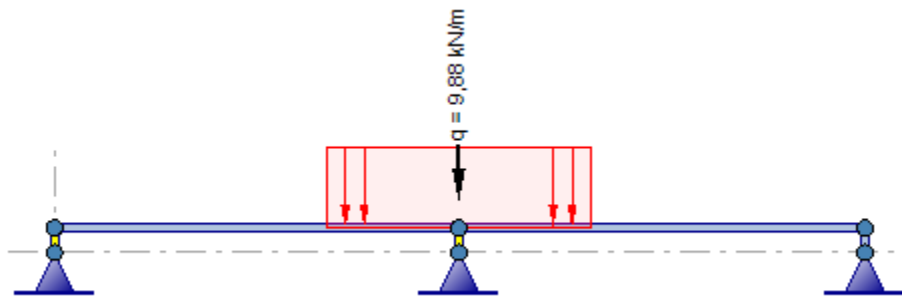
\*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

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**

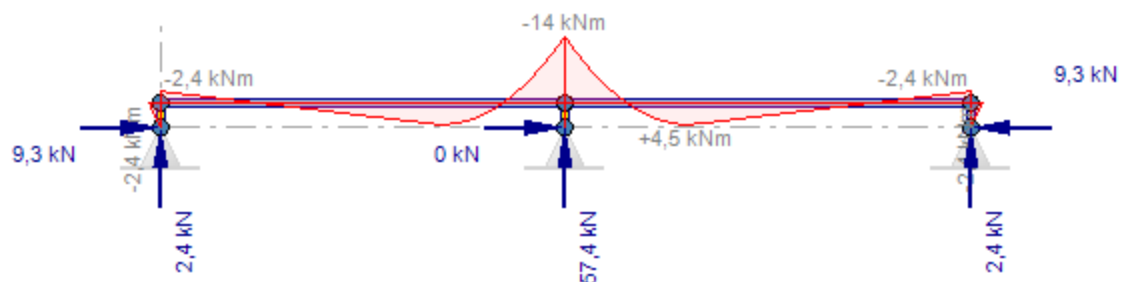
### **2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)**

#### **2.1.1 Belastingscombinaties**

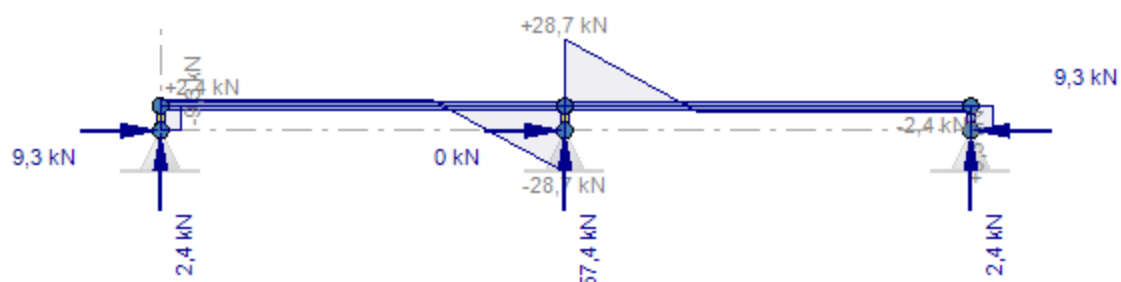
##### **(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling**

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

Combinatie nummer	Belasting ( $\psi \times \gamma$ )				
	1	2			
1	1,00x1,35	0,40x1,50			
2	1,00x1,20	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	5,930	1,569	
	2	9,261	2,415	
2	1	0,023	36,792	
	2	0,036	57,410	
3	1	-5,953	1,561	
	2	-9,297	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	1		1,569	-5,929	0,000
	2	1		2,415	-9,260	0,000
	1	4		-1,518	5,929	-1,542
	2	4		-2,370	9,260	-2,408

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

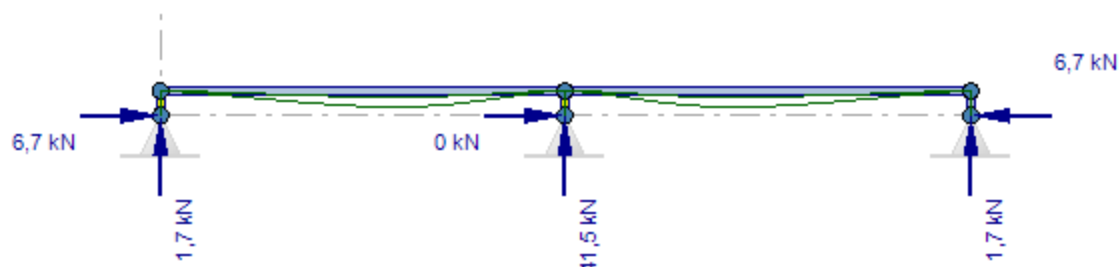
## 2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

### 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 ( $\psi \times \gamma$ )				
	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	1	6.2.4	0,01
		2	1	6.2.5	0,15
		2	1	6.2.6	0,07
		2	1	6.2.8	0,15
		2	1	6.2.9.1	0,15
		2	1	6.3.3	0,10
2	HFRHS100X100X5	2	1	6.2.4	0,13
		2	1	6.2.8	0,00
		2	1	6.2.9.1	0,00
		2	1	6.3.3	0,13
3	HFRHS100X100X5	2	1	6.2.4	0,01
		2	1	6.2.5	0,15
		2	1	6.2.6	0,07
		2	1	6.2.8	0,15
		2	1	6.2.9.1	0,15
		2	1	6.3.3	0,10
4	HE140A	2	1	6.2.4	0,01
		2	1	6.2.5	0,34
		2	1	6.2.6	0,21
		2	1	6.2.8	0,34
		2	1	6.2.9.1	0,34
		2	1	6.3.2.1	0,53
		2	1	6.3.3	0,63

## 2.4 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

### 2.4.1 Staaf 3 - HFRHS100X100X5

#### Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 2  $x = 260 \text{ mm}$   $N_x = -2,404 \text{ kN}$   $V_z = 9,296 \text{ kN}$   $M_y = 0 \text{ kNm}$

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

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

#### Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 2  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -2,359 \text{ kN}$   $V_z = 9,296 \text{ kN}$   $M_y = -2,417 \text{ kNm}$

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

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

### Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 2  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -2,359 \text{ kN}$   $V_z = 9,296 \text{ kN}$   $M_y = -2,417 \text{ kNm}$

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

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

### Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 2  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -2,359 \text{ kN}$   $V_z = 9,296 \text{ kN}$   $M_y = -2,417 \text{ kNm}$

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

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

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  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -2,359 \text{ kN}$   $V_z = 9,296 \text{ kN}$   $M_y = -2,417 \text{ kNm}$   
 $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,01$   $a_w = (A - 2 b t_f) / A = (1879 - 2 \times 100 \times 5) / 1879 = 0,47$

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

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

### Prismatische, op buiging en druk belaste staven

art. 6.3.3

Combinatie: 2  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -2,404 \text{ kN}$   $V_z = 9,296 \text{ kN}$   $M_y = -2,417 \text{ kNm}$

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

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

Knikkromme  $y-y$   $a$   $\alpha = 0,21$



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

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

Knikkromme  $z-z$   $\alpha = 0,21$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$k_{zy} = 0$$

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

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

## 2.4.2 Staaf 4 - HE140A

### Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 2  $x = 4280 \text{ mm}$   $N_x = -9,297 \text{ kN}$   $V_z = 28,688 \text{ kN}$   $M_y = -14,007 \text{ kNm}$

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

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

### Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 2  $x = 4280 \text{ mm}$   $N_x = -9,297 \text{ kN}$   $V_z = 28,688 \text{ kN}$   $M_y = -14,007 \text{ kNm}$

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

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

### Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 2  $x = 4280 \text{ mm}$   $N_x = -9,297 \text{ kN}$   $V_z = 28,688 \text{ kN}$   $M_y = -14,007 \text{ kNm}$

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

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

### Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 2  $x = 4280 \text{ mm}$   $N_x = -9,297 \text{ kN}$   $V_z = 28,688 \text{ kN}$   $M_y = -14,007 \text{ kNm}$

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

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

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  $x = 4280 \text{ mm}$   $N_x = -9,297 \text{ kN}$   $V_z = 28,688 \text{ kN}$   $M_y = -14,007 \text{ kNm}$

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

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

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

### Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 2  $x = 4280 \text{ mm}$   $N_x = -9,297 \text{ kN}$   $V_z = 28,466 \text{ kN}$   $M_y = -14,007 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0 \quad d' = h - t = 133 - 8,5 = 124,5 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{(124,5)^2 \times 140^3 \times 8,5}{24} = 15064 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

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

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

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

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

Berekende equivalente belasting  $q = 1,229 \text{ kN/m}$

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

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

aangrijpingspunt belasting op  $z = -67 \text{ mm}$

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

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

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

$$= \frac{\pi \times 1,107 \times 8580}{8580} \times \left( \sqrt{1 + \left( \frac{\pi^2 \times 740^2}{8580^2} \times (0,373^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times 0,373 \times 740}{8580} \right) = 3,974 \quad \text{(NB.157)}$$

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

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} =$$

$$= 1 \times \frac{3,974}{8580} \times \sqrt{210000 \times 3893360 \times 80769 \times 81643} \times 10^{-6} = 34,007 \text{ kNm} \quad \text{(NB.148)}$$

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

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

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

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

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

$$\Psi = \frac{M_1}{M_2} = \frac{-2,408}{-2,417} = 0,996 \quad k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 \Psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 \times 0,996} = 0,999$$

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

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

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

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

### Prismatische, op buiging en druk belaste staven

art. 6.3.3

Combinatie: 2  $x = 4280 \text{ mm}$   $N_x = -9,297 \text{ kN}$   $V_z = 28,466 \text{ kN}$   $M_y = -14,007 \text{ kNm}$

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

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

Knikkromme  $y-y$   $b$   $\alpha = 0,34$

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

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

Knikkromme  $z-z$   $c$   $\alpha = 0,49$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

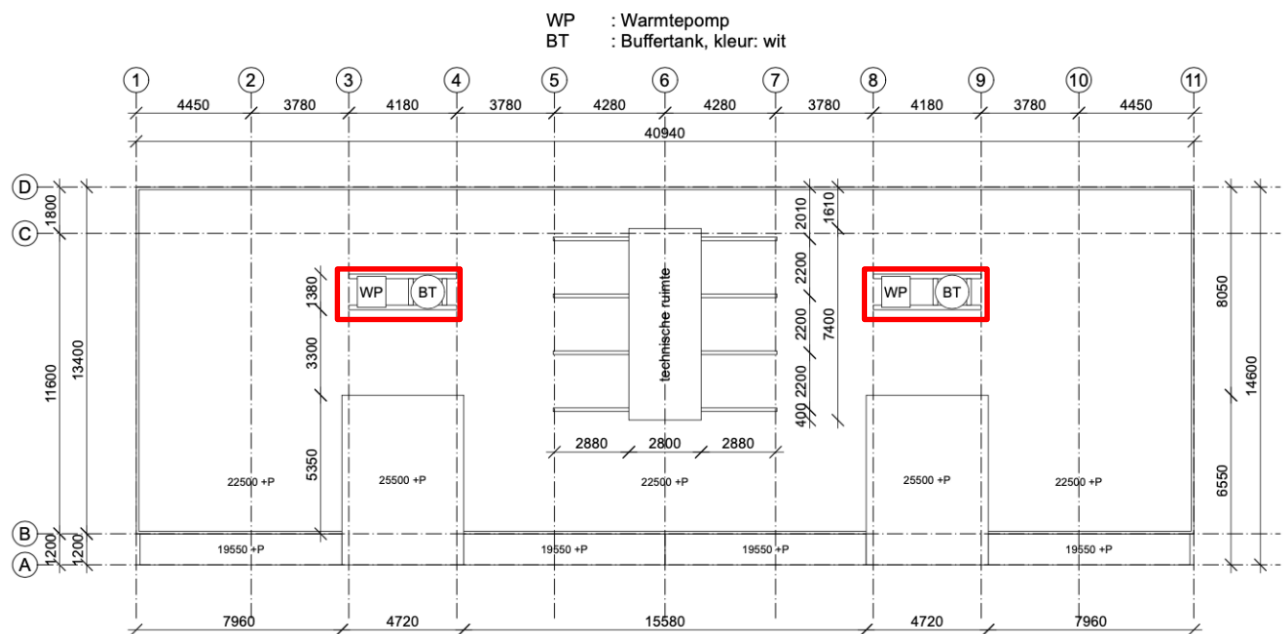
$$C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 0,18 = 0,959$$

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

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

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

## 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

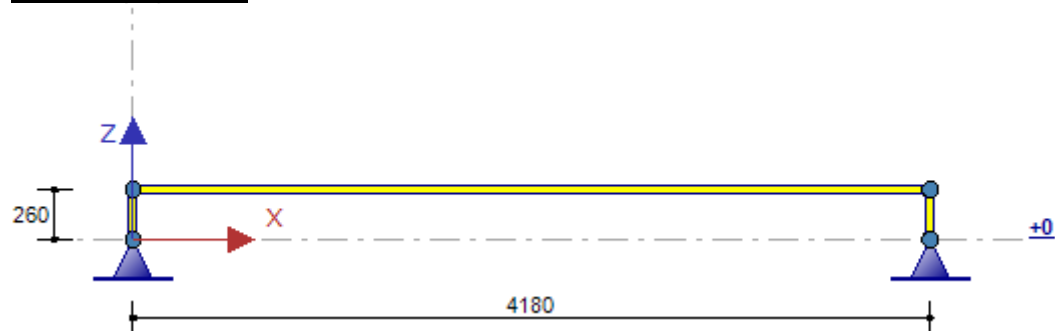
Bestand :.....Berekening portaal t.b.v. opvang installatie.xfr2

### 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

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


## 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			

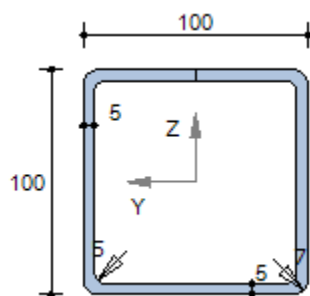
## 1.2 STAVEN

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

Profielnummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	A [mm <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ]	Wy <sub>el_1</sub> [mm <sup>3</sup> ]	Wy <sub>el_2</sub> [mm <sup>3</sup> ]
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

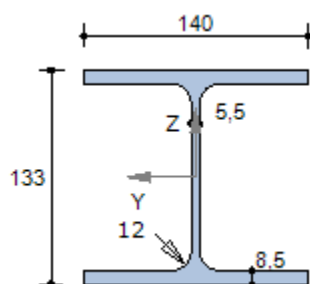


**HFRHS100X100X5****Materiaalgegevens**

Staalsoort	S235	(Warmgewalst)	
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000 N/mm <sup>2</sup>

**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
Zwaartelij	$z_s$	=	0,0	mm	$y_s$	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	1879,0	mm <sup>2</sup>	G	=	14,8	kg/m
Statisch moment	$S_y$	=	33317	mm <sup>3</sup>	$S_z$	=	33317	mm <sup>3</sup>
Traagheidsmoment	$I_y$	=	2807408	mm <sup>4</sup>	$I_z$	=	2807408	mm <sup>4</sup>
Traagheidsstraal	$i_y$	=	38,7	mm	$i_z$	=	38,7	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y,el}$	=	56148	mm <sup>3</sup>	$W_{z,el}$	=	56148	mm <sup>3</sup>
Centrifugaalmoment	$C_{yz}$	=	0	mm <sup>3</sup>	hoek	=	45,00	graden
Traagheidsmoment	$I_{max}$	=	2807408	mm <sup>4</sup>	$I_{min}$	=	2807408	mm <sup>4</sup>
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 <sup>3</sup>	$W_{z,pl}$	=	66635	mm <sup>3</sup>

**HE140A****Materiaalgegevens**

Staalsoort	S235	(Warmgewalst)	
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000 N/mm <sup>2</sup>

**Doorsnedegegevens**

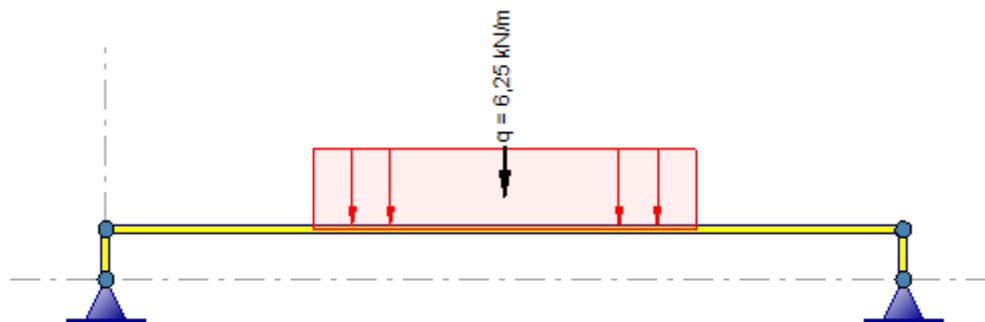
Maximale coördinaat	$y_{max}$	=	70,0	mm	$z_{max}$	=	66,5	mm
Minimale coördinaat	$y_{min}$	=	-70,0	mm	$z_{min}$	=	-66,5	mm
Zwaartelij	$z_s$	=	0,0	mm	$y_s$	=	0,0	mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	3143,9	mm <sup>2</sup>	G	=	24,7	kg/m
Statisch moment	$S_y$	=	86809	mm <sup>3</sup>	$S_z$	=	42432	mm <sup>3</sup>
Traagheidsmoment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

Traagheidsstraal	$i_y$	=	57,3	mm	$i_z$	=	35,2	mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y,el}$	=	155457	mm <sup>3</sup>	$W_{z,el}$	=	55619	mm <sup>3</sup>
Centrifugaalmoment	$C_{yz}$	=	0	mm <sup>3</sup>	hoek	=	0,00	graden
Traagheidsmoment	$I_{max}$	=	10337922	mm <sup>4</sup>	$I_{min}$	=	3893360	mm <sup>4</sup>
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 <sup>3</sup>	$W_{z,pl}$	=	84865	mm <sup>3</sup>

## 1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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**

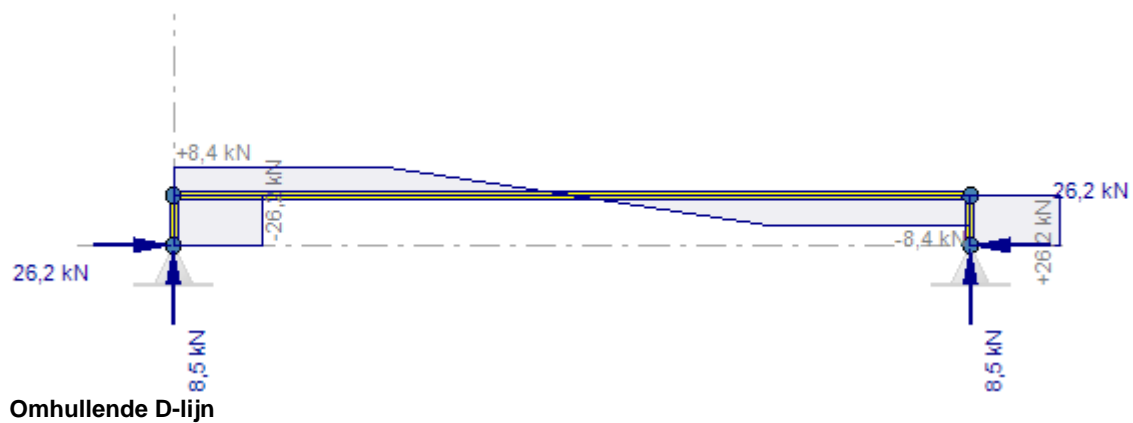
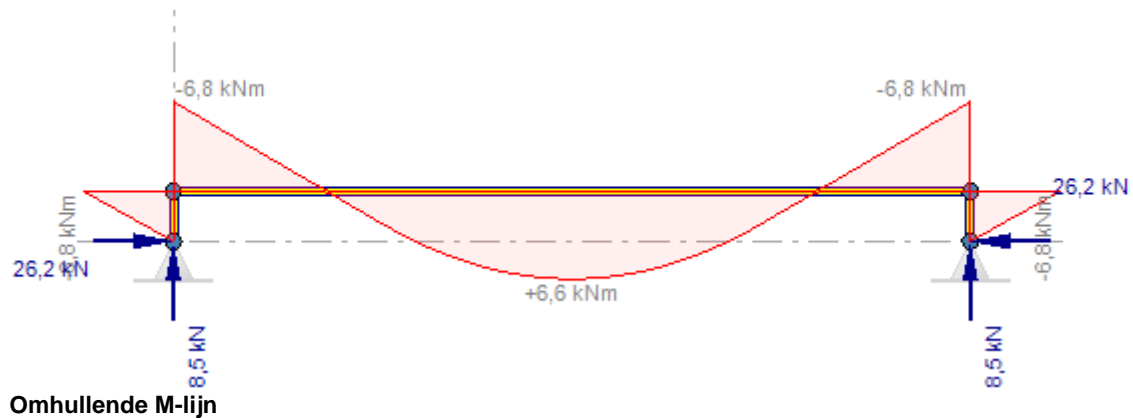
### **2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)**

#### **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 ( $\psi \times \gamma$ )			
	1	2		
1	1,00x1,35	0,40x1,50		
2	1,00x1,20	1,00x1,50		



### 2.1.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1	26,154	8,488	
	2	23,240	7,545	
2	1	-26,154	8,488	
	2	-23,240	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	1		<b>8,488</b>	<b>-26,151</b>	0,000
	2	1		<b>7,545</b>	<b>-23,238</b>	0,000
	1	3		<b>-8,437</b>	<b>26,151</b>	<b>-6,799</b>
	2	3		<b>-7,500</b>	<b>23,238</b>	<b>-6,042</b>
2	1	4		<b>8,438</b>	<b>26,151</b>	<b>6,799</b>
	2	4		<b>7,500</b>	<b>23,238</b>	<b>6,042</b>
	1	2		<b>-8,488</b>	<b>-26,151</b>	0,000
	2	2		<b>-7,545</b>	<b>-23,238</b>	0,000
3	1	3		<b>26,154</b>	<b>8,437</b>	<b>6,799</b>
	2	3		<b>23,240</b>	<b>7,500</b>	<b>6,042</b>
	1		2090	-26,154	0,000	<b>6,616</b>
	1	4		<b>-26,154</b>	<b>8,438</b>	<b>-6,799</b>
	2	4		<b>-23,240</b>	<b>7,500</b>	<b>-6,042</b>

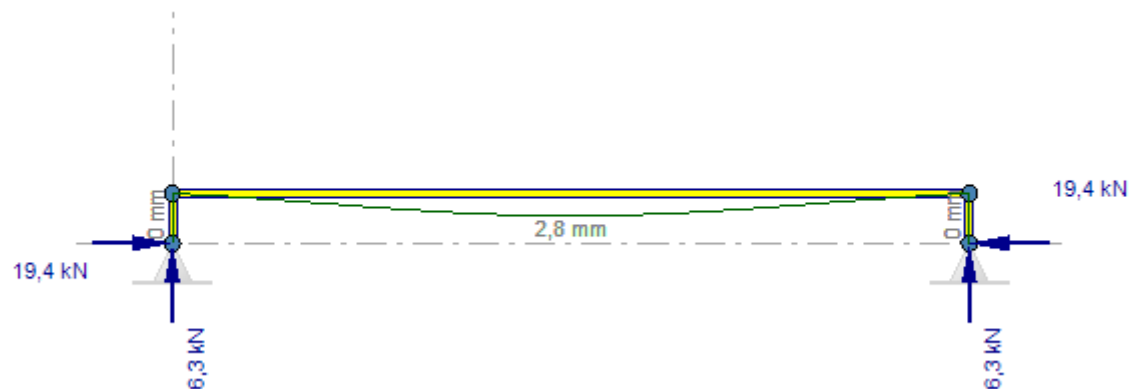
## 2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

### 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 ( $\psi \times \gamma$ )				
	1	2			
3	1,00x1,00				
4	1,00x1,00	0,30x1,00			
5	1,00x1,00	1,00x1,00			



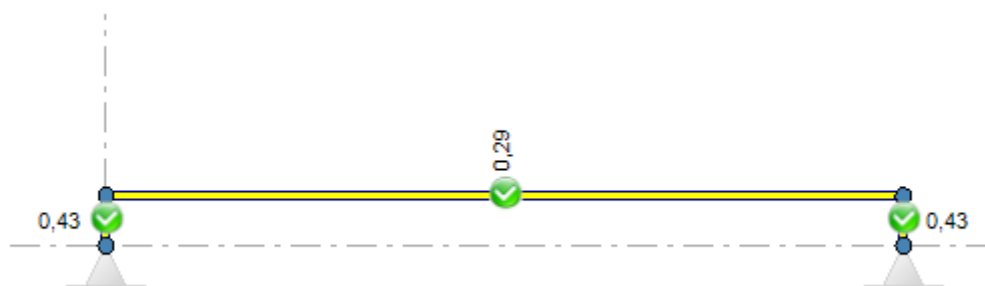
**Omhullende verplaatsing**

### 2.2.2 Omhullende knoopverplaatsingen

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

## 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)



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

## 2.4 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

### 2.4.1 Staal 2 - HFRHS100X100X5

#### Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 1  $x = 260 \text{ mm}$   $N_x = -8,488 \text{ kN}$   $V_z = 26,151 \text{ kN}$   $M_y = 0 \text{ kNm}$

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

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

#### Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 1  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -8,438 \text{ kN}$   $V_z = 26,151 \text{ kN}$   $M_y = -6,799 \text{ kNm}$



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

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

### Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 1  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -8,438 \text{ kN}$   $V_z = 26,151 \text{ kN}$   $My = -6,799 \text{ kNm}$

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

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

### Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 1  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -8,438 \text{ kN}$   $V_z = 26,151 \text{ kN}$   $My = -6,799 \text{ kNm}$

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

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

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

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

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

### Prismatische, op buiging en druk belaste staven

art. 6.3.3

Combinatie: 1  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -8,488 \text{ kN}$   $V_z = 26,151 \text{ kN}$   $My = -6,799 \text{ kNm}$

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

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

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

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

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

Knikkromme z-z  $\alpha = 0,21$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$k_{zy} = 0$$

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

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

## 2.4.2 Staaf 3 - HE140A

### Axiale druk

art. 6.2.4

Combinatie: 1  $x = 2090 \text{ mm}$   $N_x = -26,154 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = 6,616 \text{ kNm}$

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

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

### Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 1  $x = 4180 \text{ mm}$   $N_x = -26,154 \text{ kN}$   $V_z = -8,438 \text{ kN}$   $M_y = -6,799 \text{ kNm}$

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

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

### Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 1  $x = 3090 \text{ mm}$   $N_x = -26,154 \text{ kN}$   $V_z = -8,438 \text{ kN}$   $M_y = 2,398 \text{ kNm}$

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

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

### Buiging en dwarskracht

art. 6.2.8

Combinatie: 1  $x = 4180 \text{ mm}$   $N_x = -26,154 \text{ kN}$   $V_z = -8,438 \text{ kN}$   $M_y = -6,799 \text{ kNm}$

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

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

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  $x = 4180 \text{ mm}$   $N_x = -26,154 \text{ kN}$   $V_z = -8,438 \text{ kN}$   $M_y = -6,799 \text{ kNm}$

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

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

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

### Kipstabiliteit

art. 6.3.2.1

Combinatie: 1  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -26,154 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = -6,799 \text{ kNm}$

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0 \quad d' = h - t = 133 - 8,5 = 124,5 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{(124,5)^2 \times 140^3 \times 8,5}{24} = 15064 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

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

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

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

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

Berekende equivalente belasting  $q = 6,143 \text{ kN/m}$

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

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

aangrijpingspunt belasting op  $z = 67 \text{ mm}$

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

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

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

$$= \frac{\pi \times 1,291 \times 4180}{4180} \times \left( \sqrt{1 + \left( \frac{\pi^2 \times 740^2}{4180^2} \times (-1,026^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times -1,026 \times 740}{4180} \right) = 2,873 \quad \text{(NB.157)}$$

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

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} =$$

$$= 1 \times \frac{2,873}{4180} \times \sqrt{210000 \times 3893360 \times 80769 \times 81643} \times 10^{-6} = 50,46 \text{ kNm} \quad \text{(NB.148)}$$

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

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

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

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

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

$$k_c = 0,90$$

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

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

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

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

### Prismatische, op buiging en druk belaste staven

art. 6.3.3

Combinatie: 1  $x = 0 \text{ mm}$   $N_x = -26,154 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = -6,799 \text{ kNm}$

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

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

Knikkromme  $y-y$  b  $\alpha = 0,34$

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

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

Knikkromme  $z-z$  c  $\alpha = 0,49$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Doorbuiging

Combinatie: 5  $x = 2090 \text{ mm}$   $N_x = -19,358 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = 4,905 \text{ kNm}$

Lokale knoopverplaatsingen  $d_{z1} = 0 \text{ mm}$   $d_{z2} = 0 \text{ mm}$

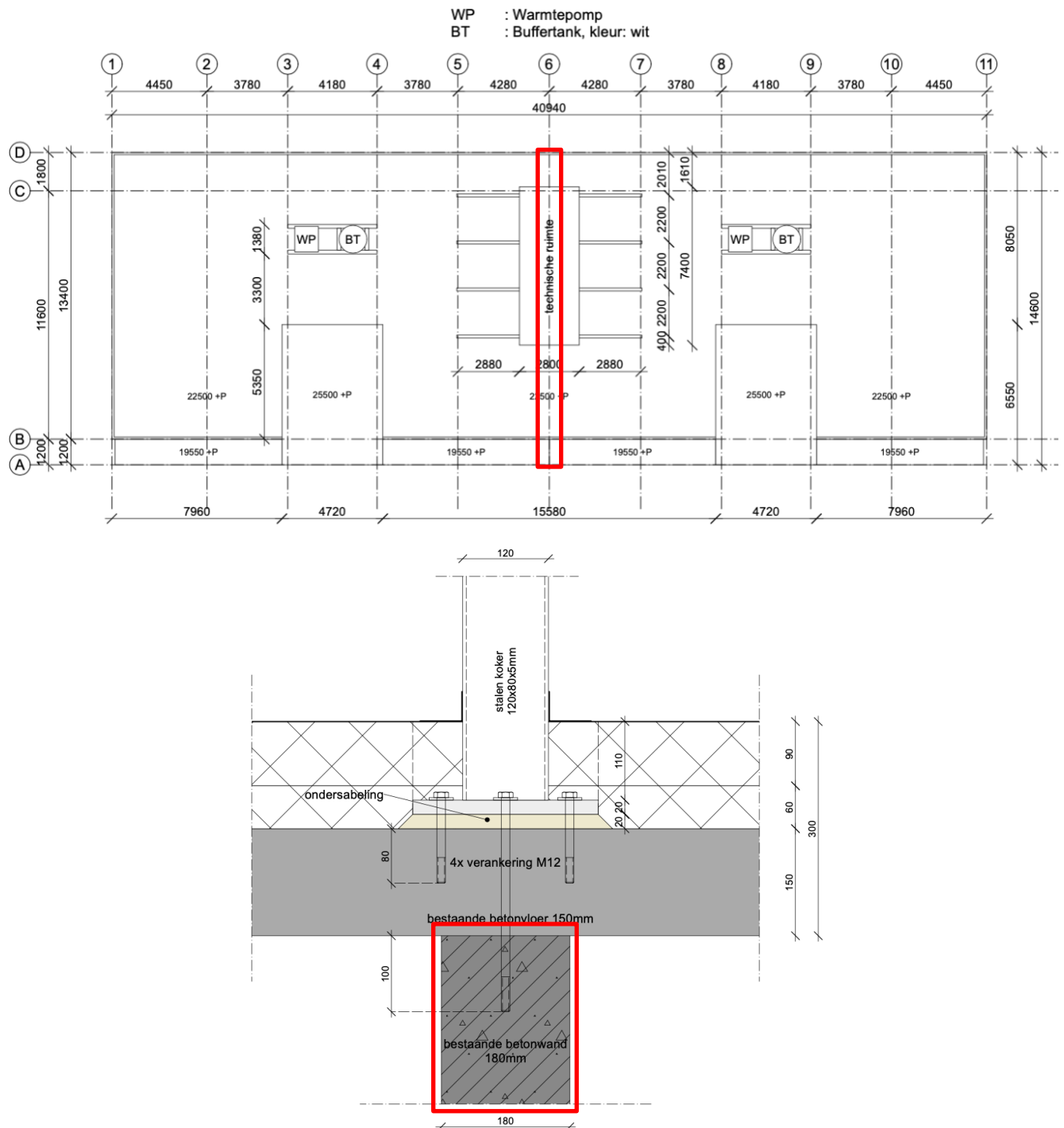
$$w_{eind,z} = w_z - w_{Zeeg,z} = -2,8 - 0 = -2,8 \text{ mm}$$

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

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

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

## Controle op de draagwanden



### Belastingaannamen op de balken (technische ruimte)

- Permanent ( $4,65 \text{ kN/m}^2 \times 4,28 \text{ m}$ ) 19,90 kN/m1
- Veranderlijke ( $0,56 \text{ kN/m}^2 \times 4,28 \text{ m}$ ) 2,40 kN/m1
  
- Permanent = 25,20 kN
- Veranderlijk = 31,50 kN
- Windbelasting ( $1,14 \text{ kN/m}^2 \times 2,4 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ ) / 6 5,47 kN

# Controle berekening draagwand (extreemgeval)

## ALGEMEEN

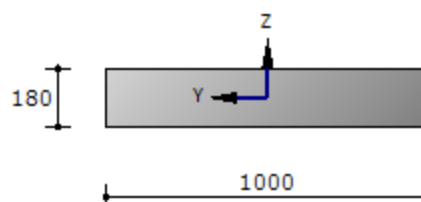
Bestand : ....Constructieberekeningen\Controleberekening draagwand.xcst

Gevolgklasse : CC2

## WAND: Betonnen wand

## INVOERGEGEVENS

Wandafmetingen :  $d_c = 180 \text{ mm}$   $b_c = 1000 \text{ mm}$   
L=3000 mm  
Betonsterkteklasse C30/37 Kruipcoëfficiënt 3,20  
Korrel diameter 31,5 mm  
Milieu klasse 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  $\rightarrow l_{0Y} = 3000 \text{ mm}$



## 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 ( $\psi \times \gamma$ )		
			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)

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

5.8.3.2 Slankheidscriterium en effectieve lengte van afzonderlijke elementen

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

$$l_0 = l = 3000 \text{ mm}$$

...(fig.5.7 a))

$$\lambda = l_0 / i = 3000 / 52 = 57,74$$

...(5.14)

5.2 Geometrische imperfecties

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

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

$$\theta_i = \theta_0 \alpha_h \alpha_m = 1/300 \times 1 \times 1 = 0,00333$$

...(5.1)

$$e_i = \theta_i l_0 / 2 = 0,0033 \times 3000 / 2 = 5 \text{ mm}$$

...(5.2)

5.8.4 Kruip

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

...(5.19)

5.8.3.1 Slankheidscriterium voor afzonderlijke elementen

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

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

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

$$r_m = 1 \quad C = 1,7 - r_m = 1,7 - 1 = 0,7$$

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

$$\lambda_{lim} = 20.A.B.C / \sqrt{n} = 20 \times 0,61 \times 1 \times 0,7 / \sqrt{0,0269} = 52,02$$

...(5.13N)

$\lambda > \lambda_{lim} \rightarrow$  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)

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

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} = 1 + 0,1151 \times 3,2 = 1,3683$$

...(5.37)

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

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

...(5.34)

### 5.8.8.2 Buigende momenten

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

$$= \max [0,6 \times 0 + 0,4 \times 0; 0,4 \times 0] = 0 \text{ kNm}$$

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

$$e_2 = (1/r) I_0^2 / c = 3,4912E-05 \times 3000^2 / 10 = 31,4 \text{ mm}$$

$$M_2 = N_{Ed} e_2 = 96,93 \times 31,4 \times 10^{-3} = 3,046 \text{ kNm} \dots(5.33)$$

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

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

$$= 3,53 \text{ kNm}$$

$$e_t = M_{Ed} / N_{Ed} = 3,53 / 96,93 \times 10^{-3} = 36,4 \text{ mm}$$

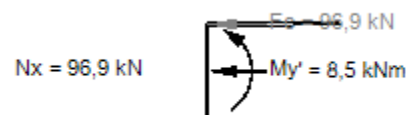
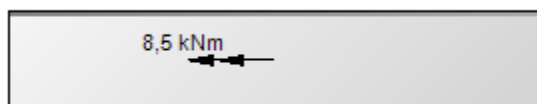
$$e_{min} = \max [h/30, 20] = \max [350/30, 20] = 20,0 \text{ mm} \dots 6.1(4)$$

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

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

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

### Doorsnedeberkening



Hoek buigingsas en neutrale lijn  $\alpha = 0,000^\circ$ ;  $x_u = 6,5 \text{ mm}$ ;  $d = 180,0 \text{ mm}$   
 Zwaartepunt doorsnede  $y' = 0,0$   $z' = -90,0$  ( $y = 0,0$   $z = 0,0$ )

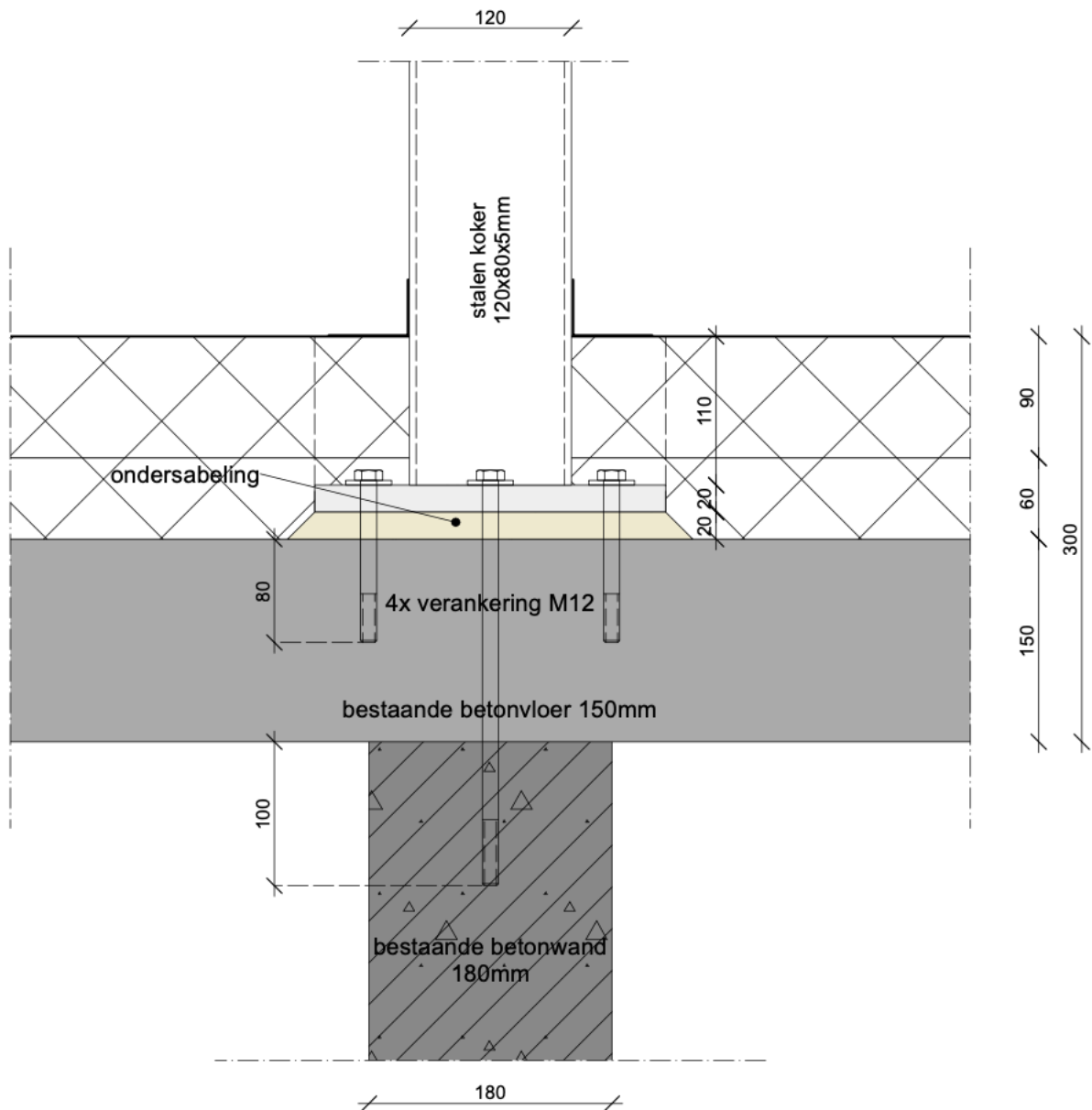
$y'$	$z'$	Wap.	$A_s$	$\Delta\epsilon$	$\sigma_c$	$\Delta\sigma_s$
0,0	0,0			-3,500	-20,0	

$y'$ [mm]	$z'$ [mm]	$F_c$ [kN]	$F_s$ [kN]	$dy'$ [mm]	$dz'$ [mm]	$F$ [kN]	$F \cdot dy'$ [kNm]	$F \cdot dz'$ [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