



## Statische berekening

Projectnummer: 24P49

Project: Verbouwing "Museum Techniek met een Ziel" te Neerkant

Rapportnummer: D01

Opdrachtgever: Stichting "Museum Techniek met een Ziel"  
Dorpsstraat 23  
5758 AM Neerkant

Datum: 19-08-2024

Auteur: ing. T.G. Smits



Schansweg 11a  
5758 RG Neerkant



06-51518950



info@smitsbouwadvies.nl

Op alle adviezen en opdrachten is de DNR2011 van toepassing.

## Inhoudsopgave

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Algemene gegevens.....  | 3  |
| 1.1 | <i>Inleiding</i> .....  | 3  |
| 1.2 | <i>Geldende normen</i> .....                                      | 3  |
| 1.3 | <i>Bijbehorende tekeningen en rapporten</i> .....                 | 3  |
| 1.4 | <i>Gebouwgegevens</i> .....                                       | 3  |
| 1.5 | <i>Belastingcombinaties</i> .....                                 | 3  |
| 1.6 | <i>Materialen</i> .....   | 4  |
| 1.7 | <i>Uitgangspunten</i> .....                                       | 4  |
| 2.  | Belastingen .....   | 5  |
| 2.1 | <i>Permanente belastingen</i> .....                               | 5  |
| 2.2 | <i>Belastingen t.g.v. personen, meubilair en aankleding</i> ..... | 5  |
| 2.3 | <i>Sneeuwbelasting</i> .....                                      | 6  |
| 2.4 | <i>Windbelasting</i> .....  | 7  |
| 3.  | Stabiliteit.....  | 9  |
| 4.  | Plat dak 5900+ .....  | 10 |
| 4.1 | <i>Balklaag</i> .....   | 10 |
| 4.2 | <i>Gevelstijlen</i> .....   | 11 |
| 4.3 | <i>Stalen ligger doorbraak achtergevel</i> .....                  | 12 |
| 5.  | Verdiepingsvloer 3300+.....                                       | 13 |
| 5.1 | <i>Staalconstructie rondom trappgat</i> .....                     | 13 |
| 6.  | Bijlagen .....  | 14 |

## 1. Algemene gegevens

### 1.1 Inleiding

Het project betreft de verbouwing van Museum Techniek met een Ziel, gevestigd in het voormalige Rabobankkantoor gelegen aan de Dorpsstraat 23 te Neerkant. Smits Bouwadvies is opdracht verleend voor het uitwerken van de benodigde bouwconstructies.

In dit rapport wordt de constructie van de nieuwe lift- en trappenhall verantwoord.

### 1.2 Geldende normen

|                          |  |
|--------------------------|--|
| NEN-EN 1990              | Grondslagen van het constructief ontwerp           |
| NEN-EN 1991-1 t/m 1991-3 | Belastingen op constructies                        |
| NEN-EN 1992-1 t/m 1992-3 | Ontwerp en berekening van betonconstructies        |
| NEN-EN 1993-1 t/m 1993-6 | Ontwerp en berekening van staalconstructies        |
| NEN-EN 1995-1 t/m 1995-2 | Ontwerp en berekening van houtconstructies         |
| NEN-EN 1996-1 t/m 1996-3 | Ontwerp en berekening van metselwerkconstructies   |
| NEN-EN 1997-1 t/m 1997-2 | Geotechnisch ontwerp                               |
| NEN 9997-1               | Geotechnisch ontwerp van constructies              |
| NEN 8700                 | Constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk |

### 1.3 Bijbehorende tekeningen en rapporten

#### Smits Bouwadvies

24P49-A01 – Aantekeningen Constructie d.d. 19-08-2024

#### Suzan Meulendijks

0224.03.02-B.01 – Bestaande plattegrond, gevels en doorsneden d.d. 15-07-2024

0224.03.02-B.01 – Nieuwe plattegrond, gevels en doorsneden d.d. 15-07-2024

#### Th. van den Acker

584-1 – Bestekening d.d. november 1988

### 1.4 Gebouwgegevens

|                         |       |                       |                      |
|-------------------------|-------|-----------------------|----------------------|
| Gebouwklasse            | : C   | Gebouwfunctie         | : Bijeenkomstfunctie |
| Gevolgklasse            | : CC2 | $K_{FI}$ - Factor:    | : 1,0                |
| Betrouwbaarheidsklasse  | : RC2 | Betrouwbaarheidsindex | : $\beta = 3,8$      |
| Ontwerplevensduurklasse | : 3   | Ontwerplevensduur     | : 50 jaar            |

### 1.5 Belastingcombinaties

NEN 8700 Tabel A1.2(B) - Partiële belastingsfactoren ( $\gamma$ ) voor de ugt STR en GEO

| Vergelijking | Blijvend   |           | Veranderlijk      |                   |
|--------------|------------|-----------|-------------------|-------------------|
|              | Ongunstig  | Gunstig   | Overig            | Wind              |
| 6.10a        | 1,30 $G_k$ | 0,9 $G_k$ | 1,30 $\psi_0 Q_k$ | 1,40 $\psi_0 Q_k$ |
| 6.10b        | 1,15 $G_k$ | 0,9 $G_k$ | 1,30 $Q_k$        | 1,40 $Q_k$        |

## 1.6 Materialen

|                    |                    |                      |                          |
|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
| <u>Beton:</u>      | Betonkwaliteit:    | In het werk gestort: | minimaal C20/25          |
|                    |                    | Prefab:              | minimaal C30/37          |
|                    |                    | Bestaand:            | minimaal C12/15          |
|                    | Wapening:          | Staven:              | B500A                    |
|                    |                    | Netten:              | B500A                    |
| <u>Staal:</u>      | Staalsoort:        | Walsprofielen:       | S235JR                   |
|                    |                    | Kokerprofielen:      | S275JOH (CF)             |
|                    |                    | Gelaste profielen:   | S355JO                   |
|                    | Boutkwaliteit:     |                      | 8.8                      |
|                    | Ankerkwaliteit :   |                      | 4.6                      |
|                    | Lassen:            |                      | minimaal a = 5 mm        |
| <u>Hout:</u>       | Houtsoort:         |                      | Europees Naaldhout       |
|                    | Sterkteklasse:     |                      | C18 / C24                |
|                    | Droogteklasse:     |                      | III                      |
| <u>Metselwerk:</u> | Baksteen           | $f_k$                | = 5,22 N/mm <sup>2</sup> |
|                    | Kalkzandsteen CS12 | $f_k$                | = 6,61 N/mm <sup>2</sup> |
|                    | Poriso Stuc        | $f_k$                | = 5,22 N/mm <sup>2</sup> |
|                    | Betonsteen         | $f_k$                | = 6,29 N/mm <sup>2</sup> |

Bovenstaande gegevens zijn van toepassing, tenzij elders in dit rapport anders vermeld.

## 1.7 Uitgangspunten

De in dit rapport gebruikte overspanningslengtes zijn gemeten vanaf de bouwkundige tekeningen. Deze dienen te allen tijde in het werk gecontroleerd te worden.

Permanente belastingen zijn bepaald aan de hand van de gekozen opbouw zoals vermeld op de bouwkundige tekeningen. Indien zich wijzigingen voordoen in deze opbouw, dient dit te allen tijde gemeld te worden.

## 2. Belastingen

### 2.1 Permanente belastingen

#### Plat dak nieuw 5900+

|                              |   |                              |
|------------------------------|---|------------------------------|
| Dakbedekking bitumen         | = | 0,05                         |
| Isolatiemateriaal            | = | 0,05                         |
| Houten balklaag + dakbeschot | = | 0,30                         |
| Plafond                      | = | 0,20                         |
| <b>G<sub>k</sub></b>         | = | <b>0,60 kN/m<sup>2</sup></b> |

#### Zonnepanelen

|                            |   |                              |
|----------------------------|---|------------------------------|
| Eigen gewicht              | = | 0,10                         |
| Ballast / Hulpconstructies | = | 0,10                         |
| <b>G<sub>k</sub></b>       | = | <b>0,20 kN/m<sup>2</sup></b> |

#### Plat dak bestaand 3300+

|                                 |   |                              |
|---------------------------------|---|------------------------------|
| Grind                           | = | 0,60                         |
| Dakbedekking bitumen            | = | 0,05                         |
| Isolatiemateriaal               | = | 0,05                         |
| Durox gewapende dakplaat 200 mm | = | 1,25                         |
| Plafond                         | = | 0,20                         |
| <b>G<sub>k</sub></b>            | = | <b>2,15 kN/m<sup>2</sup></b> |

#### Gevels

##### HSB wanden:

|  |   |                              |
|--|---|------------------------------|
| Binnenafwerking                        | = | 0,15                         |
| Houten stijl- en regelwerk + beplating | = | 0,30                         |
| Gevelbeplating + regelwerk             | = | 0,15                         |
| <b>G<sub>k</sub></b>                   | = | <b>0,60 kN/m<sup>2</sup></b> |

### 2.2 Belastingen t.g.v. personen, meubilair en aankleding

| Klasse H - Daken   | q <sub>k</sub> (kN/m <sup>2</sup> ) | Q <sub>k</sub> (kN) | ψ <sub>0</sub> | ψ <sub>1</sub> | ψ <sub>2</sub> |
|--------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| Niet toegankelijk: | 1,00 <sup>(a)</sup>                 | 2,00                | 0,0            | 0,0            | 0,0            |

(a) = op een oppervlakte van maximaal 10 m<sup>2</sup>

## 2.3 Sneeuwbelasting

### Algemeen

#### Standaardwaarden voor Nederland:

|                                    |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Karakteristieke sneeuwbelasting:   | $s_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$ |
| Coëfficiënt uitz. Sneeuwbelasting: | $C_t = 1,00$                |
| Blootstellingscoëfficiënt:         | $C_e = 1,00$                |
| Warmtecoëfficiënt:                 | $C_{es1} = 1,00$            |

#### Momentaanfactoren:

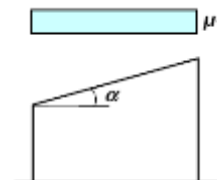
|          |          |          |
|----------|----------|----------|
| $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
| 0,0      | 0,2      | 0,0      |

### Plat dak

$$\alpha_1 = 0^\circ$$

$$\mu_1 = 0,80$$

$$s_1 = 0,80 * 0,70 * 1,00 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$



### Sneeuwophoping dak 5900+

$$\alpha = 0,00^\circ \quad b_1 = 8,50 \text{ m}$$

$$h = 0,80 \text{ m} \quad b_2 = 3,60 \text{ m}$$

$$l_s = 2 * 0,8, \text{ en } 5 \leq l_s \leq 15$$

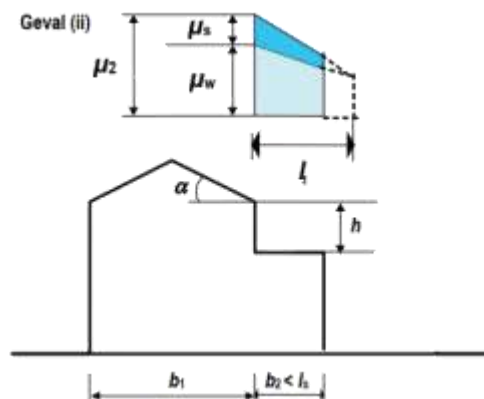
$$l_s = 5,00 \text{ m}$$

$$\mu_w = \frac{8,50 + 3,60}{2 * 0,80} \leq \frac{2 * 0,80}{0,70} \leq 4,00$$

$$\mu_w = 2,29 \quad \mu_s = 0,00 \quad \mu_2 = 2,29$$

$$s_1 = 1,22 * 0,70 * 1,00 = 0,85 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = 2,29 * 0,70 * 1,00 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$



### Sneeuwophoping dak 3300+

$$\alpha = 0,00^\circ \quad b_1 = 8,50 \text{ m}$$

$$h = 3,40 \text{ m} \quad b_2 = 9,40 \text{ m}$$

$$l_s = 2 * 3,4, \text{ en } 5 \leq l_s \leq 15$$

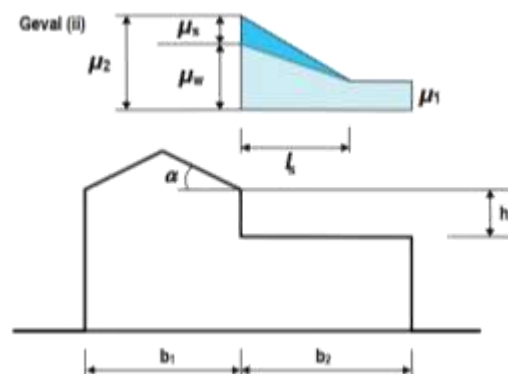
$$l_s = 6,80 \text{ m}$$

$$\mu_w = \frac{8,50 + 9,40}{2 * 3,40} \leq \frac{2 * 3,40}{0,70} \leq 4,00$$

$$\mu_w = 2,63 \quad \mu_s = 0,0 \quad \mu_2 = 2,63$$

$$s_1 = 0,80 * 0,70 * 1,00 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = 2,63 * 0,70 * 1,00 = 1,84 \text{ kN/m}^2$$



## 2.4 Windbelasting

### Algemeen

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| Windgebied                   | = III                    |
| Omgeving                     | = onbebouwd              |
| Windrichtingfactor $c_{dir}$ | = 1,00                   |
| Seizoensfactor $c_{season}$  | = 1,00                   |
| Reductiefactor $c_{prob}$    | = 1,000                  |
| Correlatiefactor             | = 0,85                   |
| Stuwdruk $q_p$               | = 0,61 kN/m <sup>2</sup> |

### Bouwwerkafmetingen:

|          |        |
|----------|--------|
| Lengte:  | 22,0 m |
| Breedte: | 19,0 m |
| Hoogte:  | 6,7 m  |

### Momentaanfactoren:

|          |          |          |
|----------|----------|----------|
| $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
| 0,0      | 0,2      | 0,0      |

### Bouwwerkfactor:

|           |                     |
|-----------|---------------------|
| $c_s c_d$ | = 1,00 (B = 19,0 m) |
|           | 1,00 (B = 22,0 m)   |

### Wrijvingscoëfficiënten

|                               |            |                               |            |
|-------------------------------|------------|-------------------------------|------------|
| Dakoppervlakte                | = Zeer ruw | Geveloppervlakte              | = Zeer ruw |
| Wrijvingscoëfficiënt $c_{fr}$ | = 0,04     | Wrijvingscoëfficiënt $c_{fr}$ | = 0,04     |

|                        |   |          |         |
|------------------------|---|----------|---------|
| Wrijvingsloze lengte L | = 26,8 m (bij dak- of gevellengte 22,0 m) | $L_{fr}$ | = 0,0 m |
|                        | = 26,8 m (bij dak- of gevellengte 19,0 m) | $L_{fr}$ | = 0,0 m |

### Inwendige drukcoëfficiënten

Overdruk:  $c_{pi} = 0,2$

Onderdruk:  $c_{pi} = -0,3$

### Uitwendige drukcoëfficiënten

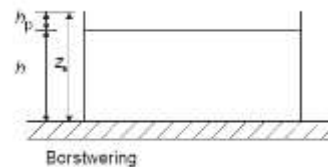
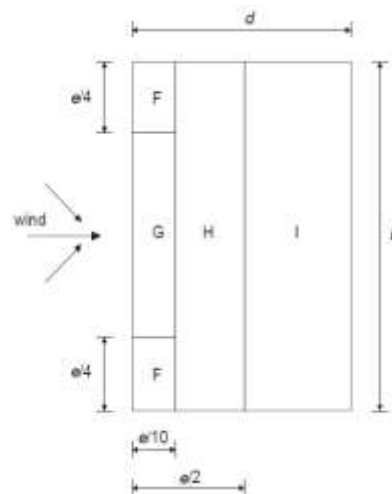
#### WINDZONES DAKVLAK:

Langsgevel:  $e = 13,4$  m

Kopgevel:  $e = 13,4$  m

#### Dakrand

|          |          |                 |  |
|----------|----------|-----------------|--|
| $z_e$    | = 6,70 m |                 |  |
| $h_{p1}$ | = 0,10 m |                 |  |
| $h_1$    | = 6,60 m | $h_p/h = 0,015$ |  |
| $h_{p2}$ | = 0,80 m |                 |  |
| $h_2$    | = 5,90 m | $h_p/h = 0,136$ |  |



| Borstweringen    | Zone  |       |      |             |
|------------------|-------|-------|------|-------------|
|                  | F     | G     | H    | I           |
| $h_p/h = 0,0125$ | -1,70 | -1,15 | -0,7 | +0,2 / -0,2 |
| $h_p/h = 0,1000$ | -1,20 | -0,80 | -0,7 | +0,2 / -0,2 |

WINDZONES GEVELS:

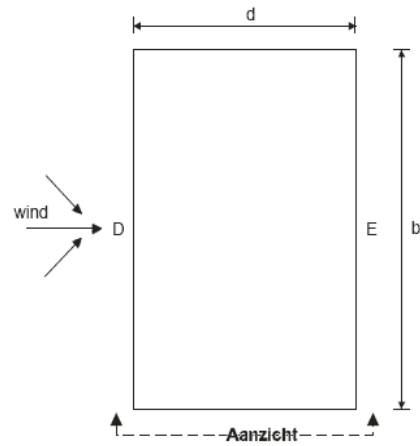
Breedte loodrecht op wind: 22,0 m

d = 19,0 m  
e = 13,4 m (e < d)  
h/d = 0,353

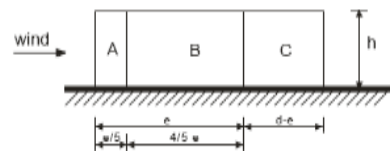
Breedte loodrecht op wind: 19,0 m

d = 22,0 m  
e = 13,4 m (e < d)  
h/d = 0,305

| Verhouding   | Zone |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|
|              | A    | B    | C    | D    | E    |
| $h/d \leq 1$ | -1,2 | -0,8 | -0,5 | +0,8 | -0,5 |



Aanzicht voor e < d





### 3. Stabiliteit

Stabiliteit wordt gewaarborgd door de aanwezigheid van voldoende wand-, vloer- en dakschijven en de onderlinge koppeling van deze onderdelen.

Een nadere beschouwing van de stabiliteit wordt niet noodzakelijk geacht.

## 4. Plat dak 5900+

### 4.1 Balklaag

#### Uitgangspunten:

- Plat dak wordt mogelijk voorzien van zonnepanelen:  $G_k = 0,60 + 0,20 = 0,80 \text{ kN/m}^2$

#### ALGEMENE GEGEVENS:

|               |             |                      |              |
|---------------|-------------|----------------------|--------------|
| Afmetingen:   | 46 x 196 mm | Sterkteklasse:       | C18          |
| Hart op hart: | 610 mm      | Klimaatklasse:       | 1 (Verwarmd) |
| Overspanning: | 2900 mm     | Belastingduurklasse: | Kort         |

#### TECHNISCHE SPECIFICATIES:

|                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| $k_m = 0,70$      | $W_y = 294523 \text{ mm}^3$        |
| $k_h = 0,95$      | $I_y = 28863221 \text{ mm}^4$      |
| $k_{mod} = 0,90$  | $E_{0,mean} = 9000 \text{ N/mm}^2$ |
| $k_{def} = 0,60$  | $f_{m,y;d} = 11,81 \text{ N/mm}^2$ |
| $\gamma_M = 1,30$ | $f_{v;d} = 2,23 \text{ N/mm}^2$    |

#### BELASTINGEN:

|            |   |
|------------|---|
| Permanent: | $G_k = 0,80 \text{ kN/m}^2$                                   |
| Sneeuw:    | $Q_k = 1,60 \text{ kN/m}^2$ ( $\psi_0 = 0,0$ $\psi_2 = 0,0$ ) |

Rekenwaarden:  $P_{Ed} = 3,36 \text{ kN/m}^2$   $P_{k;cr} = 2,88 \text{ kN/m}^2$

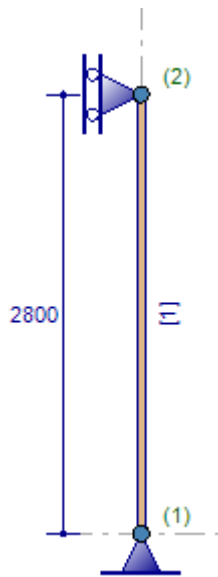
#### TOETSING:

|                             |  |             |
|-----------------------------|--|-------------|
| $M_{Ed} = 2,15 \text{ kNm}$ | $\sigma_{m,y;d} = 7,32 \text{ N/mm}^2$ | u.c. = 0,62 |
| $V_{Ed} = 2,97 \text{ kN}$  | $\tau_{v;d} = 0,49 \text{ N/mm}^2$     | u.c. = 0,22 |
| $u_{onm} = 1,7 \text{ mm}$  | = 0,0006L                              | u.c. = 0,20 |
| $u_{tot} = 6,2 \text{ mm}$  | = 0,0021L                              | u.c. = 0,54 |

**Toepassen:** Balklaag 46x196-C18 hoh 610 mm

## 4.2 Gevelstijlen

### Schema:



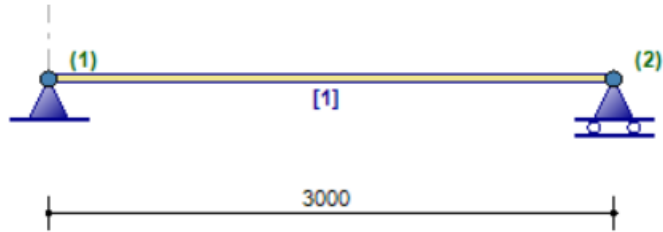
### Belastingen:

- |                  |         |               |                                |                |
|------------------|---------|---------------|--------------------------------|----------------|
| 1) Permanent:    | $N_1 =$ | uit dak:      | $0,6 * 1,7 * 0,60 =$           | 0,61 kN        |
|                  |         | zonnepanelen: | $0,6 * 1,7 * 0,20 =$           | <u>0,20 kN</u> |
|                  |         |               |                                | 0,81 kN        |
| 2) Veranderlijk: | $N_1 =$ | personen:     |                                | 2,00 kN        |
| 3) Wind:         | $q_1 =$ |               | $0,6 * 0,61 * (0,80 + 0,30) =$ | 0,40 kN/m      |

**Uitvoer:** Zie bijlage 1

**Toepassen:** 46x196-C18 hoh 610 mm

### 4.3 Stalen ligger doorbraak achtergevel

**Schema:****Belastingen:**

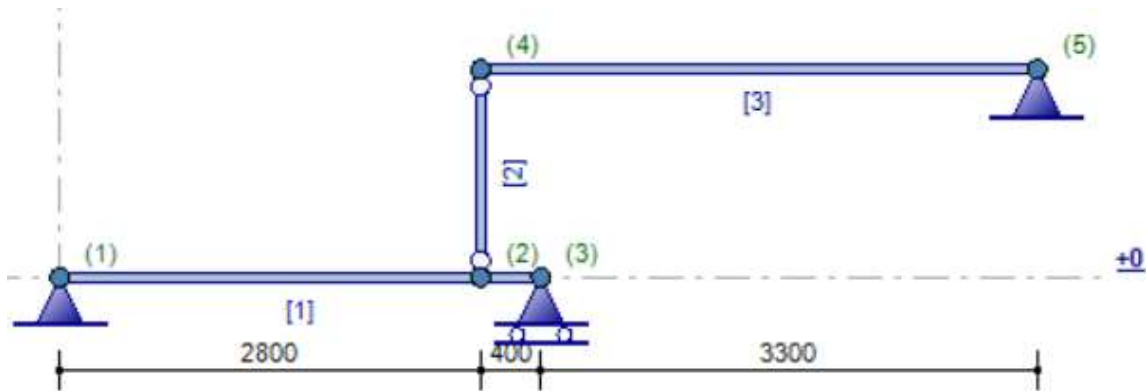
|                  |         |               |                |                  |
|------------------|---------|---------------|----------------|------------------|
| 1) Permanent:    | $q_1 =$ | uit dak:      | $2,1 * 0,60 =$ | 1,26 kN/m        |
|                  |         | zonnepanelen: | $2,1 * 0,20 =$ | 0,42 kN/m        |
|                  |         | spouwmuur:    | $1,1 * 4,00 =$ | <u>4,40 kN/m</u> |
|                  |         |               |                | 6,08 kN/m        |
| 2) Veranderlijk: | $q_1 =$ | personen:     | $2,1 * 1,00 =$ | 2,10 kN/m        |

**Uitvoer:** Zie bijlage 2**Toepassen:** 2 x L150x100x10

## 5. Verdiepingsvloer 3300+

### 5.1 Staalconstructie rondom trappgat

**Schema:**



**Belastingen:**

1) Permanent:  $q_1 =$

|             |                         |                  |
|-------------|-------------------------|------------------|
| wand:       | $2,8 * 0,60 =$          | 1,68 kN/m        |
| dak 3300+ : | $0,8 * 2,15 =$          | 1,72 kN/m        |
| dak 5900+ : | $1,8 * (0,60 + 0,20) =$ | <u>1,44 kN/m</u> |
|             |                         | 4,84 kN/m        |

$q_2 =$

|            |                |                  |
|------------|----------------|------------------|
| wand:      | $2,8 * 0,60 =$ | 1,68 kN/m        |
| spouwmuur: | $0,6 * 4,00 =$ | 2,40 kN/m        |
| dak 3300+: | $1,0 * 2,15 =$ | <u>2,15 kN/m</u> |
|            |                | 6,23 kN/m        |

$F_1 =$  wand:  $0,8 * 2,8 * 0,60 =$  1,34 kN

2) Veranderlijk:  $q_1 =$  personen:  $1,8 * 1,00 =$  1,80 kN/m

**Uitvoer:** Zie bijlage 3

**Toepassen:** Staaf 1: HEA220\*  
Staaf 2: dummy (\*profielen zijn praktisch gekozen i.v.m. breedte)  
Staaf 3: HEA180\*

## 6. Bijlagen

Bijlage 1 – Gevelstijlen dakopbouw (19 bladzijden)

Bijlage 2 – Stalen ligger doorbraak achtergevel (11 bladzijden)

Bijlage 3 – Staalconstructie rondom trappgat (14 bladzijden)

Bestand :.....Berekeningen\S4U bestanden\Gevelstijlen.xfr2

### **Inhoudsopgave**

|  |    |
|--|----|
| 1.1 KNOPEN.....  | 2  |
| 1.2 STAVEN.....  | 3  |
| 1.3 PROFIELEN.....                                       | 3  |
| 1.4 BELASTINGSGEVALLEN.....                              | 4  |
| 1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht..... | 4  |
| 1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk.....                  | 6  |
| 1.7 BELASTINGSGEVAL 3 Wind.....                          | 8  |
| 2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand.....                | 9  |
| 2.2 BELASTINGSGEVALLEN.....                              | 9  |
| 2.2.1 Reactiekrachten.....                               | 9  |
| 2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT).....                  | 9  |
| 2.3.2 Omhullende reactiekrachten.....                    | 12 |
| 2.3.3 Omhullende staafkrachten.....                      | 13 |
| 2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT).....             | 13 |
| 2.4.2 Omhullende knoopverplaatsingen.....                | 15 |
| 2.5 EN1995 TOETSINGEN.....                               | 15 |
| 2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS.....                     | 17 |
| 2.6.1 Staaf 1 - 46x196 (C18 Klimaatklasse:1).....        | 17 |

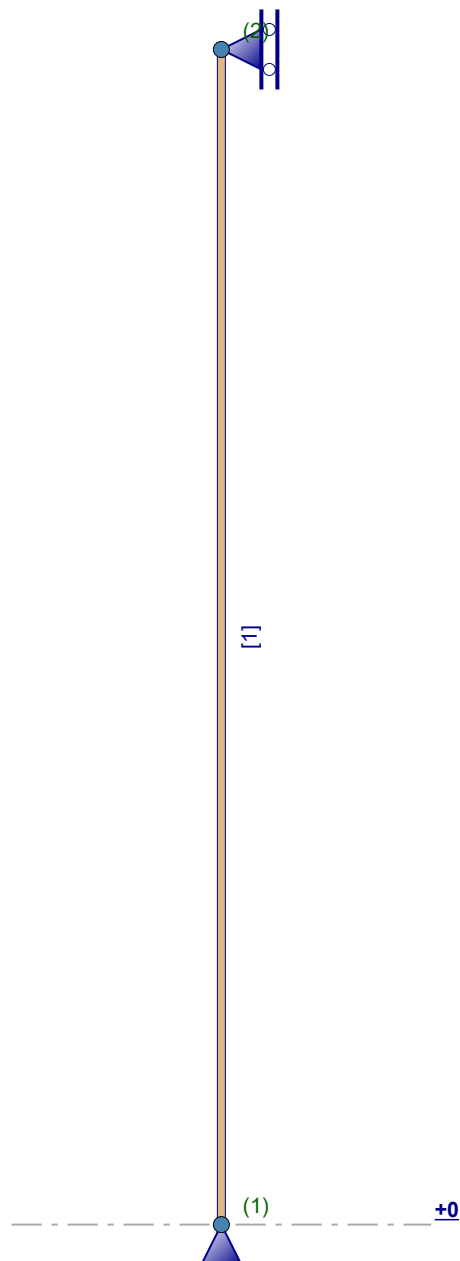
Gehanteerde normen: : NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011/NB:2013 nl

Gevolgklasse : CC2

NEN 8700 : Verbouw; Veranderlijke wind maatgevende belasting.

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s<sup>2</sup>

## 1 Invoergegevens

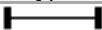


### 1.1 KNOPEN

| Knoop-nummer | Coördinaten |        | Opleggingen |    |    |
|--------------|-------------|--------|-------------|----|----|
|              | X [mm]      | Z [mm] | Tx          | Tz | Ry |
| 1            | 0           | 0      | A           | A  |    |
| 2            | 0           | 2800   | A           |    |    |



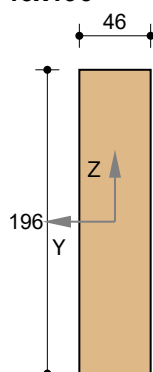
## 1.2 STAVEN

| Staaflnummer | Knoop |      | Staaftype   | Profiel | Lengte [mm] |
|--------------|-------|------|---|---------|-------------|
|              | van   | naar |   |         |             |
| 1            | 1     | 2    |  | 46x196  | 2800        |

## 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;el_1 [mm <sup>3</sup> ] | Wy;el_2 [mm <sup>3</sup> ] |
|---------------|--------|----------------|------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1             | 46x196 | 3,4            | 9000                   | 9,016E3              | 2,8863E7                          | 2,9452E5                   | 2,9452E5                   |

## 46x196



## Materiaalgegevens

Sterkteklasse

C18

Klimaatklasse

1

Materiaaltype

Gezaagd hout  $\gamma_M = 1,30$   $k_{def} = 0,60$ 

Elasticiteitsmodulus

E = 9000 N/mm<sup>2</sup>

| Belastingsduurklasse | k <sub>mod</sub> | f <sub>m,k</sub> | f <sub>t,0,k</sub> | f <sub>t,90,k</sub> | f <sub>c,0,k</sub> | f <sub>c,90,k</sub> | f <sub>v,k</sub>       |
|----------------------|------------------|------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
|                      |                  | Blijvend         | 0,60(0,50)         | 18,00               | 11,00              | 0,40                | 18,00                  |
| Middellang           | 0,80(0,65)       | 8,31             | 5,08               | 0,15                | 8,31               | 1,02                | 1,57 N/mm <sup>2</sup> |
| Kort                 | 0,90(0,80)       | 11,08            | 6,77               | 0,20                | 11,08              | 1,35                | 2,09                   |
|                      |                  | 12,46            | 7,62               | 0,25                | 12,46              | 1,52                | 2,35                   |

Volumieke massa

 $\rho_{mean} =$ 380 kg/m<sup>3</sup> $\rho_k =$ 320 kg/m<sup>3</sup>

Elasticiteitsmodulus

E<sub>0,mean</sub> =9000 N/mm<sup>2</sup>E<sub>90,mean</sub> =300 N/mm<sup>2</sup>

Elasticiteitsmodulus (kruip)

E<sub>0,fin</sub> =5625 N/mm<sup>2</sup>E<sub>90,fin</sub> =188 N/mm<sup>2</sup>

Elasticiteitsmodulus

E<sub>0,05</sub> =6000 N/mm<sup>2</sup>E<sub>0,d</sub> =6923 N/mm<sup>2</sup>

Afschuifmodulus

G<sub>mean</sub> =560 N/mm<sup>2</sup>G<sub>0,05</sub> =380 N/mm<sup>2</sup>

## Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat

y<sub>max</sub> =

23,0 mm

Z<sub>max</sub> =

98,0 mm

Minimale coördinaat

y<sub>min</sub> =

-23,0 mm

Z<sub>min</sub> =

-98,0 mm

Zwaartelijns

Z<sub>s</sub> =

0,0 mm

y<sub>s</sub> =

0,0 mm

Oppervlak / Gewicht

A =

9016,0 mm<sup>2</sup>

G =

3,4 kg/m

Statisch moment

S<sub>y</sub> =220892 mm<sup>3</sup>S<sub>z</sub> =51842 mm<sup>3</sup>

Traagheidsmoment

I<sub>y</sub> =28863221 mm<sup>4</sup>I<sub>z</sub> =1589821 mm<sup>4</sup>

Traagheidsstraal

i<sub>y</sub> =

56,6 mm

i<sub>z</sub> =

13,3 mm

Elastisch weerstandsmoment

W<sub>y;el</sub> =294523 mm<sup>3</sup>W<sub>z;el</sub> =69123 mm<sup>3</sup>

Centrifugaalmoment

C<sub>yz</sub> =0 mm<sup>3</sup>

hoek =

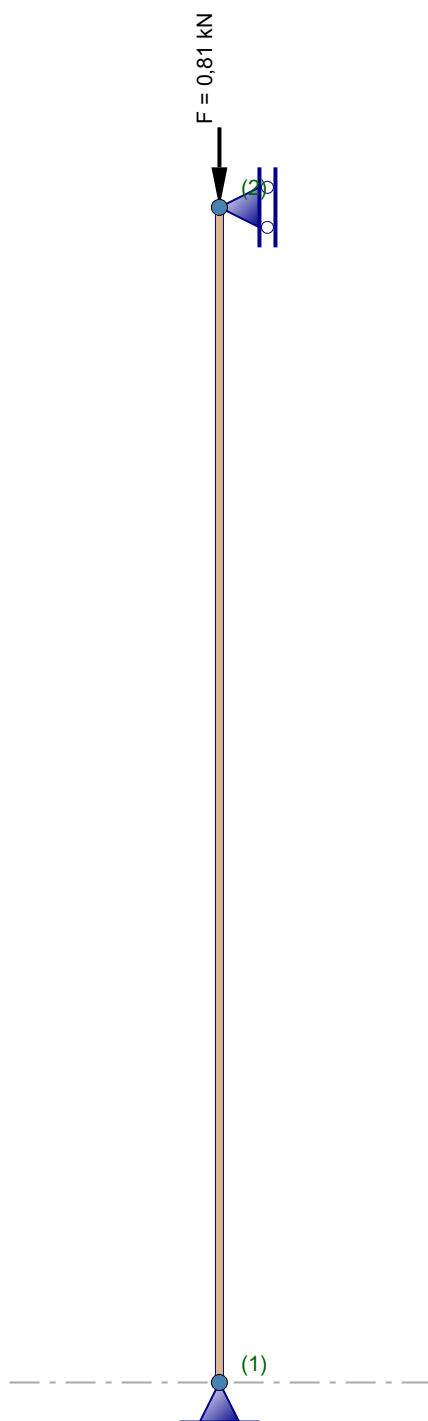
0,00 graden

|                  |            |   |                          |            |   |                         |
|------------------|------------|---|--------------------------|------------|---|-------------------------|
| Traagheidsmoment | $I_{\max}$ | = | 28863221 mm <sup>4</sup> | $I_{\min}$ | = | 1589821 mm <sup>4</sup> |
| Traagheidsstraal | $i_{\max}$ | = | 56,6 mm                  | $i_{\min}$ | = | 13,3 mm                 |

#### 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 | H:daken                       | 0,00     | 0,00     | 0,00     |
| 3   | Wind         | 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: : 9 kg.

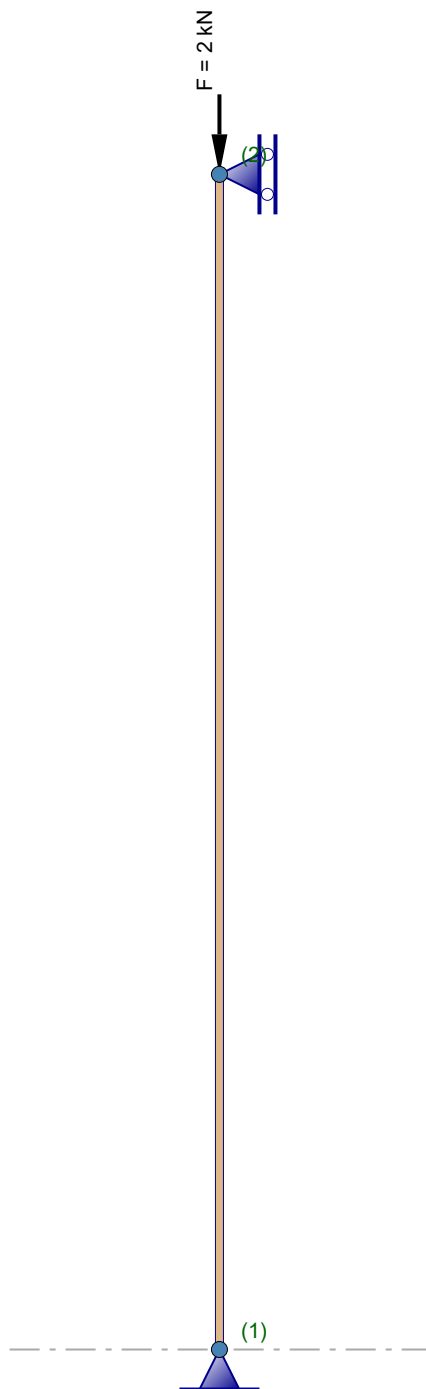
**1.5.1 Staafbelastingen**

| StAAF-nummer | Belasting   |             |             |       | Afstand van |        |        |
|--------------|---|-------------|-------------|-------|-------------|--------|--------|
|              | Type  | q1          | q2          | Hoek  | Knoop       | a [mm] | L [mm] |
| 1            |  q | -0,034 kN/m | -0,034 kN/m | -90,0 | 1           | 0      | 2800   |

**1.5.2 Knoopbelastingen**

| Knoop-nummer | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|--------------|---------|---------|----------|
| 2            |         | -0,810  |          |

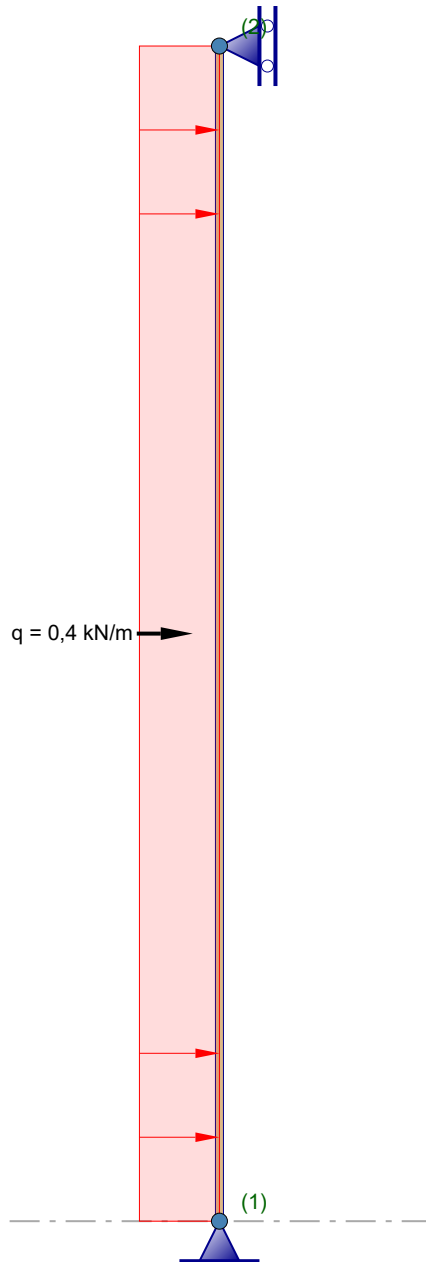
**1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk**




### 1.6.1 Knoopbelastingen

| Knoop-nummer | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|--------------|---------|---------|----------|
| 2            |         | -2,000  |          |

### 1.7 BELASTINGSGEVAL 3 Wind



#### 1.7.1 Staafbelastingen

| StAAF-nummer | Belasting   |             |             |      | Afstand van |        |        |
|--------------|---|-------------|-------------|------|-------------|--------|--------|
|              | Type  | q1          | q2          | Hoek | Knoop       | a [mm] | L [mm] |
| 1            |  q | -0,400 kN/m | -0,400 kN/m | 0,0  | 1           | 0      | 2800   |

## 2 Berekeningsresultaten

### 2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand

| Knoop-<br>nummer | 1/200 in +X |        | 1/200 in -X |        |
|------------------|-------------|--------|-------------|--------|
|                  | X [mm]      | Z [mm] | X [mm]      | Z [mm] |
| 1                | 0           | 0      | 0           | 0      |
| 2                | 14          | 2800   | -14         | 2800   |

### 2.2 BELASTINGSGEVALLEN

#### (GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling

##### 2.2.1 Reactiekrachten

| Knoop-<br>nummer            | Belastings<br>geval | Fx<br>[kN]    | Fz<br>[kN]   | My<br>[kNm] |
|-----------------------------|---------------------|---------------|--------------|-------------|
| 1                           | 1                   |               | <b>0,904</b> |             |
|                             | 2                   |               | <b>2,000</b> |             |
|                             | 3                   | <b>-0,560</b> |              |             |
| 2                           | 3                   | <b>-0,560</b> |              |             |
| Minimale / maximale waarden |                     |               |              |             |
| 1                           | 3                   | <b>-0,560</b> |              |             |
| 2                           | 3                   | <b>-0,560</b> |              |             |
| 1                           | 1                   |               | <b>0,904</b> |             |
| 1                           | 2                   |               | <b>2,000</b> |             |

### 2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

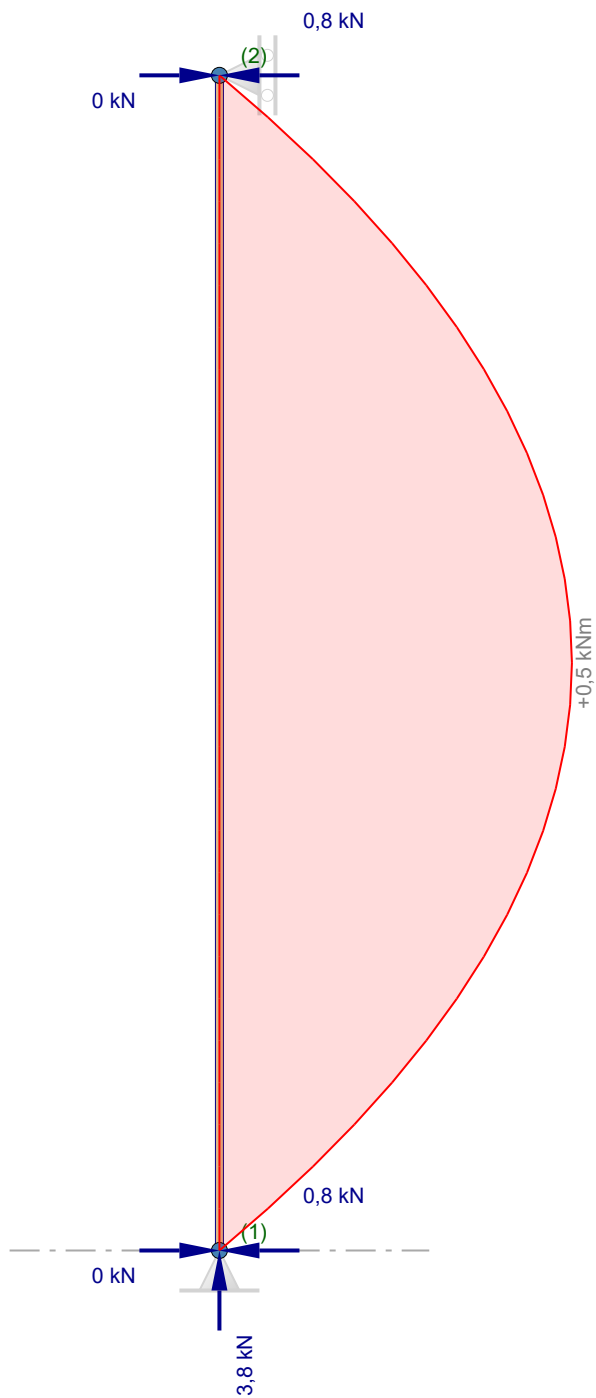
#### 2.3.1 Belastingscombinaties

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

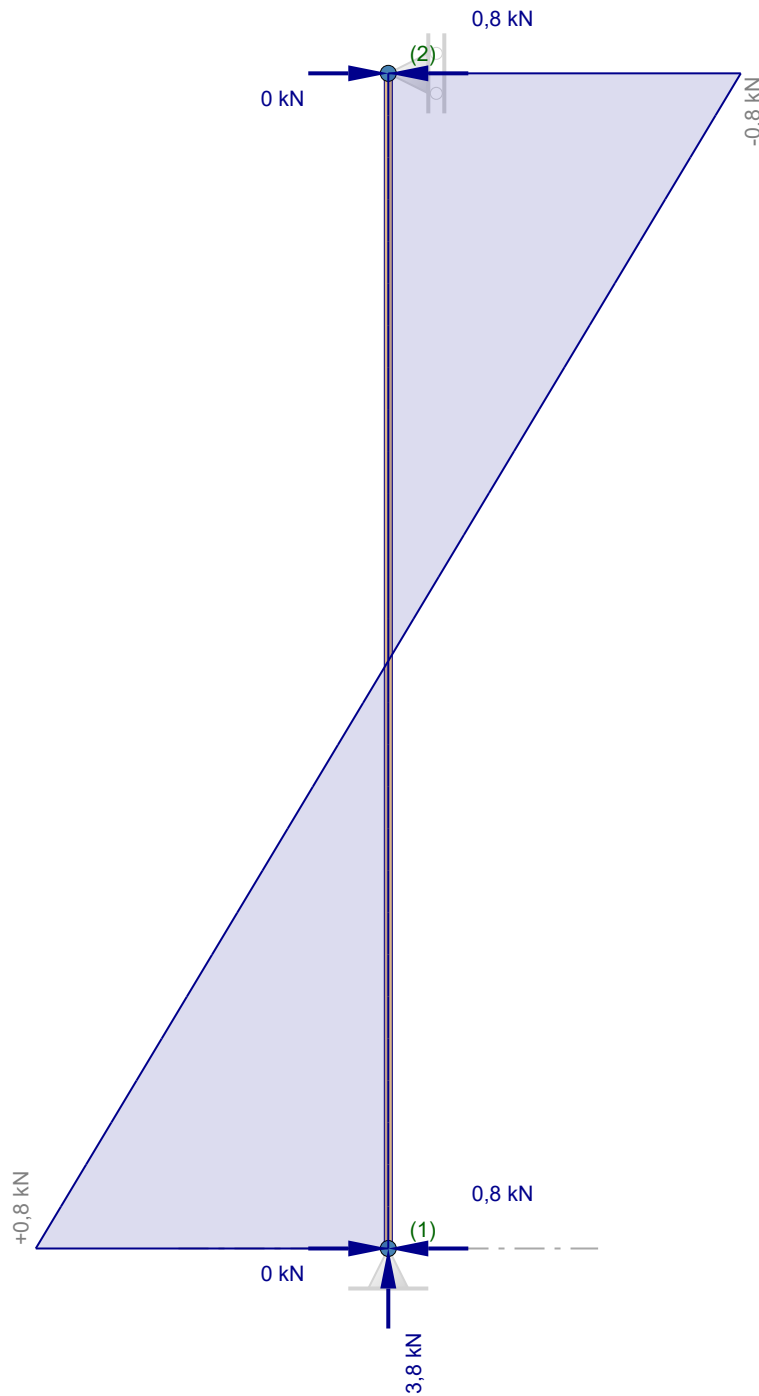
| Combinatie<br>nummer | Omschrijving                        | Type |
|----------------------|-------------------------------------|------|
| 1.1                  | Permanent + Scheefstand 1/200 +X    | UGT  |
| 1.2                  | Permanent + Scheefstand 1/200 -X    | UGT  |
| 2.1                  | Permanent + Scheefstand 1/200 +X    | UGT  |
| 2.2                  | Permanent + Scheefstand 1/200 -X    | UGT  |
| 3.1                  | Veranderlijk + Scheefstand 1/200 +X | UGT  |
| 3.2                  | Veranderlijk + Scheefstand 1/200 -X | UGT  |
| 4.1                  | Veranderlijk + Scheefstand 1/200 +X | UGT  |
| 4.2                  | Veranderlijk + Scheefstand 1/200 -X | UGT  |
| 5.1                  | Wind + Scheefstand 1/200 +X         | UGT  |
| 5.2                  | Wind + Scheefstand 1/200 -X         | UGT  |
| 6.1                  | Wind + Scheefstand 1/200 +X         | UGT  |
| 6.2                  | Wind + Scheefstand 1/200 -X         | UGT  |

| Combinatie<br>nummer | Belasting ( $\psi \times \gamma$ ) |           |           |  |
|----------------------|------------------------------------|-----------|-----------|--|
|                      | 1                                  | 2         | 3         |  |
| 1.1                  | 1,00x1,20                          |           |           |  |
| 1.2                  | 1,00x1,20                          |           |           |  |
| 2.1                  | 1,00x0,90                          |           |           |  |
| 2.2                  | 1,00x0,90                          |           |           |  |
| 3.1                  | 1,00x1,15                          | 1,00x1,40 |           |  |
| 3.2                  | 1,00x1,15                          | 1,00x1,40 |           |  |
| 4.1                  | 1,00x0,90                          | 1,00x1,40 |           |  |
| 4.2                  | 1,00x0,90                          | 1,00x1,40 |           |  |
| 5.1                  | 1,00x1,15                          |           | 1,00x1,40 |  |
| 5.2                  | 1,00x1,15                          |           | 1,00x1,40 |  |
| 6.1                  | 1,00x0,90                          |           | 1,00x1,40 |  |
| 6.2                  | 1,00x0,90                          |           | 1,00x1,40 |  |





Omhullende M-lijn



Omhullende D-lijn

### 2.3.2 Omhullende reactiekrachten

| Knoopnummer | Combinatienummer | Fx [kN]       | Fz [kN]      | My [kNm] |
|-------------|------------------|---------------|--------------|----------|
| 1           | 3.1              | <b>0,019</b>  | 3,840        |          |
|             | 3.2              | -0,019        | <b>3,840</b> |          |
|             | 5.2              | <b>-0,789</b> | 1,032        |          |

| Knoop-nummer                | Combinatie nummer | Fx [kN]       | Fz [kN]      | My [kNm] |
|-----------------------------|-------------------|---------------|--------------|----------|
| 1                           | 6.2               | -0,788        | <b>0,806</b> |          |
| 2                           | 3.2               | <b>0,019</b>  |              |          |
|                             | 5.1               | <b>-0,789</b> |              |          |
| Minimale / maximale waarden |                   |               |              |          |
| 1                           | 5.2               | <b>-0,789</b> |              |          |
| 1                           | 3.1               | <b>0,019</b>  |              |          |
| 1                           | 6.2               |               | <b>0,806</b> |          |
| 1                           | 3.2               |               | <b>3,840</b> |          |

### 2.3.3 Omhullende staafkrachten

| Staaflnummer | Combinatie nummer | Knoop-nummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|--------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1            | 3.2               | 1            |               | <b>3,840</b>   | 0,000          | 0,000           |
|              | 5.2               | 1            |               | 1,036          | <b>0,784</b>   | 0,000           |
|              | 6.2               | 1            |               | <b>0,810</b>   | 0,784          | 0,000           |
|              | 5.2               |              | 1400          | -0,982         | 0,000          | <b>0,549</b>    |
|              | 3.2               | 2            |               | <b>-3,732</b>  | 0,000          | 0,000           |
|              | 5.1               | 2            |               | -0,935         | <b>0,784</b>   | 0,000           |
|              | 6.2               | 2            |               | <b>-0,725</b>  | 0,784          | 0,000           |

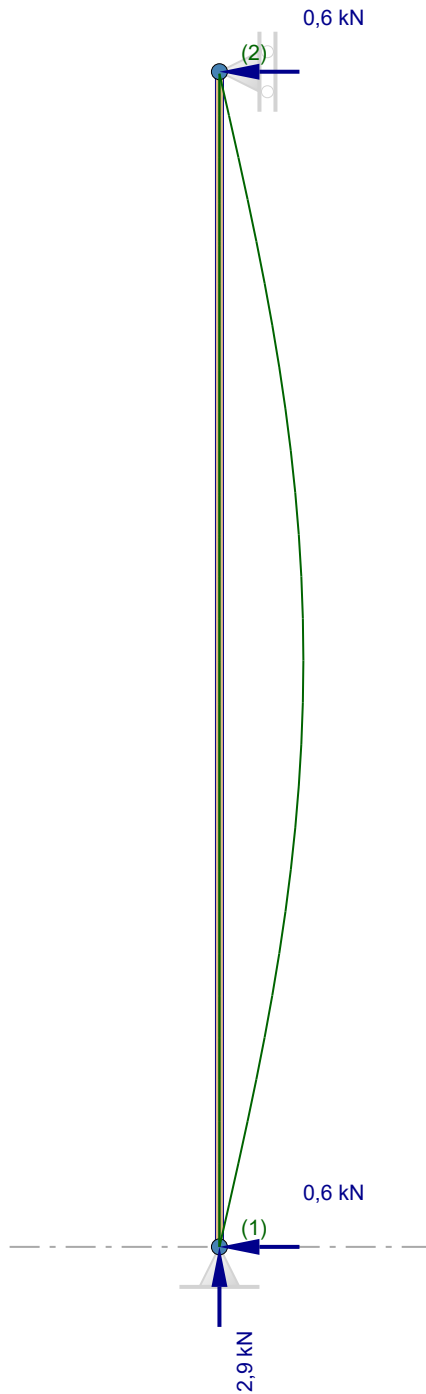
## 2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

### 2.4.1 Belastingscombinaties

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

| Combinatie nummer | Omschrijving                      | Type               |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 7                 | Permanent                         | BGT                |
| 8                 | Veranderlijk                      | BGT                |
| 9                 | Wind                              | BGT                |
| 10                | BGT Blijvend                      | BGT Blijvend       |
| 11                | BGT Quasi blijvend (i.v.m. kruip) | BGT Quasi blijvend |

| Combinatie nummer | Belasting ( $\psi \times \gamma$ ) |           |           |  |
|-------------------|------------------------------------|-----------|-----------|--|
|                   | 1                                  | 2         | 3         |  |
| 7                 | 1,00x1,00                          |           |           |  |
| 8                 | 1,00x1,00                          | 1,00x1,00 |           |  |
| 9                 | 1,00x1,00                          |           | 1,00x1,00 |  |
| 10                | 1,00x1,00                          |           |           |  |
| 11                | 1,00x1,00                          |           |           |  |



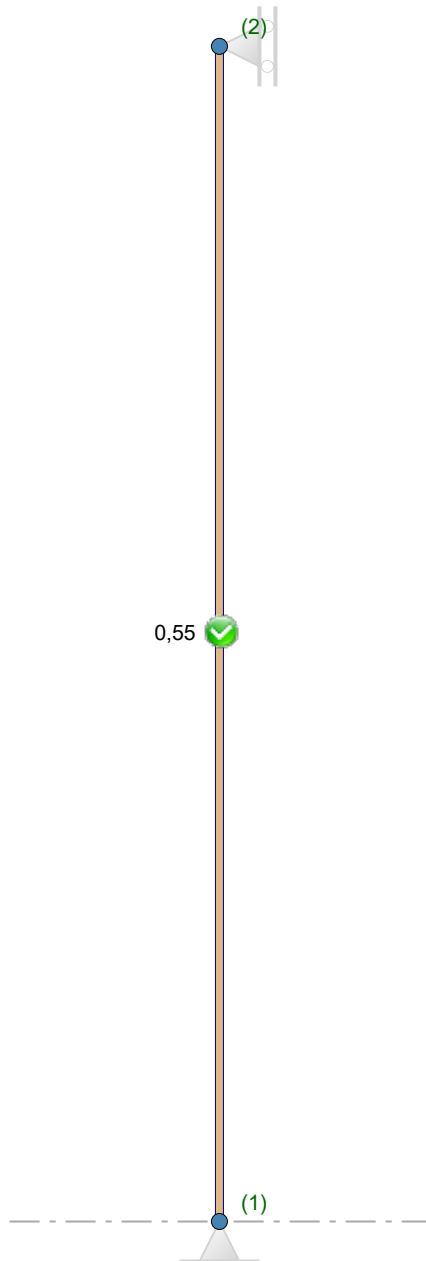
**Omhullende verplaatsing**

**2.4.2 Omhullende knoopverplaatsingen**

| Knoop-nummer                | Combinatie nummer | dx [mm] | dz [mm] | dr [mrad] |
|-----------------------------|-------------------|---------|---------|-----------|
| 1                           | 7                 | 0,0     | 0,0     | 0,0       |
|                             | 8                 | 0,0     | 0,0     | 0,0       |
|                             | 9                 | 0,0     | 0,0     | -1,4      |
| 2                           | 7                 | 0,0     | 0,0     | 0,0       |
|                             | 8                 | 0,0     | -0,1    | 0,0       |
|                             | 9                 | 0,0     | 0,0     | 1,4       |
| Minimale / maximale waarden |                   |         |         |           |
| 1                           | 7                 | 0,0     |         |           |
| 1                           | 9                 | 0,0     |         |           |
| 2                           | 8                 |         | -0,1    |           |
| 1                           | 7                 |         | 0,0     |           |
| 1                           | 9                 |         |         | -1,4      |
| 2                           | 9                 |         |         | 1,4       |

**2.5 EN1995 TOETSINGEN**

De toetsing van de houtprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1995-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.4.4.



| Staafternummer | Profiel | Combinatienummer | Artikel     | U.C. |
|----------------|---------|------------------|-------------|------|
| 1              | 46x196  | 3.2              | 6.1.4       | 0,04 |
|                |         | 5.2              | 6.1.7       | 0,06 |
|                |         | 3.2              | 6.3.2       | 0,55 |
|                |         | 5.1              | 6.3.3       | 0,17 |
|                |         | 9                | Doorbuiging | 0,11 |
|                |         | 9                | Doorbuiging | 0,15 |

**2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS****2.6.1 Staaf 1 - 46x196 (C18 Klimaatklasse:1)****Druk evenwijdig aan de vezelrichting****art. 6.1.4**

Combinatie : 3.2 x = 0 mm Nx = -3,84 kN Vz = 0 kN My = 0 kNm

Belastingsduurklasse : Middellang

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{3839,8}{9016} = 0,4 \text{ N/mm}^2 < f_{c,0,d} = 11,1 \text{ N/mm}^2 \quad (6.2)$$

**Afschuiving****art. 6.1.7**

Combinatie : 5.2 x = 0 mm Nx = -1,036 kN Vz = 0,784 kN My = 0 kNm

Belastingsduurklasse : Kort

$$\tau_d = \frac{V_{z,Ed} S}{b I_y} = \frac{784,0 \times 220892}{46 \times 28863221} = 0,1 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} = 2,4 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13)$$

**Kolommen onderworpen aan druk of aan druk en buiging****art. 6.3.2**

Combinatie : 3.2 x = 0 mm Nx = -3,84 kN Vz = 0 kN My = 0 kNm

Belastingsduurklasse : Middellang

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2800}{56,6} = 49,49 \quad \lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,005}}} = \frac{49,49}{\pi} \sqrt{\frac{18,0}{6000}} = 0,863 \quad (6.21)$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2800}{13,3} = 210,86 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,005}}} = \frac{210,86}{\pi} \sqrt{\frac{18,0}{6000}} = 3,676 \quad (6.22)$$

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \times (1 + 0,2 \times (0,863 - 0,3) + 0,863^2) = 0,93 \quad (6.27)$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,93 + \sqrt{0,93^2 - 0,86^2}} = 0,79 \quad (6.25)$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 \times (1 + 0,2 \times (3,676 - 0,3) + 3,676^2) = 7,59 \quad (6.28)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{7,59 + \sqrt{7,59^2 - 3,68^2}} = 0,07 \quad (6.26)$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{3840}{9016} = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,4}{0,79 \times 11,1} + \frac{0,0}{11,1} + 0,7 \times \frac{0,0}{14,0} = 0,05 < 1,00 \quad (6.23)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,4}{0,07 \times 11,1} + 0,7 \times \frac{0,0}{11,1} + \frac{0,0}{14,0} = 0,55 < 1,00 \quad (6.24)$$

**Liggers onderworpen aan druk of aan druk en buiging****art. 6.3.3**Combinatie : 5.1  $x = 1400 \text{ mm}$   $N_x = -1,044 \text{ kN}$   $V_z = -0,784 \text{ kN}$   $M_y = 0,549 \text{ kNm}$ 

Belastingsduurklasse : Kort

Aantal kipsteunen: 0 Op twee steunpunten: Gelijkmatic verdelde belasting

$$\rightarrow l_{ef} = 0,9 \times l = 0,9 \times 2800 = 2520 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = l_{ef} + 2h = 2520 + 2 \times 196 = 2800 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0,78 \times 46^2}{196 \times 2800} \times 6000 = 18 \text{ N/mm}^2 \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{18}{18}} = 0,999 \quad (6.30)$$

$$0,75 < \lambda_{rel,m} < 1,4 \quad \rightarrow k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \times 0,999 = 0,811 \quad (6.34)$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,549 \times 10^6}{295 \times 10^3} = 1,9 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{1044}{9016} = 0,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2800}{13,3} = 210,86 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,005}}} = \frac{210,86}{\pi} \sqrt{\frac{18,0}{6000}} = 3,676 \quad (6.22)$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3)) + \lambda_{rel,z}^2 = 0,5 \times (1 + 0,2 \times (3,676 - 0,3)) + 3,676^2 = 7,59 \quad (6.28)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{7,59 + \sqrt{7,59^2 - 3,68^2}} = 0,07 \quad (6.26)$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,d} f_{c,0,d}} = \left( \frac{1,9}{0,81 \times 12,5} \right)^2 + \frac{0,1}{0,07 \times 12,5} = 0,17 < 1,00 \quad (6.35)$$

**Doorbuiging**Combinatie : 9  $x = 1400 \text{ mm}$   $N_x = -0,857 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = 0,392 \text{ kNm}$ 

Belastingsduurklasse : Kort

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

$$W_{eind,z} = W_z + k_{def} W_{BGT \text{ Quasi blijvend},z} = -1,2 + 0,6 \times 0 = -1,2 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{eind,z}|}{W_{eind,z,max}} = \frac{|-1,2|}{2800 / 250} = \frac{|-1,2|}{11,2} = 0,11 < 1,0$$

$$W_{bijk,z} = W_z - W_{BGT \text{ Blijvend},z} = -1,2 - 0 = -1,2 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{bijk,z}|}{W_{bijk,z,max}} = \frac{|-1,2|}{2800 / 333} = \frac{|-1,2|}{8,4} = 0,15 < 1,0$$

**Doorbuiging**Combinatie : 9  $x = 1400 \text{ mm}$   $N_x = -0,857 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = 0,392 \text{ kNm}$ 

Belastingsduurklasse : Kort



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

$$W_{\text{eind},z} = W_z + k_{\text{def}} W_{\text{BGT Quasi blijvend},z} = -1,2 + 0,6 \times 0 = -1,2 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{\text{eind},z}|}{W_{\text{eind},z,\text{max}}} = \frac{|-1,2|}{2800 / 250} = \frac{|-1,2|}{11,2} = 0,11 < 1,0$$

$$W_{\text{bijk},z} = W_z - W_{\text{BGT Blijvend},z} = -1,2 - 0 = -1,2 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{\text{bijk},z}|}{W_{\text{bijk},z,\text{max}}} = \frac{|-1,2|}{2800 / 333} = \frac{|-1,2|}{8,4} = 0,15 < 1,0$$

Bestand :.....Stalen ligger doorbraak achtergevel.xbe2

### **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 BELASTINGSGEVALLEN.....                              | 6  |
| 2.1.1 Reactiekrachten.....                               | 6  |
| 2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT).....                  | 6  |
| 2.2.2 Omhullende reactiekrachten.....                    | 8  |
| 2.2.3 Omhullende staafkrachten.....                      | 8  |
| 2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT).....             | 8  |
| 2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen.....                | 9  |
| 2.4 EN1993 TOETSINGEN.....                               | 9  |
| 2.5 BEREKENING VAN UNITY CHECKS.....                     | 10 |
| 2.5.1 Staaf 1 - 2 X L150X100X10 (S 235).....             | 10 |

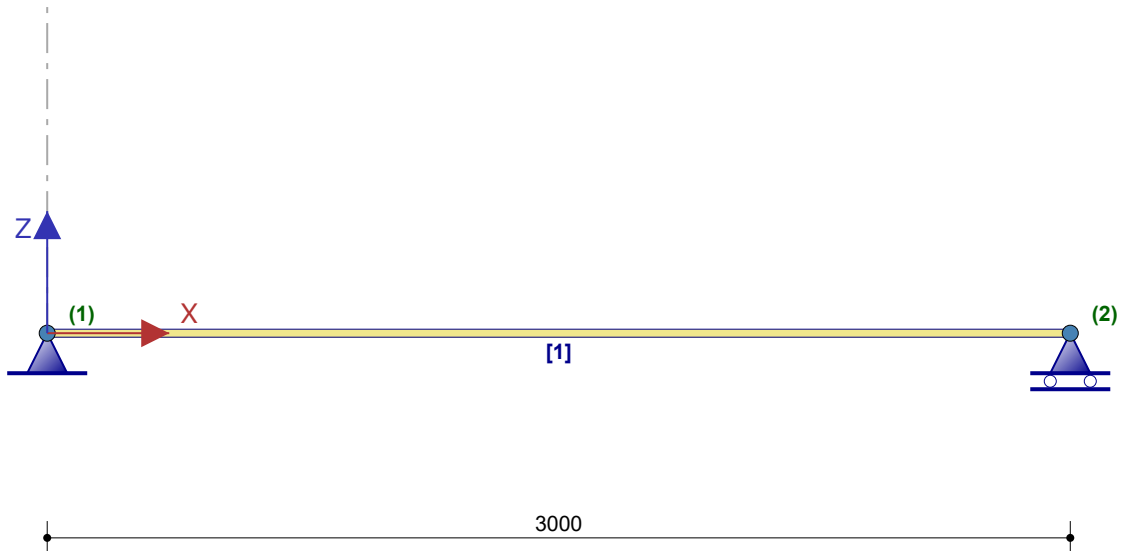
Gehanteerde normen: : NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl

Gevolgklasse : CC2

NEN 8700 : Verbouw; Overheersende veranderlijke belasting anders dan wind.

Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s<sup>2</sup>

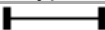
## 1 Invoergegevens



### 1.1 KNOPEN

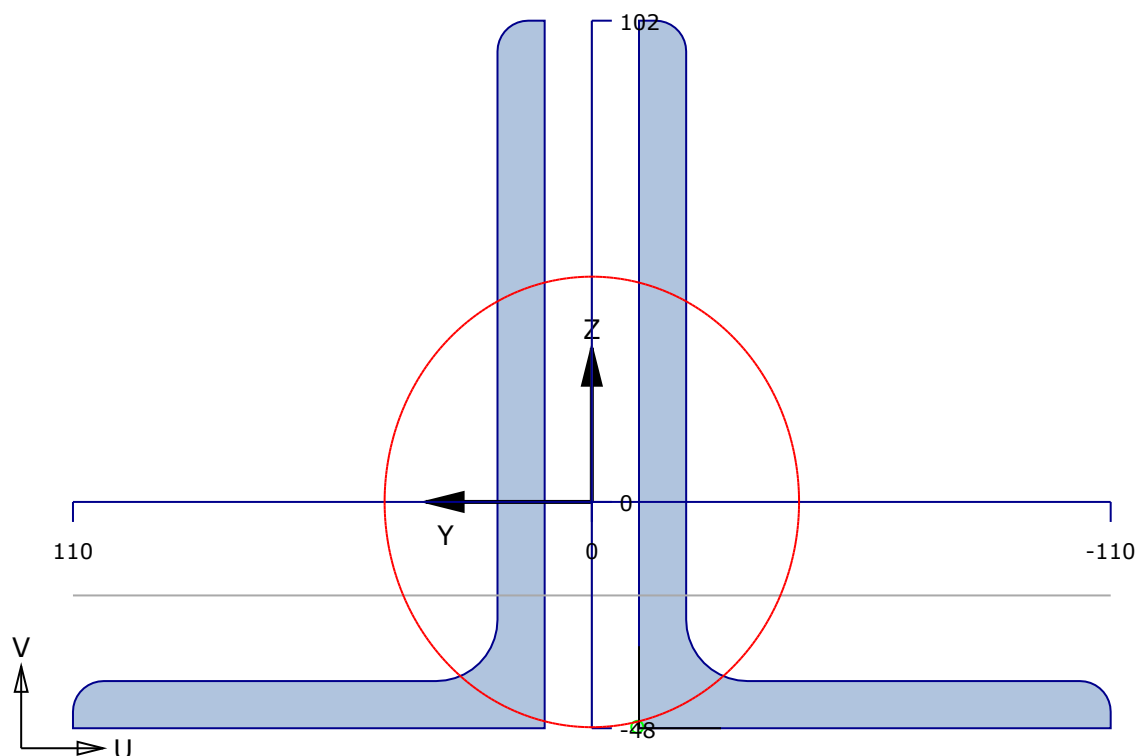
| Knoop-nummer | Coördinaten |        | Opleggingen |    |    |
|--------------|-------------|--------|-------------|----|----|
|              | X [mm]      | Z [mm] | Tx          | Tz | Ry |
| 1            | 0           | 0      | A           | A  |    |
| 2            | 3000        | 0      |             | A  |    |

### 1.2 STAVEN

| Staafl-nummer | Knoop |      | Staafl-type   | Profiel         | Lengte [mm] |
|---------------|-------|------|---|-----------------|-------------|
|               | van   | naar |   |                 |             |
| 1             | 1     | 2    |  | 2 x L150x100x10 | 3000        |

### 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              | 2 x L150x100x10 | 38,0           | 210000                 | 4,837E3              | 1,1031E7                          | 1,0812E5                   | 2,2992E5                   |

**2 x L150x100x10****Invoergegevens****1:L150X100X10**

|                      |       |   |                          |   |          |
|----------------------|-------|---|--------------------------|---|----------|
| Staalsoort           | S 235 |   |                          |   |          |
| Elasticiteitsmodulus | E     | = | 210000 N/mm <sup>2</sup> |   |          |
| Coördinaten (u,v)    | u     | = | 0,0 mm                   | v | = 0,0 mm |
| Hoek                 | hoek  | = | 0,0 graden               |   |          |
| Hoogte               | h     | = | 150,0 mm                 |   |          |
| Breedte              | b     | = | 100,0 mm                 |   |          |
| Flensdikte           | tf    | = | 10,0 mm                  |   |          |
| Lijfdikte            | tw    | = | 10,0 mm                  |   |          |
| Afrondingsstraal r   | r     | = | 6,5 mm                   |   |          |
| Afrondingsstraal r   | r1    | = | 13,0 mm                  |   |          |

**2:L100X150X10**

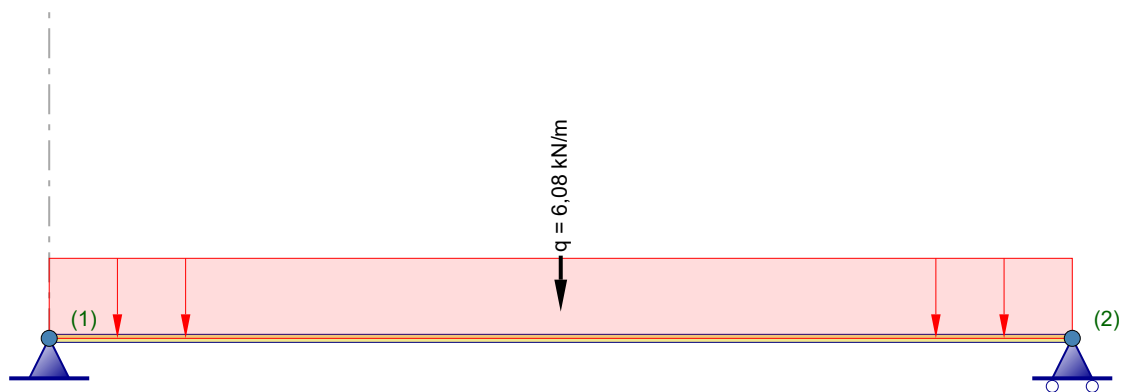
|                      |       |   |                          |   |          |
|----------------------|-------|---|--------------------------|---|----------|
| Staalsoort           | S 235 |   |                          |   |          |
| Elasticiteitsmodulus | E     | = | 210000 N/mm <sup>2</sup> |   |          |
| Coördinaten (u,v)    | u     | = | -20,0 mm                 | v | = 0,0 mm |
| Hoek                 | hoek  | = | 90,0 graden              |   |          |
| Hoogte               | h     | = | 100,0 mm                 |   |          |
| Breedte              | b     | = | 150,0 mm                 |   |          |
| Flensdikte           | tf    | = | 10,0 mm                  |   |          |
| Lijfdikte            | tw    | = | 10,0 mm                  |   |          |
| Afrondingsstraal r   | r     | = | 6,5 mm                   |   |          |
| Afrondingsstraal r   | r1    | = | 13,0 mm                  |   |          |

**Doorsnedegegevens**

|                            |            |   |                          |            |   |                         |
|----------------------------|------------|---|--------------------------|------------|---|-------------------------|
| Maximale coördinaat        | $y_{max}$  | = | 110,0 mm                 | $z_{max}$  | = | 102,0 mm                |
| Minimale coördinaat        | $y_{min}$  | = | -110,0 mm                | $z_{min}$  | = | -48,0 mm                |
| Zwaartelij                 | $z_s$      | = | 0,0 mm                   | $y_s$      | = | 0,0 mm                  |
| Oppervlak / Gewicht        | A          | = | 4836,7 mm <sup>2</sup>   | G          | = | 38,0 kg/m               |
| Statisch moment            | $S_y$      | = | 102229 mm <sup>3</sup>   | $S_z$      | = | 80671 mm <sup>3</sup>   |
| Traagheidsmoment           | $I_y$      | = | 11030697 mm <sup>4</sup> | $I_z$      | = | 9335203 mm <sup>4</sup> |
| Traagheidsstraal           | $i_y$      | = | 47,8 mm                  | $i_z$      | = | 43,9 mm                 |
| Elastisch weerstandsmoment | $W_{y;el}$ | = | 108120 mm <sup>3</sup>   | $W_{z;el}$ | = | 84865 mm <sup>3</sup>   |
| Centrifugaalmoment         | $C_{yz}$   | = | 0 mm <sup>3</sup>        | hoek       | = | 0,00 graden             |
| Traagheidsmoment           | $I_{max}$  | = | 11030697 mm <sup>4</sup> | $I_{min}$  | = | 9335203 mm <sup>4</sup> |
| Traagheidsstraal           | $i_{max}$  | = | 47,8 mm                  | $i_{min}$  | = | 43,9 mm                 |
| Halveringslijn             | $z_h$      | = | 19,8 mm                  | $y_h$      | = | 0,0 mm                  |
| Plastisch weerstandsmoment | $W_{y;pl}$ | = | 196603 mm <sup>3</sup>   | $W_{z;pl}$ | = | 161341 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 | H:daken                       | 0,00     | 0,00     | 0,00     |

**1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht**

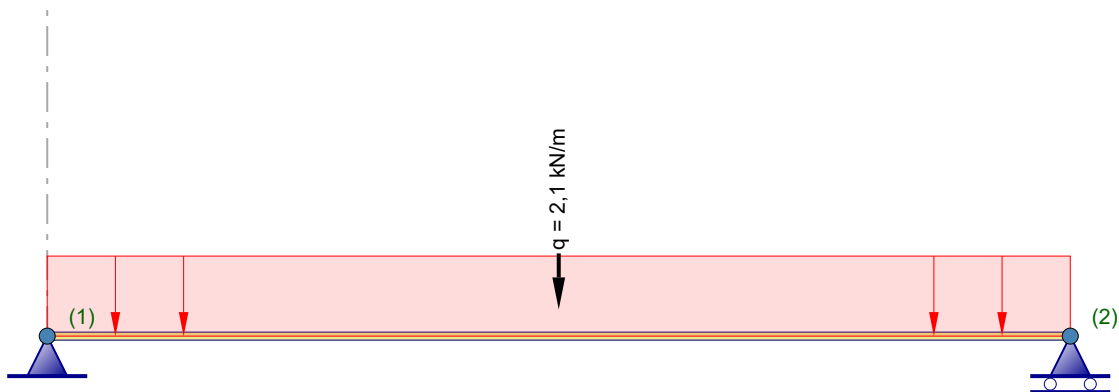
\*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

Totaal eigen gewicht: : 112 kg.

**1.5.1 Staafbelastingen**

| Type | Belasting   |             |      | Knoop | Afstand van |        |
|------|-------------|-------------|------|-------|-------------|--------|
|      | q1          | q2          | Hoek |       | a [mm]      | L [mm] |
|      | -0,372 kN/m | -0,372 kN/m | 0,0  | 1     | 0           | 3000   |
|      | -6,080 kN/m | -6,080 kN/m | 0,0  | 1     | 0           | 3000   |

### 1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk



#### 1.6.1 Staafbelastingen

| Type | Belasting   |             |      | Afstand van |        |        |
|------|-------------|-------------|------|-------------|--------|--------|
|      | q1          | q2          | Hoek | Knoop       | a [mm] | L [mm] |
| q    | -2,100 kN/m | -2,100 kN/m | 0,0  | 1           | 0      | 3000   |

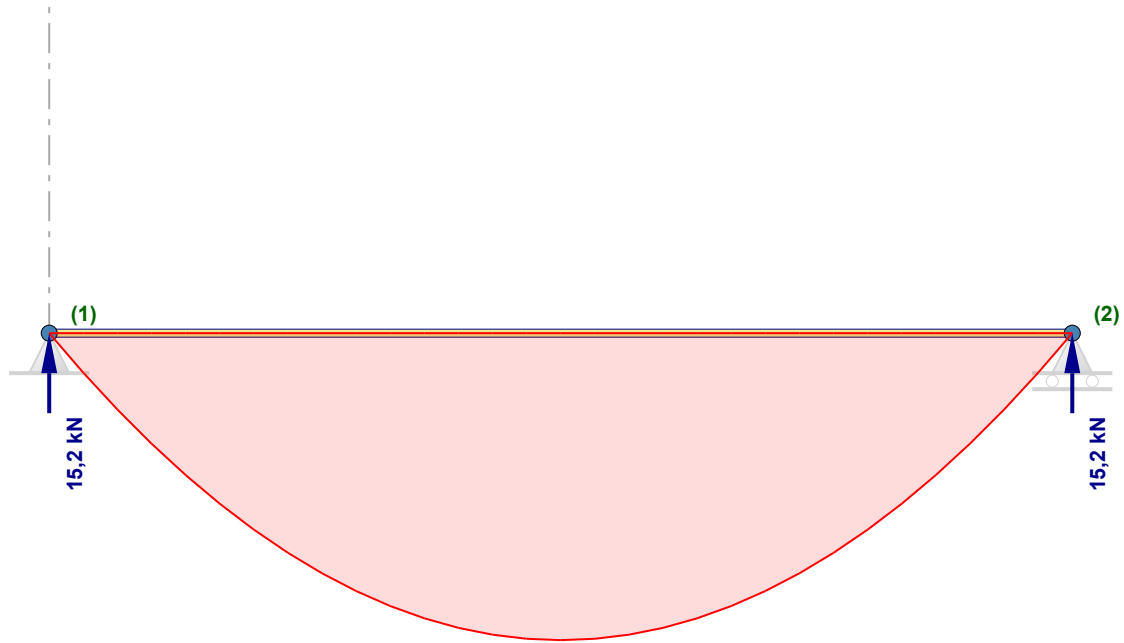
**2 Berekeningsresultaten****2.1 BELASTINGSGEVALLEN****(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling****2.1.1 Reactiekrachten**

| Knoop-nummer                | Belastings geval | Fx [kN] | Fz [kN]      | My [kNm] |
|-----------------------------|------------------|---------|--------------|----------|
| 1                           | 1                |         | <b>9,679</b> |          |
|                             | 2                |         | <b>3,150</b> |          |
| 2                           | 1                |         | <b>9,679</b> |          |
|                             | 2                |         | <b>3,150</b> |          |
| Minimale / maximale waarden |                  |         |              |          |
| 1                           | 2                |         | <b>3,150</b> |          |
| 1                           | 1                |         | <b>9,679</b> |          |

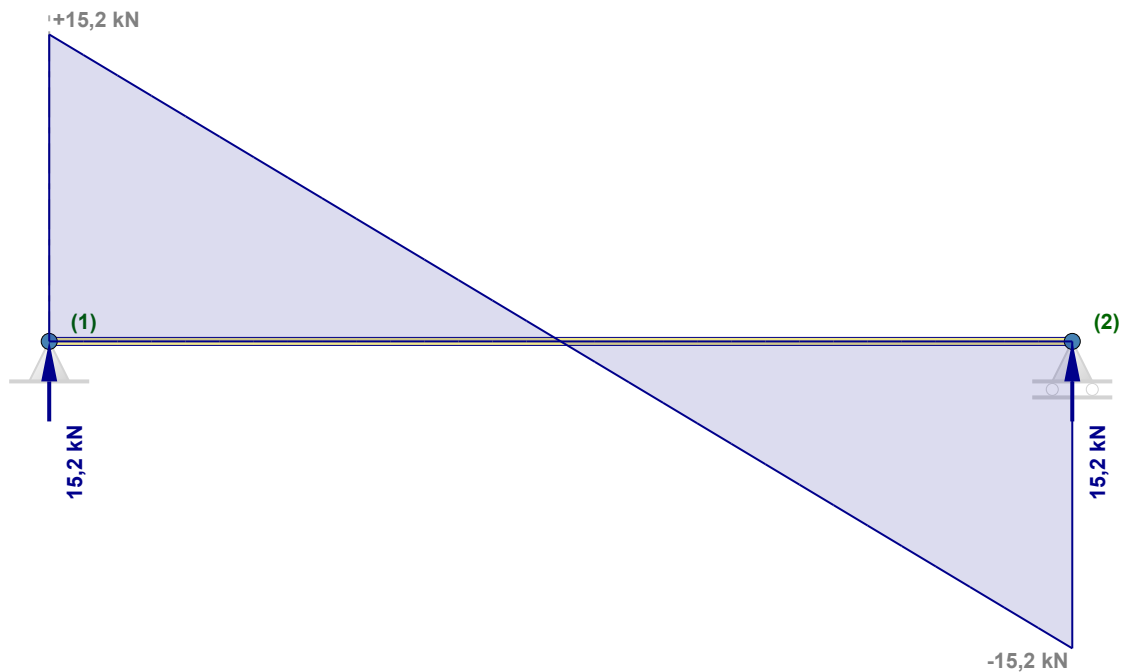
**2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)****2.2.1 Belastingscombinaties****(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling**

| Combinatie nummer | Omschrijving | Type |
|-------------------|--------------|------|
| 1                 | Permanent    | UGT  |
| 2                 | Veranderlijk | UGT  |

| Combinatie nummer | Belasting ( $\psi \times \gamma$ ) |           |  |  |
|-------------------|------------------------------------|-----------|--|--|
|                   | 1                                  | 2         |  |  |
| 1                 | 1,00x1,15                          |           |  |  |
| 2                 | 1,00x1,15                          | 1,00x1,30 |  |  |



Omhullende M-lijn



Omhullende D-lijn



**2.2.2 Omhullende reactiekrachten**

| Knoop-nummer                | Combinatie nummer | Fx [kN] | Fz [kN]       | My [kNm] |
|-----------------------------|-------------------|---------|---------------|----------|
| 1                           | 1                 |         | <b>11,131</b> |          |
|                             | 2                 |         | <b>15,226</b> |          |
| 2                           | 1                 |         | <b>11,131</b> |          |
|                             | 2                 |         | <b>15,226</b> |          |
| Minimale / maximale waarden |                   |         |               |          |
| 2                           | 1                 |         | <b>11,131</b> |          |
| 1                           | 2                 |         | <b>15,226</b> |          |

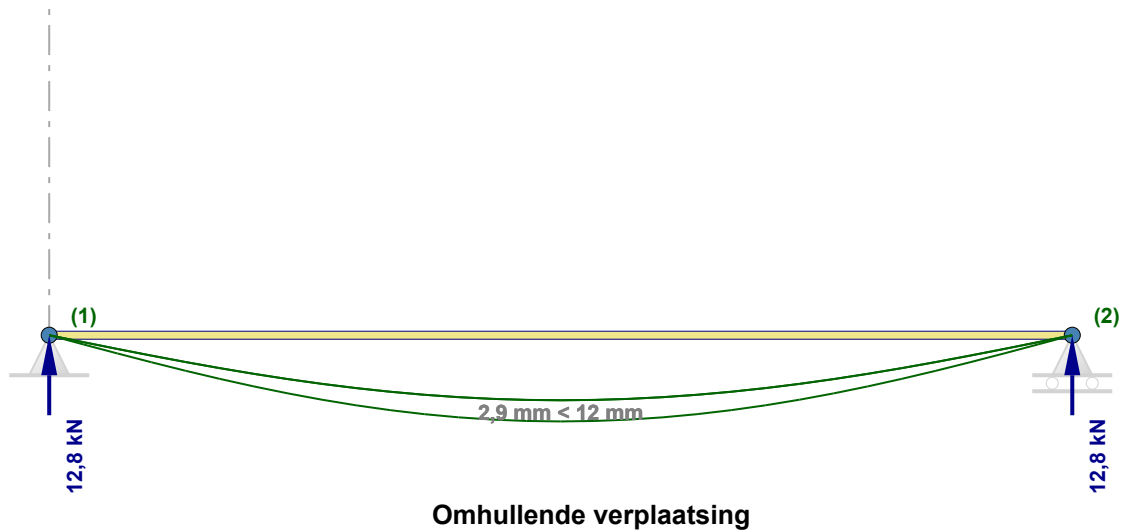
**2.2.3 Omhullende staafkrachten**

| Staafl-nummer | Combinatie nummer | Knoop-nummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|---------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1             | 1                 | 1            |               | 0,000          | <b>11,131</b>  | 0,000           |
|               | 2                 | 1            |               | 0,000          | <b>15,226</b>  | 0,000           |
|               | 2                 |              | 1500          | 0,000          | 0,000          | <b>11,419</b>   |
|               | 1                 | 2            |               | 0,000          | <b>11,131</b>  | 0,000           |
|               | 2                 | 2            |               | 0,000          | <b>15,226</b>  | 0,000           |

**2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)****2.3.1 Belastingcombinaties****(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling**

| Combinatie nummer | Omschrijving | Type         |
|-------------------|--------------|--------------|
| 3                 | Permanent    | BGT          |
| 4                 | Veranderlijk | BGT          |
| 5                 | BGT Blijvend | BGT Blijvend |

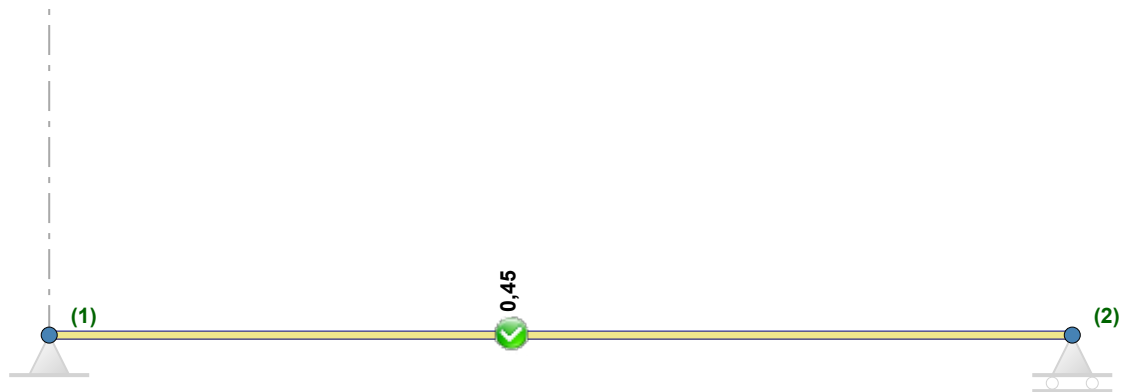
| Combinatie nummer | Belasting ( $\psi \times \gamma$ ) |           |  |  |
|-------------------|------------------------------------|-----------|--|--|
|                   | 1                                  | 2         |  |  |
| 3                 | 1,00x1,00                          |           |  |  |
| 4                 | 1,00x1,00                          | 1,00x1,00 |  |  |
| 5                 | 1,00x1,00                          |           |  |  |



### 2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen

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

### 2.4 EN1993 TOETSINGEN



| Staaflnummer | Profiel         | Combinatienummer | Klasse | Artikel     | U.C. |
|--------------|-----------------|------------------|--------|-------------|------|
| 1            | 2 x L150x100x10 | 2                | 3      | 6.2.5       | 0,45 |
|              |                 | 2                | 1      | 6.2.6       | 0,04 |
|              |                 | 4                |        | Doorbuiging | 0,32 |
|              |                 | 4                |        | Doorbuiging | 0,11 |

## 2.5 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

### 2.5.1 Staal 1 - 2 X L150X100X10 (S 235)

#### Buigend moment (maatgevend)

art. 6.2.5

Combinatie: 2  $x = 1500 \text{ mm}$   $N_x = 0 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = 11,419 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{108120 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 25,408 \text{ kNm} \quad (6.14)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{11,419}{25,408} = 0,45 < 1,0 \quad (6.12)$$

#### Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 2  $x = 3000 \text{ mm}$   $N_x = 0 \text{ kN}$   $V_z = -15,226 \text{ kN}$   $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{3037 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 412 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{15,2}{412,0} = 0,04 < 1,0 \quad (6.17)$$

#### Doorbuiging

Combinatie: 4  $x = 1500 \text{ mm}$   $N_x = 0 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = 9,622 \text{ kNm}$

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

$$w_{\text{eind},z} = w_z - w_{\text{Zeeg},z} = -3,9 - 0 = -3,9 \text{ mm}$$

$$\frac{|w_{\text{eind},z}|}{w_{\text{eind},z,\text{max}}} = \frac{|-3,9|}{3000 / 250} = \frac{|-3,9|}{12} = 0,32 < 1,0$$

$$w_{\text{bijk},z} = w_z - w_{\text{BGT Blijvend},z} = -3,9 + 2,9 = -1 \text{ mm}$$

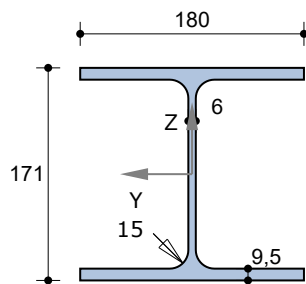
$$\frac{|w_{\text{bijk},z}|}{w_{\text{bijk},z,\text{max}}} = \frac{|-1|}{3000 / 333} = \frac{|-1|}{9} = 0,11 < 1,0$$

Bestand :.....S4U bestanden\Staalconstructie rondom trapgat.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 KNOPEN - Imperfectie scheefstand.....                | 6  |
| 2.2 BELASTINGSGEVALLEN.....                              | 6  |
| 2.2.1 Reactiekrachten.....                               | 6  |
| 2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT).....                  | 6  |
| 2.3.2 Omhullende reactiekrachten.....                    | 7  |
| 2.3.3 Omhullende staafkrachten.....                      | 8  |
| 2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT).....             | 8  |
| 2.4.2 Omhullende knoopverplaatsingen.....                | 9  |
| 2.5 EN1993 TOETSINGEN.....                               | 9  |
| 2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS.....                     | 10 |
| 2.6.1 Staaf 1 - HEA220.....                              | 10 |
| 2.6.2 Staaf 3 - HEA180.....                              | 12 |

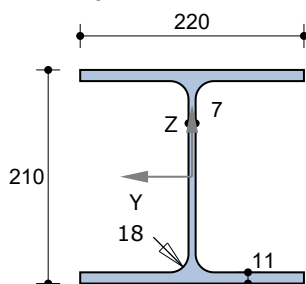


**HEA180****Materiaalgegevens**

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

**Doorsnedegegevens**

|                            |                                      |                                     |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Maximale coördinaat        | $y_{max} = 90,0$ mm                  | $Z_{max} = 85,5$ mm                 |
| Minimale coördinaat        | $y_{min} = -90,0$ mm                 | $Z_{min} = -85,5$ mm                |
| Zwaartelijns               | $Z_s = 0,0$ mm                       | $y_s = 0,0$ mm                      |
| Oppervlak / Gewicht        | A = 4527,5 mm <sup>2</sup>           | G = 35,5 kg/m                       |
| Statisch moment            | $S_y = 162511$ mm <sup>3</sup>       | $S_z = 78257$ mm <sup>3</sup>       |
| Traagheidsmoment           | $I_y = 25114862$ mm <sup>4</sup>     | $I_z = 9246276$ mm <sup>4</sup>     |
| Traagheidsstraal           | $i_y = 74,5$ mm                      | $i_z = 45,2$ mm                     |
| Elastisch weerstandsmoment | $W_{y,el} = 293741$ mm <sup>3</sup>  | $W_{z,el} = 102736$ mm <sup>3</sup> |
| Centrifugaalmoment         | $C_{yz} = 0$ mm <sup>3</sup>         | hoek = 0,00 graden                  |
| Traagheidsmoment           | $I_{max} = 25114862$ mm <sup>4</sup> | $I_{min} = 9246276$ mm <sup>4</sup> |
| Traagheidsstraal           | $i_{max} = 74,5$ mm                  | $i_{min} = 45,2$ mm                 |
| Halveringslijn             | $Z_h = 0,0$ mm                       | $y_h = 0,0$ mm                      |
| Plastisch weerstandsmoment | $W_{y,pl} = 325022$ mm <sup>3</sup>  | $W_{z,pl} = 156515$ mm <sup>3</sup> |

**HEA220****Materiaalgegevens**

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

**Doorsnedegegevens**

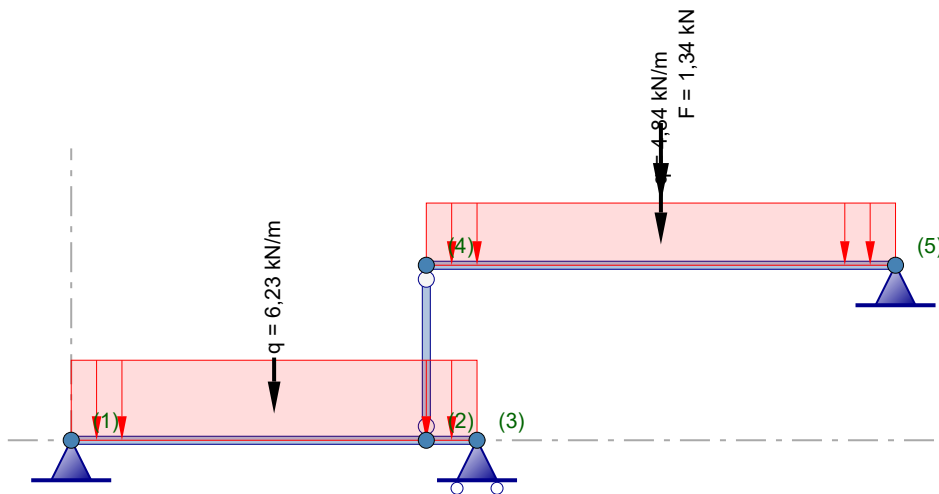
|                     |                                  |                                  |
|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Maximale coördinaat | $y_{max} = 110,0$ mm             | $Z_{max} = 105,0$ mm             |
| Minimale coördinaat | $y_{min} = -110,0$ mm            | $Z_{min} = -105,0$ mm            |
| Zwaartelijns        | $Z_s = 0,0$ mm                   | $y_s = 0,0$ mm                   |
| Oppervlak / Gewicht | A = 6436,3 mm <sup>2</sup>       | G = 50,5 kg/m                    |
| Statisch moment     | $S_y = 284322$ mm <sup>3</sup>   | $S_z = 135308$ mm <sup>3</sup>   |
| Traagheidsmoment    | $I_y = 54113401$ mm <sup>4</sup> | $I_z = 19545887$ mm <sup>4</sup> |
| Traagheidsstraal    | $i_y = 91,7$ mm                  | $i_z = 55,1$ mm                  |

|                            |              |                          |              |                          |
|----------------------------|--------------|--------------------------|--------------|--------------------------|
| Elastisch weerstandsmoment | $W_{y,el} =$ | 515366 mm <sup>3</sup>   | $W_{z,el} =$ | 177690 mm <sup>3</sup>   |
| Centrifugaalmoment         | $C_{yz} =$   | 0 mm <sup>3</sup>        | hoek =       | 0,00 graden              |
| Traagheidsmoment           | $I_{max} =$  | 54113401 mm <sup>4</sup> | $I_{min} =$  | 19545887 mm <sup>4</sup> |
| Traagheidsstraal           | $i_{max} =$  | 91,7 mm                  | $i_{min} =$  | 55,1 mm                  |
| Halveringslijn             | $Z_h =$      | 0,0 mm                   | $y_h =$      | 0,0 mm                   |
| Plastisch weerstandsmoment | $W_{y,pl} =$ | 568644 mm <sup>3</sup>   | $W_{z,pl} =$ | 270616 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 | H:daken                       | 0,00     | 0,00     | 0,00     |

### 1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht



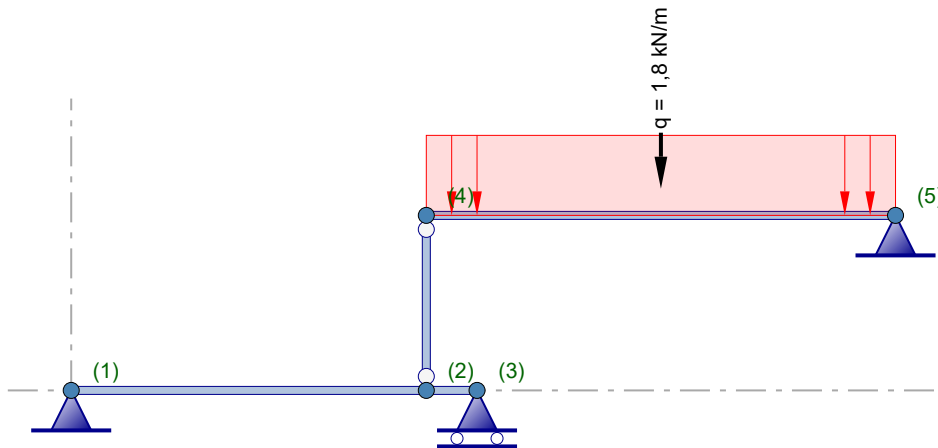
\*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!  
 Totaal eigen gewicht: : 336 kg.

#### 1.5.1 Staaftbelastingen

| Staaft-<br>nummer | Type | Belasting   |             |       | Afstand van |        |        |
|-------------------|------|-------------|-------------|-------|-------------|--------|--------|
|                   |      | q1          | q2          | Hoek  | Knoop       | a [mm] | L [mm] |
| 1                 |      | -0,496 kN/m | -0,496 kN/m | 0,0   | 1           | 0      | 3200   |
| 1                 |      | -6,230 kN/m | -6,230 kN/m | 0,0   | 1           | 0      | 3200   |
| 2                 |      | -0,349 kN/m | -0,349 kN/m | -90,0 | 2           | 0      | 1380   |
| 3                 |      | -0,349 kN/m | -0,349 kN/m | 0,0   | 4           | 0      | 3700   |
| 3                 |      | -4,840 kN/m | -4,840 kN/m | 0,0   | 4           | 0      | 3700   |
| 3                 |      | -1,340 kN   |             | 0,0   | 4           | 1850   |        |



## 1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk



### 1.6.1 Staafbelastingen

| Staaf-nummer | Belasting |             |             |      | Afstand van |        |        |
|--------------|-----------|-------------|-------------|------|-------------|--------|--------|
|              | Type      | q1          | q2          | Hoek | Knoop       | a [mm] | L [mm] |
| 3            | q         | -1,800 kN/m | -1,800 kN/m | 0,0  | 4           | 0      | 3700   |

## 2 Berekeningsresultaten

### 2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand

| Knoop-<br>nummer | 1/200 in +X |        | 1/200 in -X |        |
|------------------|-------------|--------|-------------|--------|
|                  | X [mm]      | Z [mm] | X [mm]      | Z [mm] |
| 1                | 0           | 0      | 0           | 0      |
| 2                | 2800        | 0      | 2800        | 0      |
| 3                | 3200        | 0      | 3200        | 0      |
| 4                | 2807        | 1380   | 2793        | 1380   |
| 5                | 6507        | 1380   | 6493        | 1380   |

### 2.2 BELASTINGSGEVALLEN

#### (GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling

##### 2.2.1 Reactiekrachten

| Knoop-<br>nummer            | Belastings<br>geval | Fx<br>[kN] | Fz<br>[kN]    | My<br>[kNm] |
|-----------------------------|---------------------|------------|---------------|-------------|
| 1                           | 1                   |            | <b>12,105</b> |             |
|                             | 2                   |            | <b>0,416</b>  |             |
| 3                           | 1                   |            | <b>20,167</b> |             |
|                             | 2                   |            | <b>2,914</b>  |             |
| 5                           | 1                   |            | <b>10,269</b> |             |
|                             | 2                   |            | <b>3,330</b>  |             |
| Minimale / maximale waarden |                     |            |               |             |
| 1                           | 2                   |            | <b>0,416</b>  |             |
| 3                           | 1                   |            | <b>20,167</b> |             |

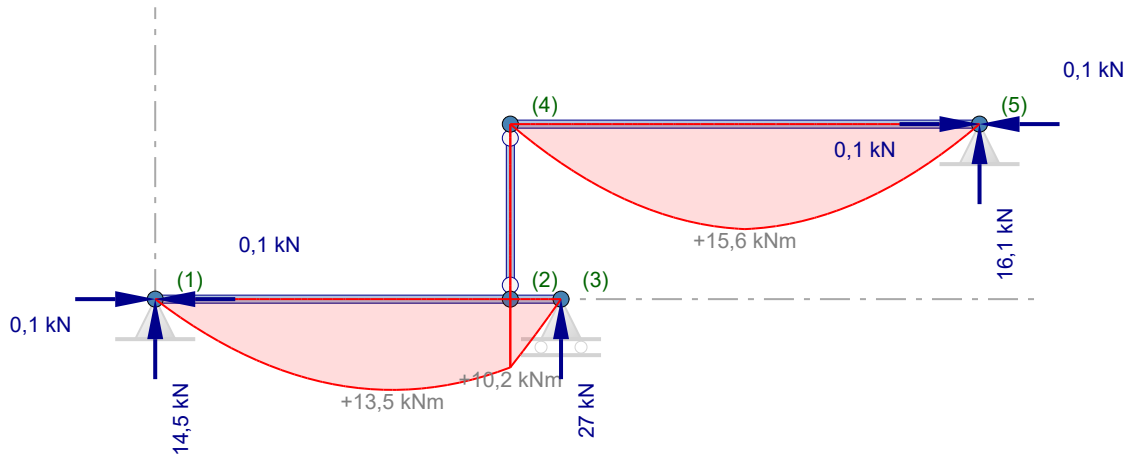
### 2.3 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

#### 2.3.1 Belastingscombinaties

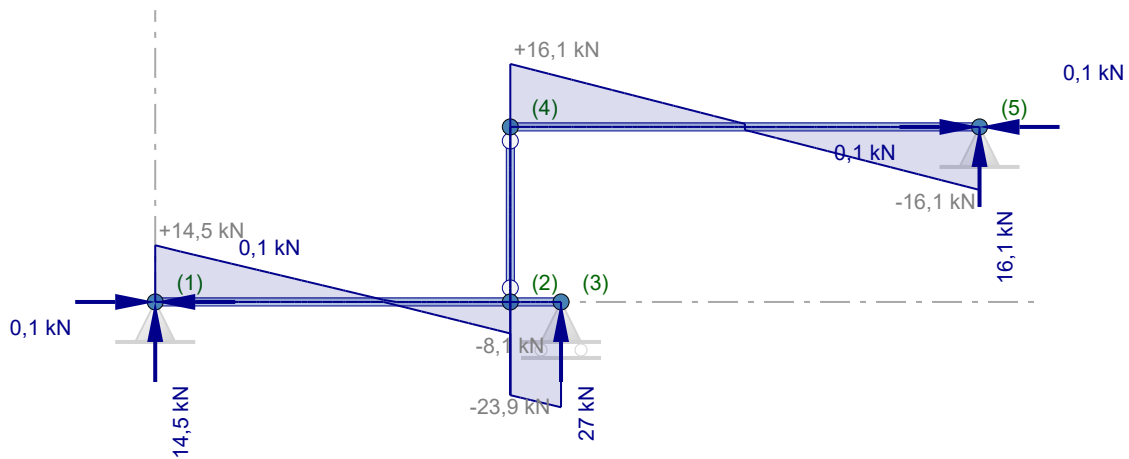
##### (GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

| Combinatie<br>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                  | Veranderlijk + Scheefstand 1/200 +X | UGT  |
| 3.2                  | Veranderlijk + Scheefstand 1/200 -X | UGT  |
| 4.1                  | Veranderlijk + Scheefstand 1/200 +X | UGT  |
| 4.2                  | Veranderlijk + Scheefstand 1/200 -X | UGT  |

| Combinatie nummer | Belasting ( $\psi \times \gamma$ ) |           |  |  |
|-------------------|------------------------------------|-----------|--|--|
|                   | 1                                  | 2         |  |  |
| 1.1               | 1,00x1,20                          |           |  |  |
| 1.2               | 1,00x1,20                          |           |  |  |
| 2.1               | 1,00x0,90                          |           |  |  |
| 2.2               | 1,00x0,90                          |           |  |  |
| 3.1               | 1,00x1,15                          | 1,00x1,30 |  |  |
| 3.2               | 1,00x1,15                          | 1,00x1,30 |  |  |
| 4.1               | 1,00x0,90                          | 1,00x1,30 |  |  |
| 4.2               | 1,00x0,90                          | 1,00x1,30 |  |  |



Omhullende M-lijn



Omhullende D-lijn

### 2.3.2 Omhullende reactiekrachten

| Knoop-nummer | Combinatie nummer | Fx [kN]       | Fz [kN]       | My [kNm] |
|--------------|-------------------|---------------|---------------|----------|
| 1            | 1.2               | -0,065        | <b>14,526</b> |          |
|              | 2.1               | 0,048         | <b>10,894</b> |          |
|              | 3.1               | <b>0,083</b>  | 14,462        |          |
|              | 3.2               | <b>-0,083</b> | 14,462        |          |

| Knoop-nummer                | Combinatie nummer | Fx [kN]       | Fz [kN]       | My [kNm] |
|-----------------------------|-------------------|---------------|---------------|----------|
| 3                           | 2.2               |               | <b>18,151</b> |          |
|                             | 3.1               |               | <b>26,980</b> |          |
| 5                           | 2.1               | -0,046        | <b>9,242</b>  |          |
|                             | 3.1               | <b>-0,081</b> | 16,138        |          |
|                             | 3.2               | <b>0,081</b>  | <b>16,138</b> |          |
| Minimale / maximale waarden |                   |               |               |          |
| 1                           | 3.2               | <b>-0,083</b> |               |          |
| 1                           | 3.1               | <b>0,083</b>  |               |          |
| 5                           | 2.1               |               | <b>9,242</b>  |          |
| 3                           | 3.1               |               | <b>26,980</b> |          |

### 2.3.3 Omhullende staafkrachten

| Staafl-nummer | Combinatie nummer | Knoop-nummer | x-lokaal [mm] | Nx-lokaal [kN] | Vz-lokaal [kN] | My-lokaal [kNm] |
|---------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1             | 1.1               | 1            |               | 0,065          | <b>14,526</b>  | 0,000           |
|               | 3.1               | 1            |               | <b>0,083</b>   | 14,462         | 0,000           |
|               | 2.2               | 2            |               | 0,000          | -15,730        | <b>6,776</b>    |
|               | 3.1               |              | 1870          | <b>-0,083</b>  | 0,000          | <b>13,520</b>   |
|               | 3.1               | 2            |               | <b>-0,083</b>  | -7,195         | <b>10,173</b>   |
|               | 3.1               | 2            |               | 0,000          | <b>-23,887</b> | 10,173          |
| 2             | 3.1               | 3            |               | 0,000          | <b>26,980</b>  | 0,000           |
|               | 2.2               | 2            |               | <b>9,675</b>   | 0,000          | 0,000           |
|               | 3.1               | 2            |               | <b>16,692</b>  | 0,000          | 0,000           |
|               | 2.2               | 4            |               | <b>-9,242</b>  | 0,000          | 0,000           |
| 3             | 3.1               | 4            |               | <b>-16,139</b> | 0,000          | 0,000           |
|               | 2.1               | 4            |               | 0,046          | <b>9,242</b>   | 0,000           |
|               | 3.1               | 4            |               | <b>0,081</b>   | 16,138         | 0,000           |
|               | 3.2               | 4            |               | <b>-0,081</b>  | <b>16,138</b>  | 0,000           |
|               | 3.2               |              | 1850          | 0,081          | 0,771          | <b>15,641</b>   |
|               | 2.2               | 5            |               | 0,046          | <b>9,242</b>   | 0,000           |
|               | 3.1               | 5            |               | <b>-0,081</b>  | <b>16,138</b>  | 0,000           |
| 3.2           | 5                 |              | <b>0,081</b>  | 16,138         | 0,000          |                 |

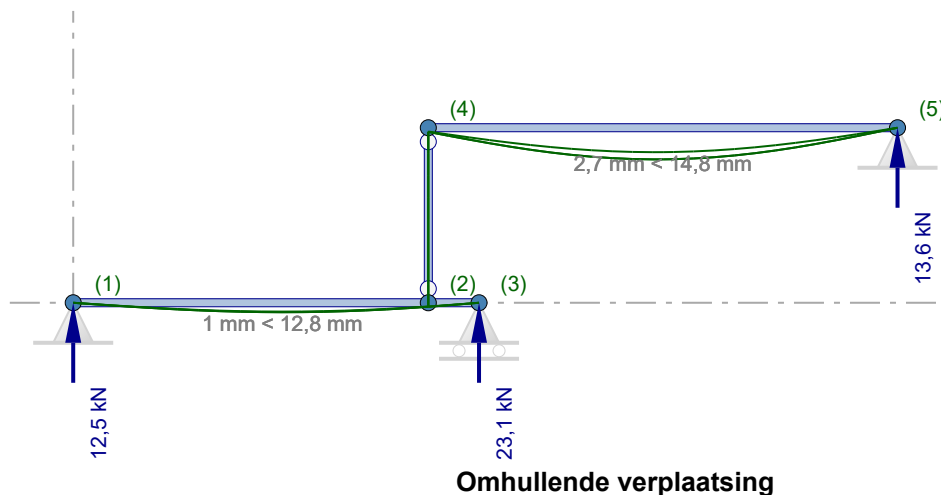
## 2.4 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

### 2.4.1 Belastingcombinaties

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

| Combinatie nummer | Omschrijving | Type         |
|-------------------|--------------|--------------|
| 5                 | Permanent    | BGT          |
| 6                 | Veranderlijk | BGT          |
| 7                 | BGT Blijvend | BGT Blijvend |

| Combinatie nummer | Belasting ( $\psi \times \gamma$ ) |           |  |  |
|-------------------|------------------------------------|-----------|--|--|
|                   | 1                                  | 2         |  |  |
| 5                 | 1,00x1,00                          |           |  |  |
| 6                 | 1,00x1,00                          | 1,00x1,00 |  |  |
| 7                 | 1,00x1,00                          |           |  |  |

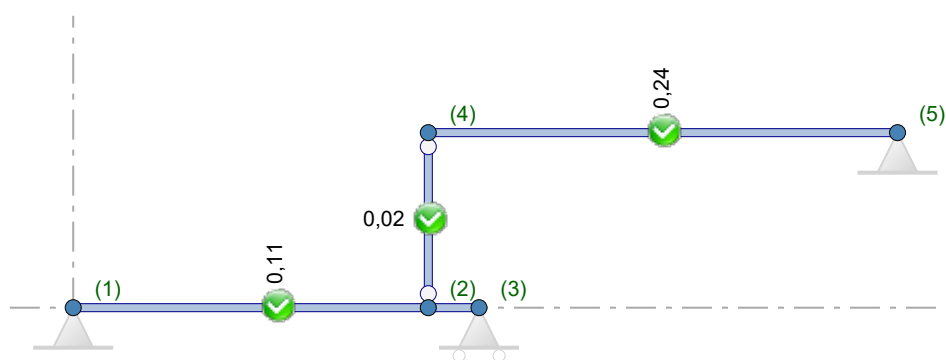


### 2.4.2 Omhullende knoopverplaatsingen

| Knoop-nummer                | Combinatie nummer | dx [mm] | dz [mm] | dr [mrad] |
|-----------------------------|-------------------|---------|---------|-----------|
| 1                           | 5                 | 0,0     | 0,0     | -1,0      |
|                             | 6                 | 0,0     | 0,0     | -1,1      |
| 2                           | 5                 | 0,0     | -0,4    | 1,0       |
|                             | 6                 | 0,0     | -0,5    | 1,1       |
| 3                           | 5                 | 0,0     | 0,0     | 1,1       |
|                             | 6                 | 0,0     | 0,0     | 1,2       |
| 4                           | 5                 | 0,0     | -0,5    | -2,2      |
|                             | 6                 | 0,0     | -0,5    | -2,9      |
| 5                           | 5                 | 0,0     | 0,0     | 2,4       |
|                             | 6                 | 0,0     | 0,0     | 3,1       |
| Minimale / maximale waarden |                   |         |         |           |
| 4                           | 6                 | 0,0     |         |           |
| 1                           | 6                 | 0,0     |         |           |
| 4                           | 6                 |         | -0,5    |           |
| 5                           | 5                 |         | 0,0     |           |
| 4                           | 6                 |         |         | -2,9      |
| 5                           | 6                 |         |         | 3,1       |

### 2.5 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            | HEA220  | 3.1              | 1      | 6.2.5       | 0,10 |
|              |         | 3.1              | 1      | 6.2.6       | 0,10 |
|              |         | 3.1              | 1      | 6.2.8       | 0,10 |
|              |         | 3.1              | 1      | 6.3.2.1     | 0,11 |
| 2            | HEA180  | 3.1              | 1      | 6.2.4       | 0,02 |
|              |         | 3.1              | 1      | 6.2.8       | 0,00 |
|              |         | 3.1              | 1      | 6.3.3       | 0,02 |
| 3            | HEA180  | 3.2              | 1      | 6.2.5       | 0,20 |
|              |         | 3.1              | 1      | 6.2.6       | 0,08 |
|              |         | 3.2              | 1      | 6.2.8       | 0,20 |
|              |         | 3.2              | 1      | 6.3.2.1     | 0,23 |
|              |         | 6                | 1      | Doorbuiging | 0,24 |

## 2.6 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

### 2.6.1 Staal 1 - HEA220

#### Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 3.1  $x = 1869,8 \text{ mm}$   $N_x = -0,083 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = 13,52 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{568644 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 133,631 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{13,520}{133,631} = 0,10 < 1,0 \quad (6.12)$$

#### Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 3.1  $x = 3200 \text{ mm}$   $N_x = 0 \text{ kN}$   $V_z = -26,98 \text{ kN}$   $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2069 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 280,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{27,0}{280,7} = 0,10 < 1,0 \quad (6.17)$$

**Buiging en dwarskracht**

art. 6.2.8

Combinatie: 3.1  $x = 1869,8 \text{ mm}$   $N_x = -0,083 \text{ kN}$   $V_z = 0 \text{ kN}$   $M_y = 13,52 \text{ kNm}$ 

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2069 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 280,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 0,000 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 280,716 / 2 = 140,358 \text{ kN}$$

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

**Kipstabiliteit**

art. 6.3.2.1

Combinatie: 3.1  $x = 1869,8 \text{ mm}$   $N_x = -0,083 \text{ kN}$   $V_z = 2,086 \text{ kN}$   $M_y = 13,52 \text{ kNm}$ 

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0 \quad d' = h - t = 210 - 11 = 199 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{(199)^2 \times 220^3 \times 11,0}{24} = 193266 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 285781 \text{ mm}^4$$

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

$$L_g = 3200 \text{ mm} \quad L_{st} = 3200 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2=1600 \text{ mm}) = 13,238 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting  $q = 10,342 \text{ kN/m}$ 

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 0 \times 10^6}{8 \times |0 \times 10^6| + 10,342 \times 3200^2} = 0 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

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

aangrijpingspunt belasting op  $z = 105 \text{ mm}$ 

$$L_{kip} = L_{st} = 3200 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E x I_z}{G x I_t}} = \frac{210}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 19545887}{80769 \times 285781}} = 1400 \text{ mm} \quad (\text{NB.159})$$

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

$$= \frac{\pi \times 1,13 \times 3200}{3200} \times \left( \sqrt{1 + \left( \frac{\pi^2 \times 1400^2}{3200^2} \times (-0,461^2 + 1) + \frac{\pi \times -0,461 \times 1400}{3200} \right)} \right) = 4,187$$

$$h/t_w = 210/7 = 30 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad (\text{NB.153})$$

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

$$= 1 \times \frac{4,187}{3200} \times \sqrt{210000 \times 19545887 \times 80769 \times 285781} \times 10^{-6} = 402,781 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{568644 \times 235}{402781137}} = 0,576 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

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

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,576 - 0,4) + 0,75 \times 0,576^2] = 0,654$$

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

$$= \min \left( \frac{1}{0,654 + \sqrt{0,654^2 - 0,75 \times 0,576^2}}; 1,0; \frac{1}{0,576^2} \right) = 0,928$$

$$k_c = 0,94$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,94) \times [1 - 2,0 \times (0,576 - 0,8)^2] = 0,973$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0,928}{0,973} = 0,954 \quad (6.58)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,954 \times 568644 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 127,4 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{13,5}{127,4} = 0,11 < 1,0 \quad (6.54)$$

### 2.6.2 Staaf 3 - HEA180

#### Buigend moment

art. 6.2.5

Combinatie: 3.2  $x = 1850 \text{ mm}$   $N_x = 0,081 \text{ kN}$   $V_z = 0,771 \text{ kN}$   $M_y = 15,641 \text{ kNm}$

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{325022 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 76,38 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{15,641}{76,380} = 0,20 < 1,0 \quad (6.12)$$

#### Dwarskracht (afschuiving)

art. 6.2.6

Combinatie: 3.1  $x = 3700 \text{ mm}$   $N_x = -0,081 \text{ kN}$   $V_z = -16,138 \text{ kN}$   $M_y = 0 \text{ kNm}$



$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1450 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 196,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{16,1}{196,7} = 0,08 < 1,0 \quad (6.17)$$

**Buiging en dwarskracht****art. 6.2.8**Combinatie: 3.2  $x = 1850 \text{ mm}$   $N_x = 0,081 \text{ kN}$   $V_z = 0,771 \text{ kN}$   $M_y = 15,641 \text{ kNm}$ 

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1450 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 196,7 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,Ed} = 0,771 \text{ kN} < V_{z,pl,Rd} / 2 = 196,732 / 2 = 98,366 \text{ kN}$$

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

**Kipstabiliteit****art. 6.3.2.1**Combinatie: 3.2  $x = 1850 \text{ mm}$   $N_x = 0,081 \text{ kN}$   $V_z = 0,771 \text{ kN}$   $M_y = 15,641 \text{ kNm}$ 

$$\text{Aantal kipsteunen: } 0 \quad d' = h - t = 171 - 9,5 = 161,5 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{(161,5)^2 \times 180^3 \times 9,5}{24} = 60211 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 148603 \text{ mm}^4$$

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

$$L_g = 3700 \text{ mm} \quad L_{st} = 3700 \text{ mm}$$

$$M_{y,1,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad M_{y,2,Ed} = 0 \text{ kNm} \quad M_{yEd} (x=L_{st}/2=1850 \text{ mm}) = 15,641 \text{ kNm}$$

Berekende equivalente belasting  $q = 9,14 \text{ kN/m}$ 

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 0 \times 10^6}{8 \times |0 \times 10^6| + 9,14 \times 3700^2} = 0 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

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

aangrijpingspunt belasting op  $z = 86 \text{ mm}$ 

$$L_{kip} = L_{st} = 3700 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{171}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 9246276}{80769 \times 148603}} = 1087 \text{ mm} \quad \text{(NB.159)}$$

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

$$= \frac{\pi \times 1,13 \times 3700}{3700} \times \left( \sqrt{1 + \left( \frac{\pi^2 \times 1087^2}{3700^2} \times (-0,461^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times -0,461 \times 1087}{3700} \right) = 3,549$$

$$h / t_w = 171 / 6 = 28,5 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad (\text{NB.153})$$

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

$$= 1 \times \frac{3,549}{3700} \times \sqrt{210000 \times 9246276 \times 80769 \times 148603} \times 10^{-6} = 146,431 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{325022 \times 235}{146430932}} = 0,722 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

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

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - \lambda_{Lt,0}) + \beta \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,722 - 0,4) + 0,75 \times 0,722^2] = 0,75$$

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

$$= \min \left( \frac{1}{0,75 + \sqrt{0,75^2 - 0,75 \times 0,722^2}}; 1,0; \frac{1}{0,722^2} \right) = 0,858$$

$$k_c = 0,94$$

$$f = 1 - 0,5 (1 - k_c) [1 - 2,0 (\lambda_{Lt} - 0,8)^2] = 1 - 0,5 \times (1 - 0,94) \times [1 - 2,0 \times (0,722 - 0,8)^2] = 0,97$$

$$\chi_{Lt,mod} = \frac{\chi_{Lt}}{f} = \frac{0,858}{0,97} = 0,885 \quad (\text{6.58})$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,885 \times 325022 \times \frac{235}{1,00} \times 10^{-6} = 67,6 \text{ kNm} \quad (\text{6.55})$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{15,6}{67,6} = 0,23 < 1,0 \quad (\text{6.54})$$

## Doorbuiging

$$\text{Combinatie: 6} \quad x = 1850 \text{ mm} \quad N_x = 0 \text{ kN} \quad V_z = 0,67 \text{ kN} \quad M_y = 13,199 \text{ kNm}$$

$$\text{Lokale knoopverplaatsingen } d_{z1} = -0,5 \text{ mm} \quad d_{z2} = 0 \text{ mm}$$

$$W_{eind,z} = W_z - W_{Zeeg,z} = -3,5 - 0 = -3,5 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{eind,z}|}{W_{eind,z,max}} = \frac{|-3,5|}{3700 / 250} = \frac{|-3,5|}{14,8} = 0,24 < 1,0$$

$$W_{bijk,z} = W_z - W_{BGT Blijvend,z} = -3,5 + 2,7 = -0,8 \text{ mm}$$

$$\frac{|W_{bijk,z}|}{W_{bijk,z,max}} = \frac{|-0,8|}{3700 / 333} = \frac{|-0,8|}{11,1} = 0,07 < 1,0$$