Mestsilo's MST1B

Opdrachtgever	:	**Aquastruct B.V.** Pastorijwijk 11 9222 LD Drachtstercompagnie
Locatie	:	Nederland
Onderdeel	:	**Berekening standaard systeem MST1B – Wandhoogte 6 meter**
Ordernr. Klant	:	
Projectnr. Lincon	:	125115
Documentnr.	:	BER - 001
Versie	:	0.0
Datum	:	26-03-2025
Status	:	**Ter goedkeuring**
Door	:	LINCON bv Nanengat 11 3356 AA Papendrecht Tel.: 078 – 699 51 51 E-mail: info@lincon.nl
Auteur	:	[redacted]
Toetser	:	
Vrijgave	:	
Vrijgave klant	:	

Paraaf: [redacted]

Paraaf:

Paraaf:

Paraaf:

Paraaf:

VERSIEBEHEER

Berekening	Versie	Datum	Status / opmerkingen
BER - 001	0.0	26-03-2025	Ter goedkeuring

GERELATEERDE DOCUMENTEN

Document	Versie	Datum	Omschrijving

VERKLARENDE WOORDENLIJST

Afkorting	Verklaring
SCIA Engineer	Scia Engineer, SCIA International NV, rekensoftware gebaseerd op eindige elementenmethode
IDEA	IDEA, RFEM Nederland BV, rekensoftware gebaseerd op controle van willekeurige gewapende doorsnedes volgens EC2
Excel	Microsoft Excel 2018, Microsoft Corporation, spreadsheet programma

KWALITEIT

Alle werkzaamheden worden uitgevoerd volgens het NEN-EN-ISO9001 kwaliteitsmanagementsysteem (zorg, beheersing en borging), geëvalueerd en goedgekeurd door Lloyd's Register Quality Assurance onder goedkeuringsnr. ISO 9001 - 0025266.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

LINCON
INGENIEURSBUREAU BETONCONSTRUCTIES

AquaStruct

INHOUDSOPGAVE

1 ALGEMEEN 4
1.1 INLEIDING 4
1.2 GEOMETRIE 5
2 UITGANGSPUNTEN VOOR DE BEREKENING 7
2.1 BASISGEGEVENS 7
2.1.1 NORMBLADEN, VOORSCHRIFTEN EN TABELLEN 7
2.1.2 OVERIGE RICHTLIJNEN 7
2.2 MATERIAALGEGEVENS 8
2.2.1 GEWAPEND BETON 8
2.2.2 BETONSTAAL 8
2.2.3 VOORSPANSTAAL 8
2.2.4 VOLUMIEKE MASSA'S 9
2.3 CONSTRUCTIEGEGEVENS 10
2.3.1 MINIMAAL AAN TE HOUDEN DEKKING 10
2.3.2 BRANDWERENDHEID 12
2.3.3 FUNDERING 12
3 SCHEMATISERING 13
3.1 ALGEMEEN 13
3.2 BEPALING BEDDING WAND 13
4 BELASTINGEN 14
4.1 PERMANENTE BELASTINGEN 14
4.1.1 VOORSPANNING 14
4.1.2 VLOEISTOF - NOMINAAL VULLINGSPEIL 15
4.1.3 GRONDDRUK 15
4.1.4 EIGEN GEWICHT 15
4.1.5 KRIMP, KRUIP EN RELAXATIE 15
4.2 VERANDERLIJKE BELASTINGEN 16
4.2.1 WIND 16
4.2.2 TEMPERATUUR 17
4.2.3 VERKEERSBELASTING 20
4.3 BUITENGEWONE BELASTINGEN 21
4.3.1 VLOEISTOF - MAXIMAAL VULLINGSPEIL 21
4.4 BELASTINGCOMBINATIES 22
4.4.1 BELASTINGSFACTOREN – MOMENTAANFACTOREN 22
5 BEREKENING TANK - 56 ELEMENTEN 23
5.1 OPTREDENDE SNEDEKRACHTEN 23
5.2 CONTROLE STANDAARD ELEMENT 24
5.2.1 BUIGEND MOMENT ULS 24
5.2.2 DWARSKRACHT ULS 24
5.2.3 DRUK IN DE VOEGEN 24

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

5.2.4 DUURZAAMHEID 25
5.2.5 VLOEISTOFDICHTHEID 26
5.3 CONTROLE SPANELEMENT 28
5.3.1 BUIGEND MOMENT ULS 28
5.3.2 DWARSKRACHT ULS 28
5.3.3 HORIZONTALE SPLIJTWAPENING 29
5.3.4 VERTICALE SPLIJTWAPENING 29
5.4 CONTROLE WAPENING KIM 30
6 RESULTATEN TANK - 48 ELEMENTEN 31
6.1 VOORSPANNING 31
6.2 OPTREDENDE SNEDEKRACHTEN 32
6.3 OPTREDENDE VOEGVERPLAATSINGEN 33
7 RESULTATEN TANK - 36 ELEMENTEN 34
7.1 VOORSPANNING 34
7.2 OPTREDENDE SNEDEKRACHTEN 35
7.3 OPTREDENDE VOEGVERPLAATSINGEN 36

Bijlage A Gegevens constructie - Wandhoogte 6,0 m
Bijlage B Karakteristieken
Bijlage C Belastingen - Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m
Bijlage D Temperatuurbelasting - Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m
Bijlage E Verhinderde reacties (zonder temperatuur) - Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m
Bijlage F Krachtsverdeling (zonder temperatuur) - Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m
Bijlage G Berekening standaard wandelement - Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m
Bijlage H Berekening spanelement - Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m
Bijlage I Berekening kim - Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

1 ALGEMEEN

1.1 INLEIDING

In opdracht van Aquastruct B.V. worden door Lincon bv een reeks mestsilo's van voorgespannen geprefabriceerde betonnen wandelementen berekend. De berekening is opgesteld i.v.m. het verkrijgen van het KIWA KOMO-attest.

Deze berekening betreft MST1B silo's met een wandhoogte van 6 m in 3 verschillende diameters.

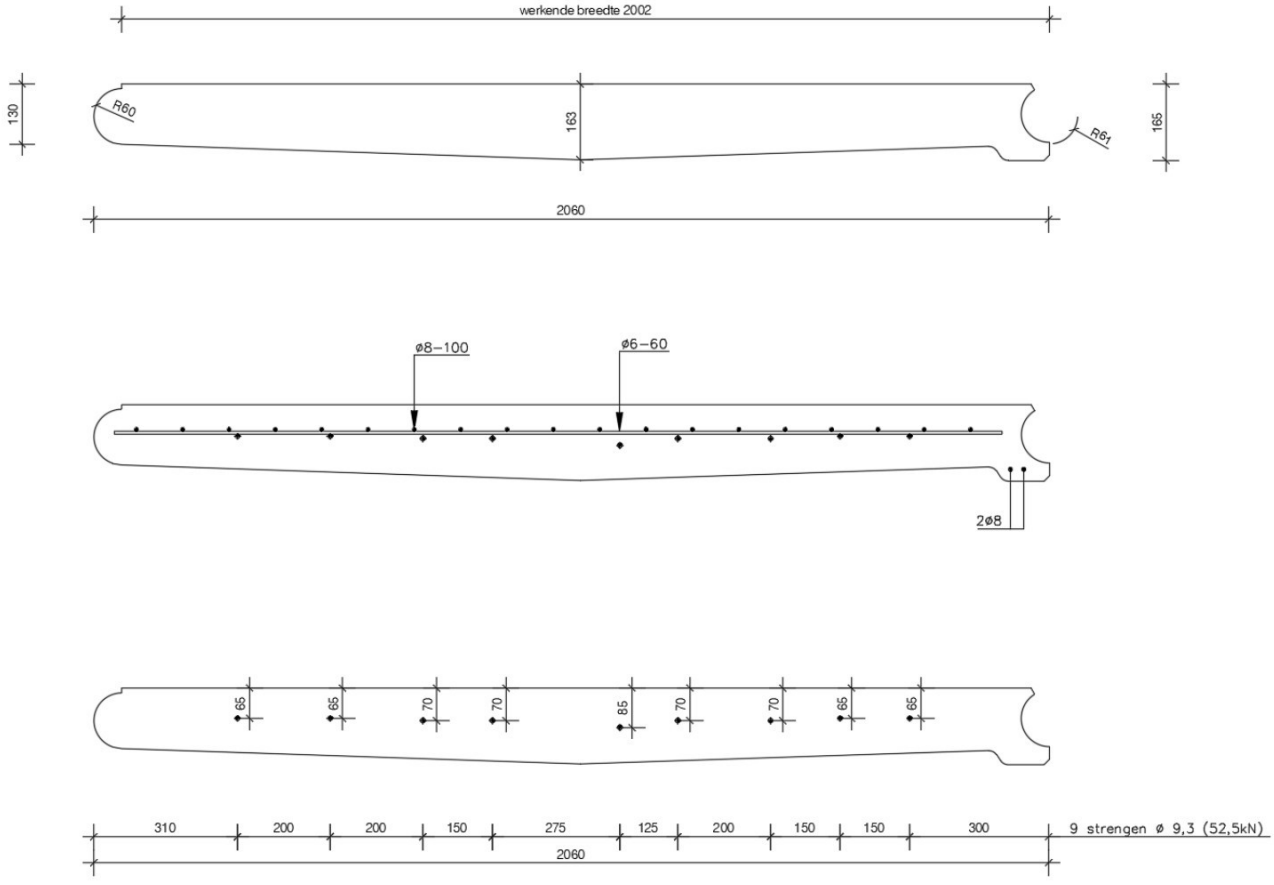
Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

1.2 GEOMETRIE

De tanks worden opgebouwd uit prefab voorgespannen wandelementen, welke worden samengesteld middels horizontale voorspanning (VZA). De wandelementen zijn voorzien van traditionele wapening i.c.m. voorspanstrengen in de lengte van de wandplaat (hoogterichting van de tank). De wandelementen worden eerst gesteld, dan voorgespannen en tenslotte wordt de kim aangestort.

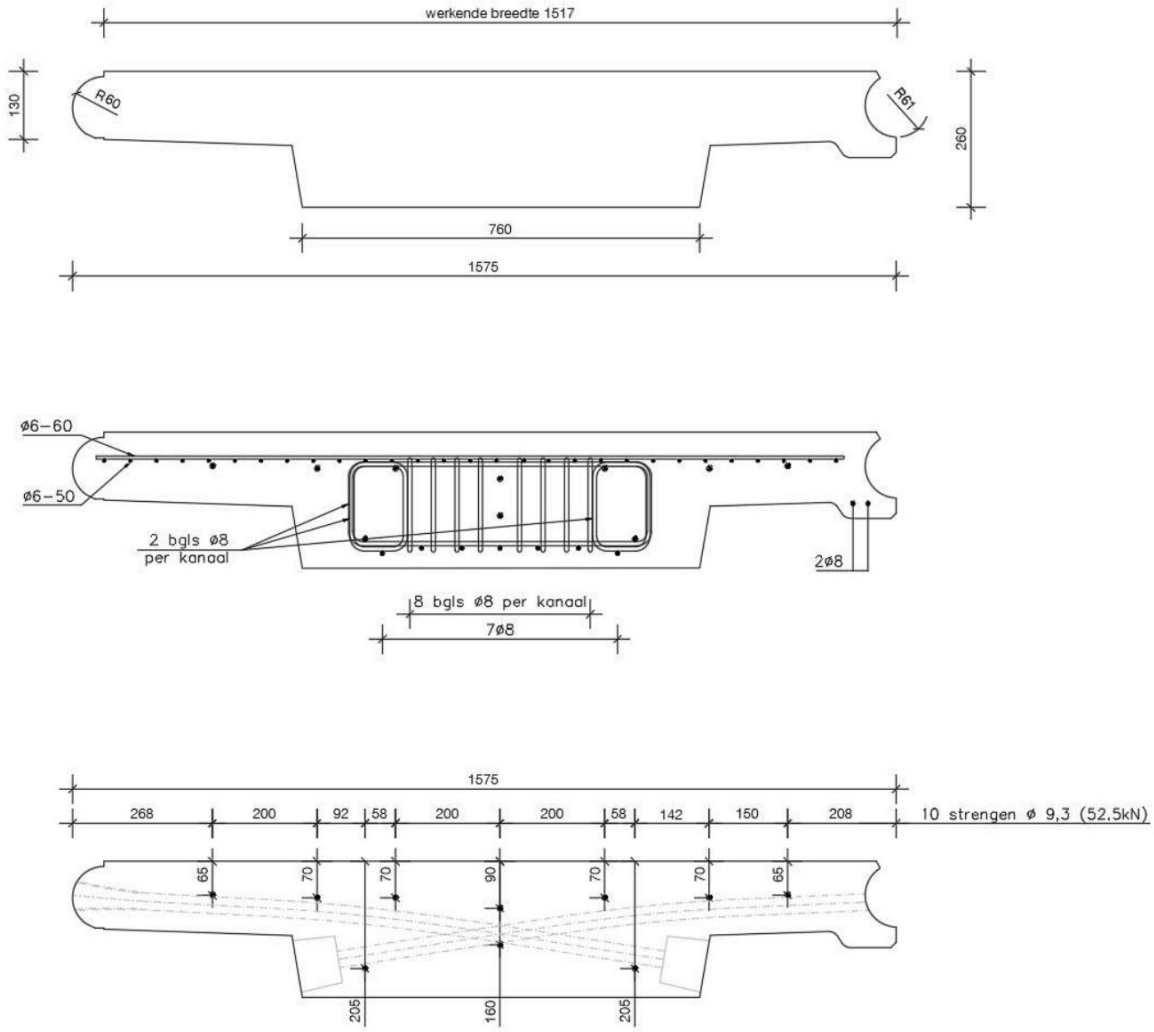
Dit rapport bevat de volledige berekening van een MST1B tank met een wandhoogte van 6,0 m en een uitwendige diameter van 35,6 m. Deze tank bestaat uit 54 standaard elementen en 2 spanelementen. De werkende breedte van een standaard element is 2002 mm, de werkende breedte van een spanelement is 1517 mm.

In onderstaande figuren zijn de doorsnedes van een standaard wandelement en van een spanelement weergegeven.



Figuur 1.1: Doorsnede standaard element

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl



Figuur 1.2: Doorsnede spanelement

Op analoge wijze is voor de tanks met een kleinere diameter het systeem doorgerekend. De samengevatte resultaten hiervan zijn weergegeven in hoofdstukken 6 en 7. In onderstaande tabel is een overzicht weergegeven van welke tanks beschouwd worden.

Tabel 1.1

MST1B	Wandhoogte [m]	D inwendig [m]	D uitwendig [m]	Totale aantal elementen	Aantal spanelementen	Berekening
6	6,0	35,24	35,6	56	2	Hoofdstuk 5
5	6,0	30,14	30,5	48	2	Hoofdstuk 6
4	6,0	22,64	23,0	36	1	Hoofdstuk 7

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

2 UITGANGSPUNTEN VOOR DE BEREKENING

2.1 BASISGEGEVENS

2.1.1 NORMBLADEN, VOORSCHRIFTEN EN TABELLEN

Norm	Jaar	Titel
NEN-EN 206-1	2005	Beton – Deel 1: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit
NEN 8005	2008	Nederlandse invulling van NEN-EN 206-1: Beton – Deel 1: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit
NEN-EN 1990	2002	Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1	2002	Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
NEN-EN 1991-1-4	2005	Algemene belastingen – Windbelasting
NEN-EN 1991-1-5	2003	Algemene belastingen – Thermische belasting
NEN-EN 1991-4	2006	Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 4: Silo's en opslagtanks
NEN-EN 1992-1-1	2005	Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1992-3	2006	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 3: Constructies voor keren en opslaan van stoffen
NEN 3868	2001	Voorspanstaal
NEN 6008	2008	Betonstaal

2.1.2 OVERIGE RICHTLIJNEN

Norm	Jaar	Titel
Beton Praktijkreeks 2	2001	Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen
Beton Praktijkreeks 4	2001	Ontwerpen en dimensioneren van vloeistofkerende constructies

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

2.2 MATERIAALGEGEVENS

2.2.1 GEWAPEND BETON

Sterkteklasse	f_{cm} (N/mm²)	f_{cd} (N/mm²)	f_{ctm} (N/mm²)	f_{ctd} (N/mm²)	E_{cm} (N/mm²)	ε_{c3} (‰)	ε_{cu3} (‰)	
C30/37	38	20	2,9	1,35	32837	1,75	3,5	(i.h.w.gestort; kimconstructie)
C35/45	43	23,33	3,2	1,49	34077	1,75	3,5	(prefab wandelementen)

f_{cm}	gemiddelde waarde van de cilinderdruksterkte van beton
f_{cd}	rekenwaarde van de druksterkte van beton
f_{ctm}	gemiddelde waarde van de axiale treksterkte van beton
f_{ctd}	rekenwaarde van de treksterkte van beton
E_{cm}	secans-elasticiteitsmodulus van beton
ε_{c3}, ε_{cu3}	betonstuik, grenswaarde van de betonstuik bij bi-lineaire spanning-rekrelatie

2.2.2 BETONSTAAL

Klasse	f_{yk} (N/mm²)	f_{yd} (N/mm²)	ε_{uk} (%)
B500A	500	435	≥ 5,0

f_{yk}	karakteristieke vloeigrens van betonstaal
f_{yd}	rekenwaarde van de vloeigrens van betonstaal
ε_{uk}	karakteristieke rek van betonstaal bij maximale belasting

2.2.3 VOORSPANSTAAL

Staaltype	Staalsoort	f_{pk} (N/mm²)	f_{pk} / γ_s (N/mm²)	$f_{p\,0,1k}$ (N/mm²)	f_{pd} (N/mm²)	ε_{uk} (%)
Strengen	Y1860S7	1860	1690	1600	1450	3,5

f_{pk}	karakteristieke treksterkte van voorspanstaal
f_{pk} / γ_s	rekenwaarde van de treksterkte van voorspanstaal
$f_{p\,0,1k}$	karakteristieke 0,1%-rekgrens van voorspanstaal
f_{pd}	rekenwaarde van de 0,1%-rekgrens van voorspanstaal
ε_{uk}	karakteristieke rek van voorspanstaal bij maximale belasting

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

In dit project worden toegepast:

Prefab wandelementen: VMA strengen Ø9.3 (A_p = 52 mm^2)
Naspanning tank: VZA strengen Ø15.2 (A_p = 139 mm^2)

Voor de strengen Ø15.2 mm zijn de volgende aanvullende gegevens bekend[a]:

- VZA, nagerekt Y1860S7
- omhulling PE met wanddikte minimaal 1,5 mm en vetvulling
- wrijvingscoëfficiënt 0,0271
- wobble-effect 0,0051
- wigzetting (slip) 2 mm aan spanzijde
- relaxatieklasse klasse 2
- spanprocedure kabels spannen bij betonouderdom van 28 dagen
- Maximale vijzelkracht 200 kN

2.2.4 VOLUMIEKE MASSA'S

Materiaal	γ_{rep} (kN/m^3)
Vloeistof	10,5
Gewapend en voorgespannen grindbeton	25[b]
Betonstaal	78,5
Grond (klei)	18
Grond (zand)	20

[a] Waarden opgegeven door Aquastruct
[b] Uitgaande van normaal beton met een wapeningspercentage tot ca. 2%

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

2.3 CONSTRUCTIEGEGEVENS

Betrouwbaarheidsklasse: RC1 (*conform NEN-EN 1990 B3.2)*
Gevolgklasse: CC1 (*conform NEN-EN 1990 B3.1)*
Referentieperiode: 50 jaar
Dichtheidsklasse: Klasse 1

Gehanteerde milieuklassen (afhankelijk van de exacte locatie):

- Corrosie ingeleid door carbonatatie: XC4
- Corrosie ingeleid door chloriden anders dan zeewater: XD3
- Aantasting door vorst / dooiwisselingen met of zonder dooizouten: XF3
- Chemische aantasting: XA3

Dwarscontractiecoëfficiënt $\nu = 0{,}20$

2.3.1 *MINIMAAL AAN TE HOUDEN DEKKING*

Conform NEN-EN 1992-1-1:2005, art.4.4.1 wordt de nominale dekking bepaald:

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$

Basisconstructieklasse: S4 (gebaseerd op 50 jaar ontwerplevensduur), art. 4.4.1.2 (5)

	Constructieklasse						
Criterium	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1	XD2/XS1	XD3/XS2/XS3
Ontwerplevensduur 100 jaar	+2 klassen	+2 klassen	+2 klassen	+2 klassen	+2 klassen	+2 klassen	+2 klassen
Ontwerplevensduur 75 jaar	+1 klasse	+1 klasse	+ 1 klasse	+1 klasse	+1 klasse	+1 klasse	+1 klasse
Sterkteklasse[1),2)]	≥C30/37 - 1 klasse	≥C30/37 - 1 klasse	≥C35/45 - 1 klasse	≥C40/50 - 1 klasse	≥C40/50 - 1 klasse	≥C35/45 - 1 klasse	≥C45/55 - 1 klasse
Element met plaatgeometrie (plaats van de wapening niet beïnvloed door het bouwproces)	- 1 klasse	- 1 klasse	- 1 klasse	- 1 klasse	- 1 klasse	- 1 klasse	- 1 klasse
Specifieke kwaliteitsbeheersing van de betonproductie gewaarborgd	- 1 klasse	- 1 klasse	- 1 klasse	- 1 klasse	- 1 klasse	- 1 klasse	- 1 klasse

[1)] Aangenomen is dat de sterkteklasse en de w/c-factor met elkaar verband houden. Een specifieke samenstelling (type cement, w/c factor, fijne vulmiddelen) met de bedoeling een lage permeabiliteit te verkrijgen, mag zijn overwogen.
[2)] De grens mag zijn verminderd met een sterkteklasse indien luchtinsluiting van meer dan 4 % is toegepast.

Conform NEN-EN 1992-1-1:2005, art. 4.4.1.2:

$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\ mm\}$

met:

$c_{min,b}$ *: minimum dekking op basis van aanhechtingseisen*
$c_{min,dur}$ *: minimum dekking op basis van milieuomstandigheden*
$\Delta c_{dur,\gamma}$ *: aanvullende veiligheidsmarge*
$\Delta c_{dur,st}$ *: reductie van minimumdekking bij gebruik van roestvrijstaal*
$\Delta c_{dur,add}$ *: reductie van minimumdekking bij gebruik van aanvullende bescherming*

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

2.3.1.1 Betondekking prefab wandplaten

Maatgevende milieuklasse van XD3 voor de binnenkant.
Basisconstructieklasse S4.
- Vermindering met 1 klasse i.v.m. plaatgeometrie;
- Vermindering met 1 klasse i.v.m. kwaliteitsborging

Resulteert in constructieklasse **S2**.

Maatgevende milieuklasse van XC4 voor de buitenkant.
Basisconstructieklasse S4.
- Vermindering met 1 klasse i.v.m. plaatgeometrie;
- Vermindering met 1 klasse i.v.m. kwaliteitsborging

Resulteert in constructieklasse **S2**.

Waarden van de minimale dekkingseis $c_{min,dur}$ met betrekking tot duurzaamheid voor wapeningsstaal

Omgevingseisen voor $c_{min,dur}$ [mm]							
Constructieklasse	**Milieuklasse volgens tabel 4.1**						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS1	XD3/XS2/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	25
S2	10	10	15	20	25	30	30
S3	10	10	20	25	30	35	35
S4	10	15	25	30	35	40	40
S5	15	20	30	35	40	45	45
S6	20	25	35	40	45	50	50

Δc_{dev} = 5 mm

Binnenkant tank:
➔ c_{min} = 30 mm
c_{nom} = 30 mm + 5 mm = 35 mm

Buitenkant tank:
➔ c_{min} = 20 mm
c_{nom} = 20 mm + 5 mm = 25 mm

Tevens dient de dekking op voorspanning te worden verhoogd met 5 mm.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

2.3.1.2 *Betondekking kim*

Maatgevende milieuklasse van XD3.
Basisconstructieklasse S4.

Waarden van de minimale dekkingseis $c_{min,dur}$ met betrekking tot duurzaamheid voor wapeningsstaal

Omgevingseisen voor $c_{min,dur}$ [mm]							
Constructieklasse	**Milieuklasse volgens tabel 4.1**						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS1	XD3/XS2/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	25
S2	10	10	15	20	25	30	30
S3	10	10	20	25	30	35	35
S4	10	15	25	30	35	40	40
S5	15	20	30	35	40	45	45
S6	20	25	35	40	45	50	50

Δc_{dev} = 5 mm

kim:

➔ c_{min} = 40 mm
c_{nom} = 40 mm + 5 mm = 45 mm

2.3.2 *BRANDWERENDHEID*

Voor de constructie geldt een brandwerendheidseis van 20 minuten. Gezien de geldende milieuklassen zal de vereiste dekking die daaruit volgt altijd hoger zijn dan die voor de brandwerendheid. Aan de eis van 20 minuten brandwerendheid zal altijd worden voldaan.

2.3.3 *FUNDERING*

De tanks worden gefundeerd op een betonnen fundatievloer. De fundatie wordt niet beschouwd door Lincon/Aquastruct.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

3 SCHEMATISERING

3.1 ALGEMEEN

De constructie wordt gemodelleerd in SCIA engineer. Er wordt gebruik gemaakt van een 2D-modellering. De constructie wordt geschematiseerd als een taartpunt. De wand wordt gesteund middels een bedding. Aan de voet wordt de wand scharnierend geschematiseerd (steun in kimrand). De verhinderde reacties aan de voet van de wand worden verkregen (zie bijlage E). Ze worden vervolgens toegepast als uitwendige belastingen. Omdat tijdens horizontale voorspanning de constructie vrij kan vervormen, ontstaat er geen verhinderde reactie ten gevolg van voorspanning.

De wandelementen hebben een variabele dikte. In het model wordt een gemiddelde dikte aangehouden (zie bijlage B). Een wanddeel met een werkende breedte van 1000 mm wordt gemodelleerd.

3.2 BEPALING BEDDING WAND

De wand wordt beschouwd als een elastisch ondersteunde balk. De veerstijfheid van de bedding wordt bepaald met het onderstaande proces.

De alzijdige belasting veroorzaakt een ringtrekkracht in de wand (ketelformule):

$$N_{\vartheta\vartheta} = R \cdot q$$

Door deze trekkracht zal de ring verlengen:

$$\Delta l = \frac{N_{\vartheta\vartheta} \cdot (2 \cdot \pi \cdot R)}{E \cdot t_w}$$

Hierdoor zal de straal toenemen met w:

$$\Delta l = \frac{N_{\vartheta\vartheta} \cdot (2 \cdot \pi \cdot R)}{E \cdot t_w} = 2 \cdot \pi \cdot (R + w) - 2 \cdot \pi \cdot R$$

Hieruit volgt:

$$\frac{N_{\vartheta\vartheta} \cdot (2 \cdot \pi \cdot R)}{E \cdot t_w} = 2 \cdot \pi \cdot w \quad \rightarrow \quad w = \frac{N_{\vartheta\vartheta} \cdot R}{E \cdot t_w}$$

Invullen $N_{\vartheta\vartheta} = R \cdot q$:

$$w = \frac{q \cdot R^2}{E \cdot t_w}$$

Omdat voor de veerstijfheid geldt:

$$k = \frac{q}{w} \quad \rightarrow \quad k = \frac{E \cdot t_w}{R^2}$$

De bedding wordt bepaald op blz. C01 zoals hierboven beschreven.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

4 BELASTINGEN

De waarden van de belastingen worden in bijlage C weergegeven.

4.1 PERMANENTE BELASTINGEN

4.1.1 VOORSPANNING

In de wand worden horizontale strengen toegepast. Onderstaand zijn de posities van de toegepaste strengen (geel gemarkeerd) weergegeven.

Positie	Hoogte (mm)	Plaats
	6000	
1	5500	x
2	4900	x
3	4500	x
4	4100	x
5	3720	x
6	3220	x
7	2810	x
8	2610	-
9	2460	x
10	2300	-
11	2140	x
12	1990	x
13	1840	x
14	1710	x
15	1580	x
16	1450	x
17	1320	x
18	1120	x
19	1000	x
20	880	x
21	760	x
22	640	x
23	420	x
24	240	x
25	120	-
Totaal	**22**	strengen

Op blz. C05 t/m C07 zijn de voorspanverliezen en de werkvoorspanning bepaald.

De werkvoorspankracht loodrecht op de wandelementen bedraagt (zie blz. C01):

$F_{p\infty} = P_{m\infty} / R$

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

4.1.2 VLOEISTOF - NOMINAAL VULLINGSPEIL

Volgens NEN-EN 1990/NB, Tabel A1.2(B) is de aanbevolen partiële factor voor vloeistofdrukken met een fysiek beperkte waarde $\gamma_G = 1,2$ (6.10a). De totale vloeistofkolom tot onderkant wand wordt in bijlage C weergegeven.

Voor het vloeistofgewicht wordt aangehouden: $\gamma_{vloeistof} = 10,5$ kN/m^3

De maximale verdeelde belasting aan onderkant wand bedraagt (zie blz. C01):

$q_{vl,nom;rep} = \gamma_{vloeistof} \cdot H_{vl,nom}$

4.1.3 GRONDDRUK

Door gronddruk treden belastingen op tegen de tankwanden. Het maaiveldniveau t.o.v. onderkant wand wordt in bijlage C weergegeven.

Voor het grondgewicht wordt aangehouden: $\gamma_{grond,doog} = 18$ kN/m^3 en $\gamma_{grond,nat} = 20$ kN/m^3

Voor de horizontale korreldruk wordt gerekend met de neutrale gronddruk factor $K_0 = 0,5$.

De verdeelde belasting aan onderkant wand bedraagt (zie blz. C01):

$q_{grond;rep} = \gamma_{grond} \cdot 0,5 \cdot H_{MV}$

4.1.4 EIGEN GEWICHT

Het eigen gewicht van de wanden dat neerwaartse druk in de wanden veroorzaakt is niet relevant voor de berekening van de tank en derhalve buiten beschouwing gelaten.

4.1.5 KRIMP, KRUIP EN RELAXATIE

De constructie wordt in de loop van de tijd belast door krimp en kruip. Deze worden in rekening gebracht conform NEN-EN 1992-1-1, art. 2.3.2.2 en 3.1.4. Deze worden in deze detailberekening bepaald op blz. C03 en C04.

Krimp, kruip en relaxatie hebben invloed op de voorspanverliezen.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

4.2 VERANDERLIJKE BELASTINGEN

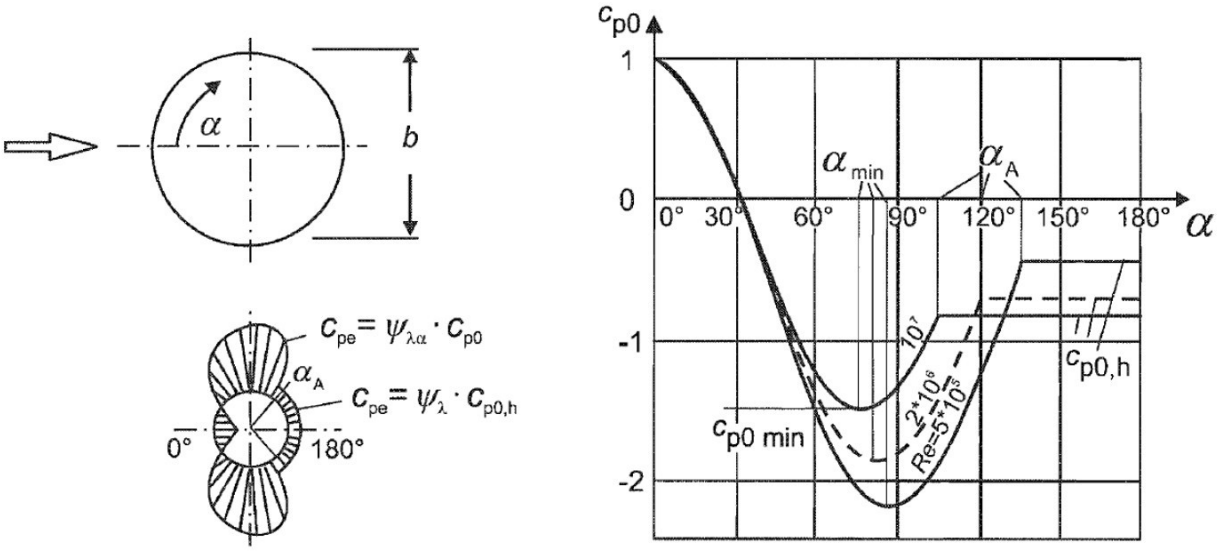
4.2.1 WIND

In de combinaties wordt rekening gehouden met de volgende momentaan factoren voor wind.
$\psi_0 = 0{,}0$ $\psi_1 = 0{,}2$ $\psi_2 = 0{,}0$ volgens NEN-EN 1990/NB, Tabel A1.1.

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd:

windkracht op constructie(element)	$F_w = C_s \cdot C_d \cdot C_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref}$	← wordt niet beschouwd
winddruk op buitenzijde	$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$	
winddruk op binnenzijde	$w_i = q_p(z_e) \cdot c_{pi}$	← wordt niet beschouwd

Wind op cirkelvormige cilinders wordt berekend conform NEN-EN 1991-1-4, art. 7.9.



Figuur 4.1: Windbelasting op cirkelvormige cilinders

De extreme stuwdruk $q_p(z_e)$ wordt bepaald op basis van het windgebied, de terreincategorie en de hoogte van de constructie t.o.v. NAP conform NEN-EN 1991-1-4, Tabel NB.5.

Volgens opmerking 2 van figuur 7.27 bedraagt de piekwindsnelheid op hoogte z_e:

$$v(z_e) = \sqrt{\frac{2 \cdot q_p(z_e)}{\rho}}$$

waarin:

ρ is de dichtheid van de lucht tijdens stormcondities te verwachten in de regio, afhankelijk van de hoogte, temperatuur en barometrische druk. Volgens NB art. 4.5 moet hiervoor 1,25 kg/m^3 aangehouden worden.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

De Reynoldsgetal bedraagt:

$$R_e = \frac{b \cdot v(z_e)}{v}$$

waarin:

b is de diameter van de constructie;
v is de kinematische viscositeit van de lucht ($v = 15 \cdot 10^{-6}$ m²/s).

De uitwendige drukcoëfficiënt bedraagt:

$c_{pe} = c_{p0} \cdot \psi_{\lambda\alpha}$

waarin:

c_{p0} is de uitwendige drukcoëfficiënt zonder eindeffecten en is voor verschillende Reynoldsgetallen als functie van de aanstroomhoek α gegeven in figuur 7.27 en tabel 7.12 van NEN-EN 1991-1-4;
$\psi_{\lambda\alpha}$ is de eindeffectfactor volgens art. 7.9.1(4) welke altijd ≤ 1,0.

Voor de maatgevende situatie geldt:

$c_{p0,min}$ (zie figuur 7.27 voor een hoek van $\alpha = \alpha_{min}$)
$c_{p0,max} = +0,8$ (gemiddeld over een hoek van 30^0 rond $\alpha = 0^0$)

Voor de elementen is de in rekening te brengen winddruk (zie blz. C02):

$q_{wind,zuiging} = q_p(z_e) \cdot c_{p0,min}$
$q_{wind,druk} = q_p(z_e) \cdot c_{p0,max}$

4.2.2 *TEMPERATUUR*

In de combinaties wordt rekening gehouden met de volgende momentaan factoren voor temperatuur. $\psi_0 = 0,0$ $\psi_1 = 0,5$ $\psi_2 = 0,0$ volgens NEN-EN 1990/NB, Tabel A1.1.

Voor de betonconstructies die onbeschermd in de buitenlucht staan dienen temperatuurbelastingen conform de NEN-EN 1991-1-5 tabel 5.2 en de NB in rekening te worden gebracht. De maximale schaduwtemperatuur in de zomer is $T_{max} = 30°C$, die nog wordt verhoogd door een zonstralingseffect van $T_4 = 30°C$, dus de maximale opwarming van de luchttemperatuur bedraagt 60°C. Een minimale temperatuur van –25°C zoals die in NEN-EN 1991-1-5 is voorgeschreven wordt in het algemeen als zeer extreem ervaren en zal alleen optreden in gevallen waarbij sprake is van nachtelijke uitstraling. Voor een verticale wand is dit veel minder het geval dan bij horizontale of schuine vlakken. Voor de winter wordt daarom uitgegaan van een minimum luchttemperatuur van $T_{min} = -15°C$.

De betonconstructie heeft een aanvangstemperatuur van 10°C, deze is gelijk aan de grondtemperatuur. Uitgegaan wordt van een vloeistoftemperatuur variërende van 10 - 25°C (twee situaties) in de zomer en 5 - 15°C (twee situaties) in de winter.

Om de temperatuur op de wand te bepalen wordt de warmteweerstand van de wand in rekening gebracht (eventuele warmtegeleiding van de vloeistof wordt in de berekening buiten beschouwing gelaten).

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

De temperatuur aan de buitenkant van de tankwand volgt uit (NEN-EN 1991-1-5, bijlage D):

$$T_{bu;wand} = T_{in} - \Delta T_{wand} = T_{in} - \frac{R_{con}}{R_{tot}} \cdot (T_{in} - T_{out})$$

waarin:

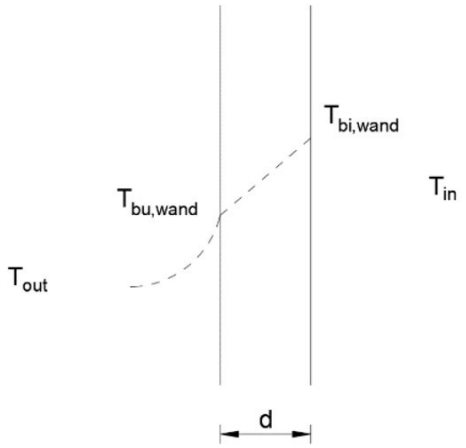
T_{in} is de temperatuur van de binnenomgeving ($T_{in} = T_{bi;wand}$);
T_{out} is de luchttemperatuur van de buitenomgeving;
R_{con} is de thermische weerstand van beton;
R_{tot} is de totale thermische weerstand inclusief de weerstand van beide zijden.

De totale thermische weerstand bedraagt:

$$R_{tot} = R_{in} + R_{con} + R_{out} = R_{in} + \frac{d_{wand}}{\lambda_{beton}} + R_{out}$$

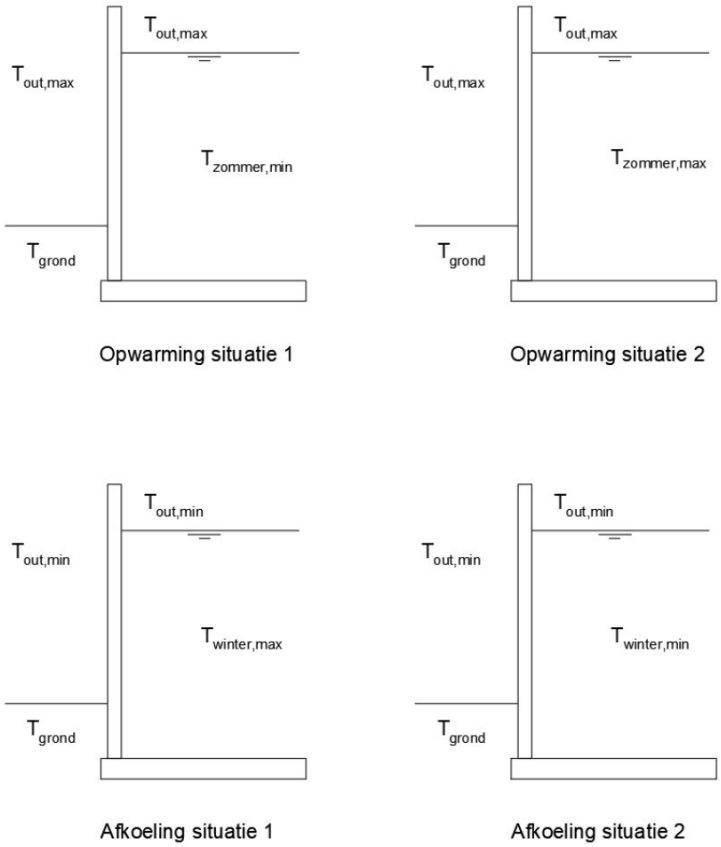
waarin:

R_{in} is de thermische weerstand aan de binnenzijde (R_{in} = 0,10 m²K/W);
R_{out} is de thermische weerstand aan de buitenzijde (R_{out} = 0,04 m²K/W);
λ_{beton} is de warmtegeleidingscoëfficiënt van beton (λ_{beton} = 1,71 W/mK).



Figuur 4.2: Thermisch profiel wand

In de figuren zijn de gehanteerde situaties schematisch weergegeven (zie ook blz. C02).



Figuur 4.3: Schematisch overzicht temperatuurvariaties.

De constante temperatuur (ΔT_{gem}) en de temperatuurgradiënten (ΔT_{grad}) welke zullen optreden over de wand zullen op basis van de verschillende situaties beschouwd worden.

$$\Delta T_{gem} = \frac{T_{bi} + T_{bu}}{2} - T_0$$

$$\Delta T_{grad} = T_{bu} - T_{bi}$$

Zie verdere uitwerking op blz. C02.

In het algemeen geldt dat de krommingen t.g.v. ΔT_{grad} zijn groter dan de krommingen t.g.v. ΔT_{gem}. In de berekening van de capaciteiten (SLS) wordt berekend hoe groot de temperatuursprong (ΔT_{grad}) over de wand maximaal mag bedragen uitgaande van een onvoltooid scheurenpatroon.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

4.2.3 VERKEERSBELASTING

In de combinaties wordt rekening gehouden met de volgende momentaan factoren voor verkeersbelasting.
$\psi_0 = 0,7$ $\psi_1 = 0,5$ $\psi_2 = 0,3$ volgens NEN-EN 1990/NB, Tabel A1.1.

Door een verkeersbelasting van 20 kN/m^2 treden belastingen op tegen de tankwanden.

Voor de horizontale korreldruk wordt gerekend met de neutrale gronddruk factor $K_0 = 0,5$.

De verdeelde belasting bedraagt:

$q_{verkeer;rep} = 20 \cdot 0,5 = 10$ kN/m^2

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

4.3 BUITENGEWONE BELASTINGEN

4.3.1 *VLOEISTOF - MAXIMAAL VULLINGSPEIL*

De maximale vloeistofkolom tot onderkant wand wordt in bijlage C weergegeven.

Voor het vloeistofgewicht wordt aangehouden: $\gamma_{vloeistof} = 10{,}5\ kN/m^3$

De maximale verdeelde belasting aan onderkant wand bedraagt (zie blz. C01):

$q_{vl,max;rep} = \gamma_{vloeistof} \cdot H_{vl,max}$

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

4.4 BELASTINGCOMBINATIES

4.4.1 *BELASTINGSFACTOREN – MOMENTAANFACTOREN*

Gevolgklasse: **CC1**
Uitwerking van NEN-EN 1990/NB, Tabel NB.5 en Tabel NB.10

Combinaties ULS	**Fundamenteel**					**Buitengewoon**
	6.10a/b	6.10a	6.10b (incl. ξ)	6.10b (incl. ξ)	6.10b (incl. ξ)	6.11b
	ULS1	**ULS2**	**ULS3**	**ULS4**	**ULS5***	**ULS6**
Voorspanning	1,14[1)]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Gronddruk		1,20	1,10	1,10	1,10	1,00
Vloeistof nominaal		1,20	1,10	1,10	1,10	
Vloeistof maximaal						1,00
Verkeer		0,95[2)]	1,35	0,95[2)]	0,95[2)]	0,30[3)]
Wind				1,35		
Temperatuur					1,35	

[1)] voorspanning zonder verliezen
[2)] 1,35 vermenigvuldigd met $\psi_0 = 0,7$
[3)] 1,00 vermenigvuldigd met $\psi_2 = 0,3$

Uitwerking van NEN-EN 1990/NB, Tabel A1.4

Combinaties SLS	**Karakteristiek**				**Frequent**		
	6.14b	6.14b	6.14b	6.14b	6.15b	6.15b	6.15b
	SLS1	**SLS2**	**SLS3**	**SLS4***	**SLS5**	**SLS6**	**SLS7***
Voorspanning	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Gronddruk		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vloeistof nominaal		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vloeistof maximaal							
Verkeer		1,00	0,70[1)]	0,70[1)]	0,50[2)]	0,30[4)]	0,30[4)]
Wind			1,00			0,20[3)]	
Temperatuur				1,00			0,50[2)]

[1)] 1,00 vermenigvuldigd met $\psi_0 = 0,7$
[2)] 1,00 vermenigvuldigd met $\psi_1 = 0,5$
[3)] 1,00 vermenigvuldigd met $\psi_1 = 0,2$
[4)] 1,00 vermenigvuldigd met $\psi_2 = 0,3$

* De invloed van de temperatuur wordt apart beschouwd. Temperatuur dient alleen in de fundamentele en karakteristieke combinaties te worden volledig gecombineerd. Voor de frequente combinatie (controle scheurvorming) geldt voor temperatuur $\psi_1 = 0,5$. De invloed van temperatuur op de scheurwijdte wordt vooralsnog in de berekening volledig gecombineerd.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

5 BEREKENING TANK - 56 ELEMENTEN

5.1 OPTREDENDE SNEDEKRACHTEN

In bijlage F is de krachtsverdeling van de tankwand zonder de invloed van de temperatuur opgenomen. Vanuit bijlage D2 kan daarbij de invloed van de temperatuur gesommeerd worden. De optredende dwarskrachten worden gesommeerd.

In onderstaande tabel wordt een resumé van de optredende snedekrachten en de uitgevoerde toetsingen weergegeven.

	Optredende snedekrachten		UC		blz.
STANDAARD ELEMENT					
My SLS	8,9 kNm/m	17,8 kNm	0,29	**Voldoet**	G05-G06
My ULS	10,8 kNm/m	21,5 kNm	0,44	**Voldoet**	G07
My Calamiteit	8,9 kNm/m	17,7 kNm	0,36	**Voldoet**	G07
Vz ULS max	43,2 kN/m	86,5 kN	0,55	**Voldoet**	G08
Vz ULS min	23,4 kN/m	46,9 kN	0,39	**Voldoet**	G09
SPANELEMENT					
My SLS	8,9 kNm/m	13,5 kNm	0,00	**Voldoet**	H05-H06
My ULS	10,8 kNm/m	16,3 kNm	0,19	**Voldoet**	H07
My Calamiteit	8,9 kNm/m	13,4 kNm	0,16	**Voldoet**	H07
Vz ULS max	43,2 kN/m	65,5 kN	0,31	**Voldoet**	H08
Vz ULS min	23,4 kN/m	35,5 kN	0,16	**Voldoet**	H09
KIM					
Vz ULS	43,2 kN/m	-	0,42	**Voldoet**	I01

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

5.2 CONTROLE STANDAARD ELEMENT

5.2.1 BUIGEND MOMENT ULS

Aanwezig zijn **9 strengen Ø9.3**, A_p = 52 mm² per streng.

5.2.1.1 *Capaciteit*

De momentcapaciteit van de elementen is nader bepaald op blz. G07.

$$M_{Rd,c} > M_{Ed} \rightarrow \text{Voldoet}$$

5.2.2 DWARSKRACHT ULS

Aanwezig zijn **19Ø8** op ca. 55 mm vanaf de binnenzijde.
De voorspanstrengen worden ook meegerekend in de dwarskrachtberekening.

De gewogen zwaartelijn van de voorspanstrengen en de staven bevindt zich op ca. 60 mm vanaf de binnenzijde.

De drukspanning op de wand t.g.v. verticale voorspanning bedraagt:

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \cdot \frac{h_{kim} + t_w}{l_{pt2}}$$

5.2.2.1 *Capaciteit naar binnen gericht*

De dwarskrachtcapaciteit van de elementen naar binnen gericht wordt op blz. G08 getoetst.

$$V_{Rd,c,binnen} > V_{Ed,max} \rightarrow \text{Voldoet}$$

5.2.2.2 *Capaciteit naar buiten gericht*

De dwarskrachtcapaciteit van de elementen naar buiten gericht wordt op blz. G09 getoetst.

$$V_{Rd,c,buiten} > V_{Ed,min} \rightarrow \text{Voldoet}$$

5.2.3 DRUK IN DE VOEGEN

De maximale druk in de voegen t.g.v. radiale verplaatsing onder de fundamentele combinaties wordt op blz. G11 getoetst.

$$\sigma'_b = \sigma'_c \cdot \frac{t_{wand}}{t_{voeg}} < k_1 \cdot f_{ck} = 0{,}6 \cdot 35 = 21\ \text{N/mm}^2 \rightarrow \text{voldoet}$$

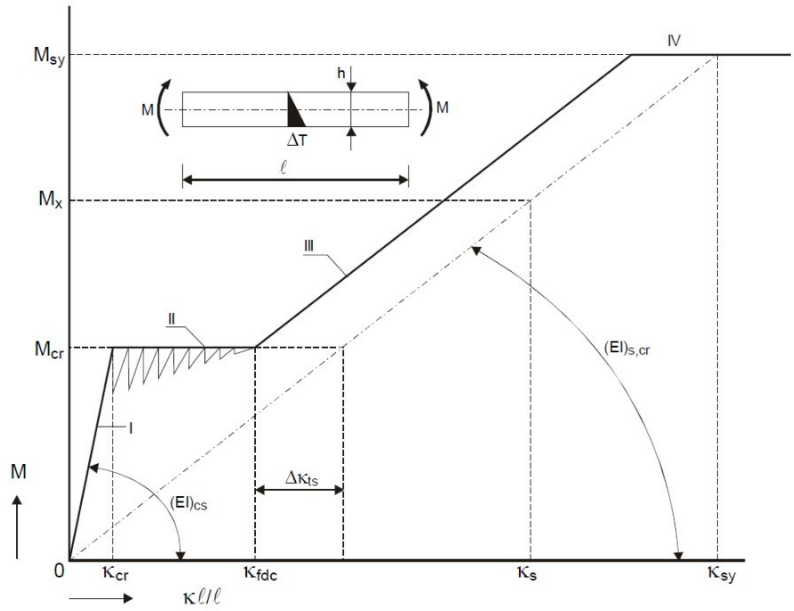
Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

5.2.4 DUURZAAMHEID

De scheurwijdtes zijn eerst berekend voor de situatie dat er sprake is van een onvoltooid scheurenpatroon. Het karakteristiek buigend moment (M_{Ek}) t.g.v. de belastingen exclusief temperatuurinvloeden mag niet groter zijn dan het scheurmoment (M_{cr}). De doorsneden blijven dan ongescheurd. Ten gevolge van de temperatuurbelasting kunnen dan wel scheuren ontstaan maar aangezien dit een vervormingsgestuurde belasting is, zal dit nooit tot een voltooid scheurenpatroon leiden. Er ontstaan meer scheuren bij het toenemen van de temperatuurbelasting, maar ze worden niet groter.

Op blz. G05 t/m G06 zijn de maatgevende spanningen in de wand bepaald:

$\sigma_{ct,max} < f_{ctm} \rightarrow \text{Voldoet}$



Figuur 5.1: Buigend moment – kromming relatie (uit de betonpraktijkreeks "Betonconstructies onder temperatuur- en krimpvervormingen")

Op basis van de eigenschappen van de doorsnede wordt berekend wat de optredende staalspanning bedraagt op het moment van scheuren. Bij deze staalspanning wordt gecontroleerd of voldaan wordt aan de eisen van een onvoltooid scheurenpatroon. Vanuit de optredende rek is eveneens te bepalen wat de toename aan de temperatuurgradiënt mag bedragen voordat een voltooid scheurenpatroon ontstaat (zie blz. G10).

Dus, de totale opneembare temperatuurgradiënt bedraagt:

$\Delta T_{grad,max} < \Delta T_{fdc} + \Delta T_{cr} \rightarrow \text{Voldoet}$

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

5.2.5 VLOEISTOFDICHTHEID

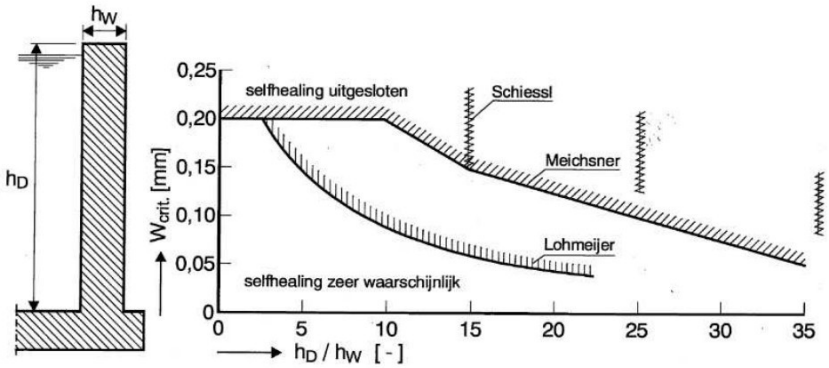
De totale voegverplaatsing onder de frequente combinatie bedraagt:

$$\delta_{totaal} = \delta_{bel,freq} + 0{,}5 \cdot \delta_{temp}$$

Onderstaand is een samenvatting weergegeven van de optredende voegverplaatsingen tussen de elementen. Een negatieve waarde betekent dat de voeg onder druk blijft staan. De volledige berekening is terug te vinden in bijlage D1.

Toetsing voegverplaatsingen

	h(d)	h(w)	h(d)/h(w)	Lohmeijer	1992-3 class 1	δ_{totaal}	toets Lohmeijer	toets class 1
S25	0,00	0,14	0,00	0,200	0,200	0,020	ok	ok
S24	0,25	0,14	1,74	0,200	0,200	-0,052	ok	ok
S23	0,50	0,14	3,48	0,171	0,200	-0,044	ok	ok
S22	0,75	0,14	5,22	0,140	0,199	-0,034	ok	ok
S21	1,00	0,14	6,96	0,119	0,190	-0,034	ok	ok
S20	1,25	0,14	8,70	0,102	0,181	-0,031	ok	ok
S19	1,50	0,14	10,44	0,088	0,173	-0,028	ok	ok
S18	1,75	0,14	12,18	0,076	0,164	-0,021	ok	ok
S17	2,00	0,14	13,92	0,066	0,155	-0,013	ok	ok
S16	2,25	0,14	15,66	0,057	0,147	-0,006	ok	ok
S15	2,50	0,14	17,40	0,049	0,138	0,000	ok	ok
S14	2,75	0,14	19,15	0,042	0,129	0,000	ok	ok
S13	3,00	0,14	20,89	0,037	0,121	-0,004	ok	ok
S12	3,25	0,14	22,63	0,037	0,112	-0,015	ok	ok
S11	3,50	0,14	24,37	0,037	0,103	-0,032	ok	ok
S10	3,75	0,14	26,11	0,037	0,094	-0,049	ok	ok
S9	4,00	0,14	27,85	0,037	0,086	-0,065	ok	ok
S8	4,25	0,14	29,59	0,037	0,077	-0,083	ok	ok
S7	4,50	0,14	31,33	0,037	0,068	-0,102	ok	ok
S6	4,75	0,14	33,07	0,037	0,060	-0,122	ok	ok
S5	5,00	0,14	34,81	0,037	0,051	-0,151	ok	ok
S4	5,25	0,14	36,55	0,037	0,050	-0,209	ok	ok
S3	5,50	0,14	38,29	0,037	0,050	-0,245	ok	ok
S2	5,75	0,14	40,03	0,037	0,050	-0,286	ok	ok



Figuur 5.2: Dichtheidscriteria

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

Conclusie

Op basis van de toetsing blijkt dat de scheurwijdtes t.p.v. de voegen als gevolg van de constante temperatuurstijging voldoen aan het criterium van Lohmeijer. De scheurwijdtes voldoen daar eveneens aan het criterium voor dichtheidsklasse 1 van de NEN-EN 1992-3.

Doorgaande scheuren dienen dan beperkt te blijven tot w_{max}, dit geldt voor de voegen, die gecontroleerd worden.

$$w_{max} > \delta_{voeg} \rightarrow \text{Voldoet}$$

Omdat hieraan is voldaan kan worden aangenomen dat self-healing kan optreden.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

5.3 CONTROLE SPANELEMENT

5.3.1 BUIGEND MOMENT ULS

Aanwezig zijn **10 strengen Ø9.3**, A_p = 52 mm² per streng.

5.3.1.1 *Capaciteit*

De momentcapaciteit van de elementen is nader bepaald op blz. H07.

$$M_{Rd,c} > M_{Ed} \rightarrow \text{Voldoet}$$

5.3.2 DWARSKRACHT ULS

Aanwezig zijn **29Ø6** op ca. 55 mm vanaf de binnenzijde en **7Ø8** op ca. 40 mm vanaf de buitenzijde.

De drukspanning op de wand t.g.v. verticale voorspanning bedraagt:

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \cdot \frac{h_{kim} + t_w}{l_{pt2}}$$

5.3.2.1 *Capaciteit naar binnen gericht*

De dwarskrachtcapaciteit van de elementen naar binnen gericht wordt op blz. H08 getoetst.

$$V_{Rd,c,binnen} > V_{Ed,max} \rightarrow \text{Voldoet}$$

5.3.2.2 *Capaciteit naar buiten gericht*

De dwarskrachtcapaciteit van de elementen naar buiten gericht wordt op blz. H09 getoetst.

$$V_{Rd,c,buiten} > V_{Ed,min} \rightarrow \text{Voldoet}$$

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

5.3.3 HORIZONTALE SPLIJTWAPENING

Voor het inleiden van de maximale voorspankracht van 200 kN in de spanelementen wordt uitgegaan van de spreiding van de totale voorspankracht in horizontale richting. T.p.v. elke voorspankabel zijn **4 beugels Ø8** aanwezig welke als splijtwapening dienen. De voorspankracht werkt ongeveer centrisch in het element.

Grove inschatting van de benodigde splijtwapening levert op:

$$N_{spl} \approx \frac{P_{max}}{4} \cdot \left(1 - \frac{a}{h_{w,span}}\right) = \frac{200}{4} \cdot \left(1 - \frac{80}{260}\right) = 34{,}6 \text{ kN/anker kop}$$

$$A_{s,nodig} = \frac{N_{spl}}{f_{yd}} = \frac{34{,}6 \cdot 10^3}{250} = 139 \text{ mm}^2 < A_{s,aanw} = 402 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Voldoet}$$

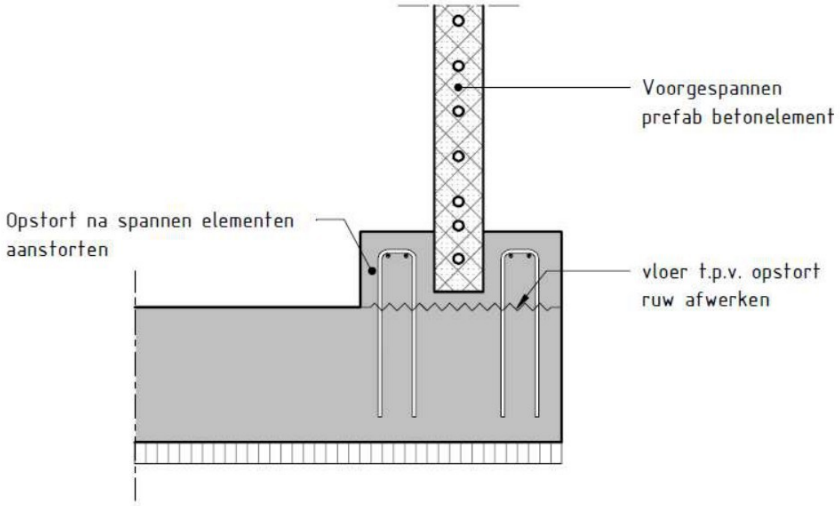
5.3.4 VERTICALE SPLIJTWAPENING

Naast praktische verticale wapening staan de elementen onder druk door de aanwezige voorspandruk in het element. Verticale splijtwapening is derhalve niet nodig.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

5.4 CONTROLE WAPENING KIM

De benodigde wapening in de kim wordt ook berekend.



Figuur 5.3: Kim aanzicht

De dwarskracht op de kim wordt getoetst op blz. I01 (incl. temperatuur [c]).

$$V_{Rd,c} > V_{Ed} \rightarrow \text{Voldoet}$$

Toepassen: **Ø10-150**

Uit praktijkervaring blijkt dat Ø10-150 voldoende robuust is. Minder wapening wordt niet geadviseerd.

[c] Naast vloeistofdruk en temperatuur kan er ook een dwarskracht t.g.v. (rest)krimp van de tank in de kim ontstaan. Omdat deze tegengesteld werkt aan de maatgevende vloeistofdruk i.c.m. temperatuur is deze niet meegenomen.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

6 RESULTATEN TANK - 48 ELEMENTEN

6.1 VOORSPANNING

Onderstaand zijn de posities van de toegepaste horizontale strengen (geel gemarkeerd) weergegeven.

Positie	Hoogte (mm)	Plaats
	6000	
1	5500	x
2	4900	x
3	4500	x
4	4100	x
5	3720	x
6	3220	x
7	2810	x
8	2610	-
9	2460	x
10	2300	-
11	2140	x
12	1990	-
13	1840	x
14	1710	-
15	1580	x
16	1450	-
17	1320	x
18	1120	x
19	1000	x
20	880	x
21	760	x
22	640	x
23	420	x
24	240	x
25	120	-
Totaal	**19**	strengen

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

6.2 OPTREDENDE SNEDEKRACHTEN

In onderstaande tabel wordt een resumé van de optredende snedekrachten en de uitgevoerde toetsingen weergegeven[d].

	Optredende snedekrachten		UC	
STANDAARD ELEMENT				
My SLS	8,5 kNm/m	17,0 kNm	0,26	**Voldoet**
My ULS	10,1 kNm/m	20,3 kNm	0,42	**Voldoet**
My Calamiteit	8,5 kNm/m	17,1 kNm	0,35	**Voldoet**
Vz ULS max	39,4 kN/m	79,0 kN	0,51	**Voldoet**
Vz ULS min	22,2 kN/m	44,4 kN	0,37	**Voldoet**
SPANELEMENT				
My SLS	8,5 kNm/m	12,9 kNm	0,00	**Voldoet**
My ULS	10,1 kNm/m	15,4 kNm	0,18	**Voldoet**
My Calamiteit	8,5 kNm/m	12,9 kNm	0,15	**Voldoet**
Vz ULS max	39,4 kN/m	59,8 kN	0,28	**Voldoet**
Vz ULS min	22,2 kN/m	33,7 kN	0,15	**Voldoet**
KIM				
Vz ULS	37,6 kN/m	-	0,37	**Voldoet**

[d] De berekening is analoog aan hoofdstuk 5. De uitvoerwaarden zijn niet opnieuw opgenomen.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

6.3 OPTREDENDE VOEGVERPLAATSINGEN

Onderstaand is een samenvatting weergegeven van de optredende voegverplaatsingen tussen de elementen. Een negatieve waarde betekent dat de voeg onder druk blijft staan.

Toetsing voegverplaatsingen

	h(d)	h(w)	h(d)/h(w)	Lohmeijer	1992-3 class 1	δ_{totaal}	toets Lohmeijer	toets class 1
S25	0,00	0,14	0,00	0,200	0,200	0,012	ok	ok
S24	0,25	0,14	1,74	0,200	0,200	-0,061	ok	ok
S23	0,50	0,14	3,48	0,171	0,200	-0,054	ok	ok
S22	0,75	0,14	5,22	0,140	0,199	-0,049	ok	ok
S21	1,00	0,14	6,96	0,119	0,190	-0,052	ok	ok
S20	1,25	0,14	8,70	0,102	0,181	-0,051	ok	ok
S19	1,50	0,14	10,44	0,088	0,173	-0,049	ok	ok
S18	1,75	0,14	12,18	0,076	0,164	-0,042	ok	ok
S17	2,00	0,14	13,92	0,066	0,155	-0,030	ok	ok
S16	2,25	0,14	15,66	0,057	0,147	-0,019	ok	ok
S15	2,50	0,14	17,40	0,049	0,138	-0,008	ok	ok
S14	2,75	0,14	19,15	0,042	0,129	0,001	ok	ok
S13	3,00	0,14	20,89	0,037	0,121	0,007	ok	ok
S12	3,25	0,14	22,63	0,037	0,112	0,008	ok	ok
S11	3,50	0,14	24,37	0,037	0,103	0,001	ok	ok
S10	3,75	0,14	26,11	0,037	0,094	-0,008	ok	ok
S9	4,00	0,14	27,85	0,037	0,086	-0,018	ok	ok
S8	4,25	0,14	29,59	0,037	0,077	-0,032	ok	ok
S7	4,50	0,14	31,33	0,037	0,068	-0,050	ok	ok
S6	4,75	0,14	33,07	0,037	0,060	-0,075	ok	ok
S5	5,00	0,14	34,81	0,037	0,051	-0,108	ok	ok
S4	5,25	0,14	36,55	0,037	0,050	-0,172	ok	ok
S3	5,50	0,14	38,29	0,037	0,050	-0,207	ok	ok
S2	5,75	0,14	40,03	0,037	0,050	-0,254	ok	ok

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

7 RESULTATEN TANK - 36 ELEMENTEN

7.1 VOORSPANNING

Onderstaand zijn de posities van de toegepaste horizontale strengen (geel gemarkeerd) weergegeven.

Positie	Hoogte (mm)	Plaats
	6000	
1	5500	x
2	4900	-
3	4500	x
4	4100	-
5	3720	x
6	3220	x
7	2810	x
8	2610	-
9	2460	x
10	2300	-
11	2140	x
12	1990	-
13	1840	x
14	1710	-
15	1580	x
16	1450	-
17	1320	x
18	1120	x
19	1000	-
20	880	x
21	760	-
22	640	x
23	420	x
24	240	x
25	120	-
Totaal	**15**	strengen

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

7.2 OPTREDENDE SNEDEKRACHTEN

In onderstaande tabel wordt een resumé van de optredende snedekrachten en de uitgevoerde toetsingen weergegeven[e].

	Optredende snedekrachten		UC	
STANDAARD ELEMENT				
My SLS	7,2 kNm/m	14,4 kNm	0,15	**Voldoet**
My ULS	8,7 kNm/m	17,4 kNm	0,36	**Voldoet**
My Calamiteit	7,2 kNm/m	14,4 kNm	0,30	**Voldoet**
Vz ULS max	34,4 kN/m	68,9 kN	0,44	**Voldoet**
Vz ULS min	19,8 kN/m	39,5 kN	0,33	**Voldoet**
SPANELEMENT				
My SLS	7,2 kNm/m	10,9 kNm	0,00	**Voldoet**
My ULS	8,7 kNm/m	13,2 kNm	0,16	**Voldoet**
My Calamiteit	7,2 kNm/m	10,9 kNm	0,13	**Voldoet**
Vz ULS max	34,4 kN/m	52,2 kN	0,25	**Voldoet**
Vz ULS min	19,8 kN/m	30,0 kN	0,13	**Voldoet**
KIM				
Vz ULS	15,7 kN/m	-	0,15	**Voldoet**

[e] De berekening is analoog aan hoofdstuk 5. De uitvoerwaarden zijn niet opnieuw opgenomen.

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

7.3 OPTREDENDE VOEGVERPLAATSINGEN

Onderstaand is een samenvatting weergegeven van de optredende voegverplaatsingen tussen de elementen. Een negatieve waarde betekent dat de voeg onder druk blijft staan.

Toetsing voegverplaatsingen

	h(d)	h(w)	h(d)/h(w)	Lohmeijer	1992-3 class 1	δ_{totaal}	toets Lohmeijer	toets class 1
S25	0,00	0,14	0,00	0,200	0,200	0,031	ok	ok
S24	0,25	0,14	1,74	0,200	0,200	-0,035	ok	ok
S23	0,50	0,14	3,48	0,171	0,200	-0,017	ok	ok
S22	0,75	0,14	5,22	0,140	0,199	-0,011	ok	ok
S21	1,00	0,14	6,96	0,119	0,190	-0,015	ok	ok
S20	1,25	0,14	8,70	0,102	0,181	-0,017	ok	ok
S19	1,50	0,14	10,44	0,088	0,173	-0,019	ok	ok
S18	1,75	0,14	12,18	0,076	0,164	-0,018	ok	ok
S17	2,00	0,14	13,92	0,066	0,155	-0,015	ok	ok
S16	2,25	0,14	15,66	0,057	0,147	-0,014	ok	ok
S15	2,50	0,14	17,40	0,049	0,138	-0,012	ok	ok
S14	2,75	0,14	19,15	0,042	0,129	-0,014	ok	ok
S13	3,00	0,14	20,89	0,037	0,121	-0,015	ok	ok
S12	3,25	0,14	22,63	0,037	0,112	-0,018	ok	ok
S11	3,50	0,14	24,37	0,037	0,103	-0,023	ok	ok
S10	3,75	0,14	26,11	0,037	0,094	-0,031	ok	ok
S9	4,00	0,14	27,85	0,037	0,086	-0,041	ok	ok
S8	4,25	0,14	29,59	0,037	0,077	-0,044	ok	ok
S7	4,50	0,14	31,33	0,037	0,068	-0,049	ok	ok
S6	4,75	0,14	33,07	0,037	0,060	-0,055	ok	ok
S5	5,00	0,14	34,81	0,037	0,051	-0,070	ok	ok
S4	5,25	0,14	36,55	0,037	0,050	-0,118	ok	ok
S3	5,50	0,14	38,29	0,037	0,050	-0,129	ok	ok
S2	5,75	0,14	40,03	0,037	0,050	-0,166	ok	ok

Lincon bv Papendrecht
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

BIJLAGE A

Gegevens constructie - Wandhoogte 6,0 m

Lincon bv
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

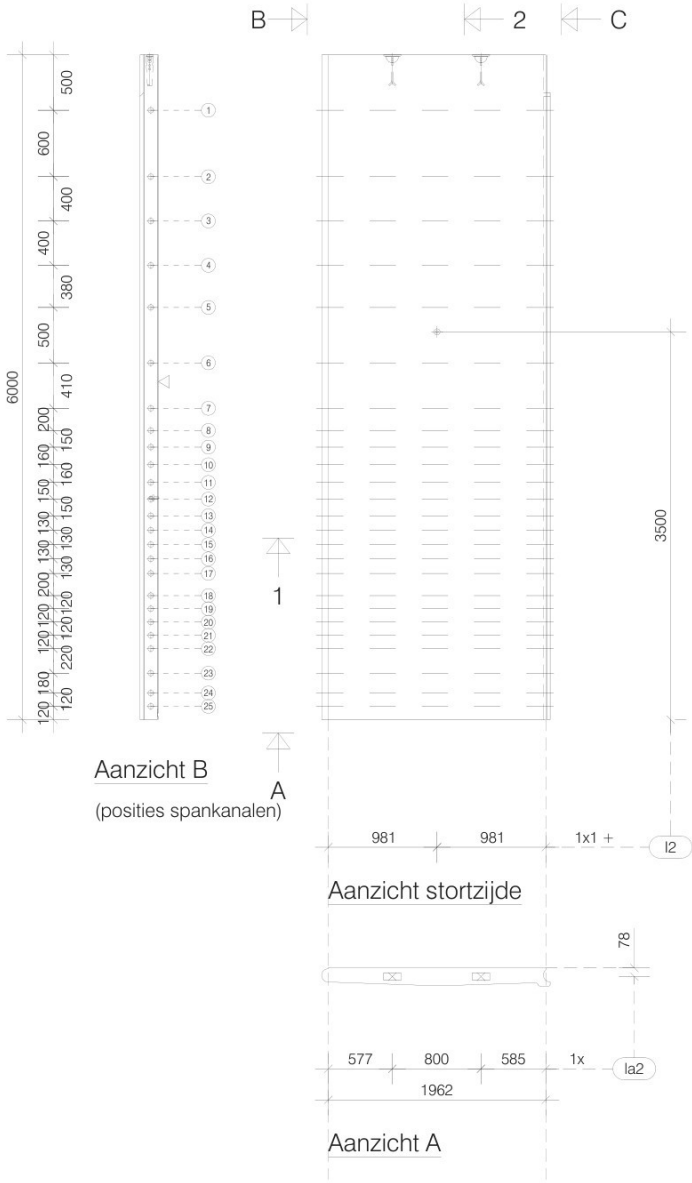
Werk _____

Projectnr. _____

Doc. nr. _____

Bladnr. A

Datum _____

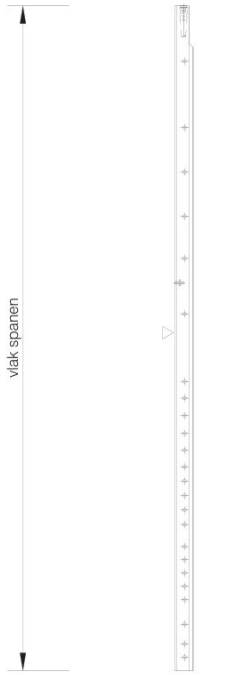


Aanzicht B

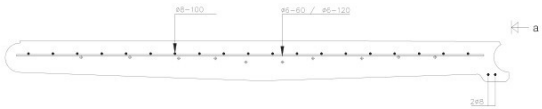
(posities spankanalen)

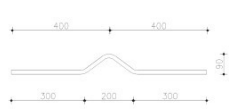
Aanzicht stortzijde

Aanzicht A



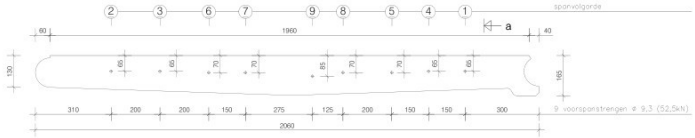
Aanzicht C





Bewehrung Anhebeanker Ø16 B500

Wapening aanzicht A



Voorspanning aanzicht A

inhoud : 1,733 m³ gewicht : 4246 kg

aantal : .. stuks

in te storten voorzieningen					
code	omschrijving	afmeting	kwaliteit	behandeling	opmerking
l2	Pfeifer Mofi 12	88 x 65 mm	-	-	-
			-	-	-
la2	Frimeda transportanker TPA-FA	5,0T x 290mm	-	-	2x

PREFAB BETON

Beton: C35/45 Milieuklassen: XC4 XD3 XF3 XA3
Cement volgens BRL 2813
minimum dekking stortzijde: Cnom 35 mm op wapeningsstaal en Cnom 40 mm op voorspanstaal
maximum dekking: Cnom 70 mm op wapeningsstaal
minimum dekking kistzijde: Cnom 25 mm op wapeningsstaal en Cnom 30 mm op voorspanstaal
maximum dekking: Cnom 106 mm op wapeningsstaal
Levering elementen volgens eisen BRL 2813

minimum betonsterkte bij ontspannen VMA strengen 25 N/mm2
minimum betonsterkte bij lossen zijkisten 5 N/mm2
minimum ontkistingssterkte 25 N/mm2
minimum betonsterkte bij afvoer elementen 31,5 N/mm2

MAATTOLERANTIES ELEMENTEN

- Lengte: +5 / -5 mm
- Breedte: +5 / -5 mm
- Hoogte: +5 / -5 mm
- Kromte 1,4 mm/m

WAPENINGSSTAAL

Wapeningsstaal: B500A, levering volgens eisen BRL 0501
Laslengten: tenzij anders aangegeven:
Ø 6 mm - 240 mm
Ø 8 mm - 320 mm

VOORSPANNING

VMA: strengen Ø9.3 (Ap = 52 mm2) Kwaliteit 1770 aan de bovenzijde element verdiept en aan de onderzijde niet afwerken
Levering voorspanstaal volgens eisen BRL 2401

revisie	nedatum:
d	1-1-2023
c	1-4-2022

AquaStruct
Tel: 085 5006699 info@aquastruct.nl
www/aquastruct.nl

Project: MST 1B

Onderdeel: Standaard 6 m1 Element

tekenaar:	datum:	blad no.
JvSl	4-5-2020	1B/6
schaal:	project no.:	
nvt	20005	

BIJLAGE B

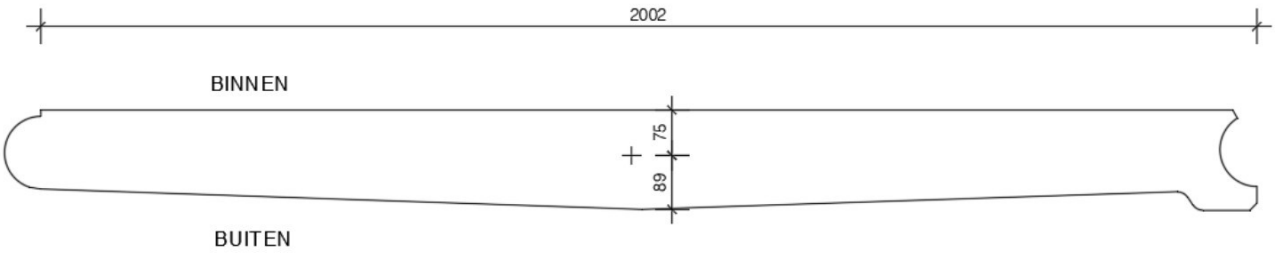
Karakteristieken

Lincon bv
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

Werk
Projectnr.
Doc. nr.
Bladnr. B
Datum

DOORSNEDE EIGENSCHAPPEN

1. STANDAARD ELEMENT

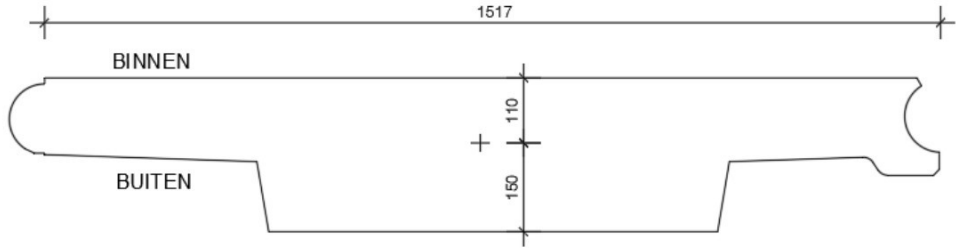


Area: 296713.1500
Perimeter: 4381.3223
Bounding box: X: -1032.3349 -- 1029.6525
Y: -90.2984 -- 74.7029
Centroid: X: 0.0000
Y: 0.0000
Moments of inertia: X: 557260156.9644
Y: 95586221926.7001
Product of inertia: XY: 339666208.1716
Radii of gyration: X: 43.3372
Y: 567.5828
Principal moments and X-Y directions about centroid:
I: 556046088.5698 along [1.0000 -0.0036]
J: 95587435995.0939 along [0.0036 1.0000]

Gemiddelde dikte:

$$h_{eff} = \sqrt[3]{\frac{556 \cdot 10^6 \cdot 12}{2002}} = 149 \text{ mm}$$

2. SPANELEMENT



Area: 306165.2349
Perimeter: 3609.8280
Bounding box: X: -797.8337 -- 777.1603
Y: -150.0548 -- 110.0365
Centroid: X: 0.0000
Y: 0.0000
Moments of inertia: X: 1546764228.0708
Y: 45958424709.1309
Product of inertia: XY: 493507067.3438
Radii of gyration: X: 71.0778
Y: 387.4402
Principal moments and X-Y directions about centroid:
I: 1541281002.3342 along [0.9999 -0.0111]
J: 45963907934.8674 along [0.0111 0.9999]

Gemiddelde dikte:

$$h_{eff} = \sqrt[3]{\frac{1541 \cdot 10^6 \cdot 12}{1517}} = 230 \text{ mm}$$

BIJLAGE C

Belastingen -
Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m

Lincon bv
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

Werk _____

Projectnr. _____

Doc. nr. _____

Bladnr. C

Datum _____

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Bedding & Belastingen
Datum	maart 2025

Bepaling bedding wand

Hoogte tank (H):			6000	mm
Diameter Tank (D):			35240	mm
Dikte wand (t_w):			149	mm
Beton sterkteklasse:	C35/45	E =	34077	N/mm^2
Bedding:		k =	**16,35**	MN/m^2

Horizontale voorspanning

Aanvangsvoorspankracht:	**200**	kN	
Aantal strengen:	**22**	-	
Werkvoorspankracht:	**175,1**	kN	(zie blz. C07)
Voorspankracht (loodrecht op de wand):	**9,94**	kN/m	

Gronddruk

Gewicht droge grond:	**18,0**	kN/m^3
Gewicht natte grond:	**20,0**	kN/m^3
Gronddrukcoëfficiënt (K_0):	**0,50**	-
Maaiveldniveau (0 = onderkant wand):	**0,60**	m
Waterstand (0 = onderkant wand):	**0,60**	m

Niveau (m)	Horizontale korreldruk (kN/m^2)
0,00	**6,00**
0,60	**0,00**

Vloeistof - Nominaal vullingspeil

Gewicht water:	**10,5**	kN/m^3
Vloeistofkolom (0 = onderkant wand):	**5,75**	m

Niveau (m)	Horizontale waterdruk (kN/m^2)
0,00	**60,38**
5,75	**0,00**

Vloeistof - Maximaal vullingspeil

Gewicht water:	**10,5**	kN/m^3
Vloeistofkolom (0 = onderkant wand):	**6,00**	m

Niveau (m)	Horizontale waterdruk (kN/m^2)
0,00	**63,00**
6,00	**0,00**

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Bedding & Belastingen
Datum	maart 2025

Wind (Druk - Zuiging)

Windgebied:		**I**		
Terreincategorie:		**Kust**		
Hoogte:		6,00	m	
Extreme stuwdruk:	$q_p(z_e)$ =	**1,42**	kN/m^2	(NEN-EN 1991-1-4/Tabel NB.5)
Piekwindsnelheid:	$v(z_e)$ =	1,51	m/s	
Reynoldsgetal:	R_e =	3,54E+06	-	
Drukcoëfficiënten:	$C_{p0,min}$ =	**-1,7**		(NEN-EN 1991-1-4/Tabel 7.12)
	$C_{p0,max}$ =	**0,8**		

Niveau (m)	Wind zuiging (kN/m^2)
0,00	**2,37**
6,00	**2,37**
Niveau (m)	Winddruk (kN/m^2)
0,00	**1,14**
6,00	**1,14**

Temperatuur

Aanvangs-/grondtemperatuur	T_0	=	**10**	°C
Luchttemperatuur buiten	$T_{out,max}$	=	**60**	°C
	$T_{out,min}$	=	**-15**	°C
Watertermperatuur binnen	$T_{zommer,min}$	=	**10**	°C
	$T_{zommer,max}$	=	**25**	°C
	$T_{winter,max}$	=	**15**	°C
	$T_{winter,min}$	=	**5**	°C
Luchttemperatuur binnen	$T_{in,max}$	=	**30**	°C
	$T_{in,min}$	=	**-15**	°C

Binnenzijde wand aan water	$T_{bi,wand}$ (°C)	$T_{bu,wand}$ (°C)	ΔT_{gem} (°C)	ΔT_{grad} (°C)
Opwarming situatie 1	**10,0**	**44,3**	**17,1**	**34,3**
Opwarming situatie 2	**25,0**	**49,0**	**27,0**	**24,0**
Afkoeling situatie 1	**15,0**	**-5,6**	**-5,3**	**20,6**
Afkoeling situatie 2	**5,0**	**-8,7**	**-11,9**	**13,7**

Binnenzijde wand aan lucht	$T_{bi,wand}$ (°C)	$T_{bu,wand}$ (°C)	ΔT_{gem} (°C)	ΔT_{grad} (°C)
Opwarming	**43,2**	**54,7**	**39,0**	**11,5**
Afkoeling	**-15,0**	**-15,0**	**-25,0**	**0,0**

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Krimp
Datum	maart 2025

Krimp beton NEN-EN 1992-1-1

Cylindrische betondruksterkte	**35** N/mm^2	Betonsterkteklasse		C35/45
Cementklasse (S,N,R)	**N**	CEM 32,5 R & CEM 42,5 N		
Ouderdom beton	**28** dagen			
Krimp na t dagen	**1** dagen			
Basisdruksterkte		f_{cm0} =	10	N/mm^2
Gemiddelde druksterkte		f_{cm} =	43	N/mm^2
Cementklasse afhankelijke factor		α_{ds1} =	4	-
Cementklasse afhankelijke factor		α_{ds1} =	0,12	-
Relatieve vochtigheid		RH =	**90**	%
		RH_0 =	100	%

Vochtigheids factor tbv uitdrogingskrimp

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

β_{RH} = 0,420 -

Basiskrimp uitdroging

$$\varepsilon_{cd_0} := 0.85 \cdot \left[(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot \exp\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cmo}} \right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$$

ε_{cd} = 0,141 ‰

Oppervlakte van de doorsnede	A_c =	**0,89**	m^2
Omtrek van de doorsnede	O =	**12,30**	m^1
Fictieve dikte	h_0 =	0,145	m^1

$$h_o := 2 \cdot \frac{A_c}{O}$$

Tabel 3.3 blz. 33 (NEN-EN 1992-1-1)

k_h = 0,932 -

Uitdrogingskrimp op t = ∞ $\varepsilon_{cd,\infty}$ = **0,131** ‰

$$\varepsilon_{cd_inf} := k_h \cdot \varepsilon_{cd_0}$$

Autogene Krimp $\varepsilon_{ca,\infty}$ = **0,063** ‰ +

$$\varepsilon_{ca_inf} := 2.5 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{\frac{N}{mm^2}} - 10 \right) \cdot 10^{-6}$$

Totale Krimp $\varepsilon_{cs,\infty}$ = **0,194** ‰

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Kruip
Datum	maart 2025

Kruip beton NEN-EN 1992-1-1 - art. 3.1.4

Invoergegevens

Cylindrische betondruksterkte		f_{ck}	=	**35**	N/mm^2
Gemiddelde druksterkte		f_{cm}	=	43	N/mm^2
Cementklasse	Klasse N	CEM 32,5 R & CEM 42,5 N			
Relatieve vochtigheid		RH	=	**90**	%
		RH_0	=	100	%
Omtrek van de doorsnede		u	=	**12298**	mm
Oppervlakte an de doorsnede		A_c	=	**894000**	mm^2
Fictieve dikte		h_0	=	145,39	mm
		Levensduur		**50**	jaar
		t	=	18250	dagen
		t_0	=	**28**	dagen

Bepalen kruipcoëfficiënt

Kruipcoëfficiënt	$\varphi(t,t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t,t_0)$			
Theoretische kruipcoëfficiënt	$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$			
	φ_0		=	1,4
	Waarbij:	φ_{RH}	=	1,12
		$\beta(f_{cm})$	=	2,56
		$\beta(t_0)$	=	0,49

Ontwikkeling van kruip in de tijd

	$\beta_c(t,t_0) = [(t-t_0)/(\beta_H + (t-t_0))]^{0,3}$				
	$\beta_c(t,t_0)$		=	0,98	
	Waarbij:	β_H	=	1315,1	
		$t-t_0$	=	18222	dagen

Kruipcoëffiënt	**$\varphi(t,t_0)$**	**=**	**1,37**

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Voorspanverliezen
Datum	maart 2025

Voorspanverliezen

Invoer

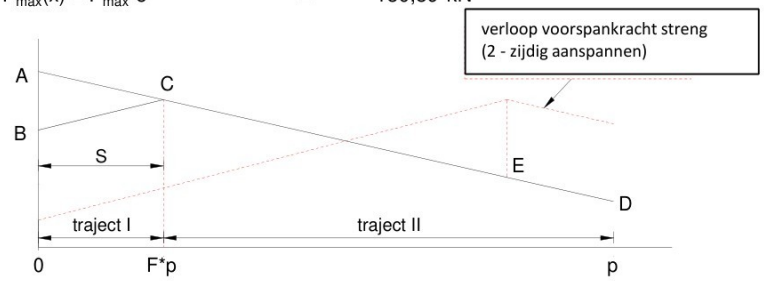
wandhoogte	=	6,00 m	$f_{pu;rep}$	=	1860	N/mm²
elementbreedte	=	2,002 m	E_p	=	195000	N/mm²
spanelementbreedte	=	1,517 m	A_p	=	**139**	mm² (per streng)
elementhoogte h_{gem}	=	149 mm	P_{max}	=	**200**	kN
aantal standaardelementen	=	54 -	ρ_{1000}	=	**2,5**	%
aantal spanelementen	=	2 -	ε_{cs}	=	1,94E-04	krimp
Rekenstraal R	=	17,61 m	$\varphi_{t,to}$	=	1,37	kruip
Aantal strengen	=	**22** -	$A_{c;netto}$	=	894000	mm²
Spanlengte	=	110,67 m	E_c	=	34077	N/mm²
Levensduur	=	50 jaar				

Direct optredende verliezen

μ	=	**0,0271** rad^{-1}	wrijvingscoëfficiënt	(opgave Aquastruct)
k	=	**0,0051** rad/m	wobblecoëfficiënt	(opgave Aquastruct)
Δl	=	**2** mm	wigzetting	(opgave Aquastruct)
θ	=	**1** π		
x	=	110,67 m	(x = 1/2 omtrek)	

$P_{max}(x) = P_{max} \cdot e^{-\mu(\theta+kx)}$ = 180,89 kN

ΔP_μ =	19,11 kN



A =	200,00 kN
B =	193,88 kN
C =	196,94 kN
D =	180,89 kN
E =	183,95 kN
F =	0,160 π

Gemiddelde afname staalspanning over de lengte:

$\Delta\sigma_{p;gem} = \Delta\sigma_{p;s} / x = \Delta P_\mu / (A_p \cdot x)$ = 1,24 N/mm²

Invloedslengte wigzetting (S):

$S = (\Delta l \cdot E_p / \Delta\sigma_{p;gem})^{0,5}$ = 17,72 m

L_I	17,72 m
L_{II}	92,96 m

ΔP_{sl} =	6,12 kN

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Voorspanverliezen
Datum	maart 2025

Voorspankracht na wigzetting en wrijvingsverlies

= $P_{m;0;gem}$ = 189,95 kN

Elastische verkorting

Totale verlies bij het spannen van 22 kabels bedraagt:

= 39,04 kN

Gemiddeld verlies per kabel = 39,04 / 22 = ΔP_{el} = 1,77 kN

Voorspankracht na directe verliezen

Gemiddelde voorspankracht na directe verliezen bedraagt: $P_{m;0;gem}$ = 188,18 kN

Verlenging van voorspanstrengen

$\Delta L_{vrsp} = (P_{gem} \cdot L) / (E_p \cdot A_p)$ $\Delta L_{beton} = (P_{gem} \cdot L) / (E'_b \cdot A_{c;netto})$

zone	lengte	Pgem	ΔL_{vrsp}	ΔL_{beton}			
	m	kN	mm	mm			
I	17,72	195,41	127,74	2,61			
II	92,96	188,91	647,88	64,37			
totaal			775,61	66,99	$\Delta L_{vrsp;tot}$	=	843 mm

Tijdafhankelijke verliezen

$$\Delta P_{c+s+r} = A_p \cdot \Delta\sigma_{p,c+s+r} = A_p \cdot \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_p + 0{,}8 \cdot \Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \varphi(t,t_0) \cdot \sigma_{c,QP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \frac{A_p}{A_c} \cdot (1 + \frac{A_c}{I_c} \cdot z_{cp}^2) \cdot [1 + 0{,}8 \cdot \varphi(t,t_0)]}$$

$$\Delta\sigma_{pr} = \sigma_{pi} \cdot \left(0{,}66 \cdot \rho 1000 \cdot e^{9{,}1 \cdot \mu} \cdot (\frac{t}{1000})^{0{,}75(1-\mu)} \cdot 10^{-5} \right);\ \mu = \frac{\sigma_{pi}}{f_{pk}}$$

waarin:

$\sigma_{pi} = \sigma_{pm0}$	=	1353,81	N/mm^2
μ	=	0,728	
$\Delta\sigma_{pr}$	=	58,18	N/mm^2
	=	4,63	N/mm^2
	=	2,89	N/mm^2
	=	1,74	N/mm^2
krimp ε_{cs}	=	1,94E-04	
kruip $\varphi_{t,to}$	=	1,37	

$z^2_{cp} = 0$ (z_p spanelementen = z_c betondrsn)

ΔP_{c+s+r} = 13,05 kN

Voorspankracht op t = ∞ $P_{m;\infty;gem}$ = 175,13 kN

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Voorspanverliezen
Datum	maart 2025

Samenvatting voorspankrachten

Aanvangsvoorspankracht	P_{max}	=	200,0	kN
Direct optredende verliezen:				
Wrijving en Wobble-effect	ΔP_m	=	19,1	kN
Wigzetting	ΔP_{sl}	=	6,1	kN
Elastische verkorting	ΔP_{el}	=	1,8	kN
Voorspankracht direct na het spannen	$P_{m;0;gem}$	=	188,2	kN
Tijdafhankelijke verliezen:	ΔP_{c+s+r}	=	13,0	kN
Werkvoorspankracht:	$P_{m;\infty;gem}$	=	**175,1**	kN

In de belastingcombinaties wordt gerekend met variatie in verlies (maximaal/minimaal) door gebruik te maken van de volgende factoren:

Gemiddeld verlies inclusief tijdsafhankelijke effecten:	175,1	/	200	=	0,88
Gemiddeld verlies exclusief tijdsafhankelijke effecten:	188,2	/	200	=	0,94

Toetsing aanvangs- en fabrieksvoorspankracht conform NEN-EN 1992-1-1:2005 art. 5.10.2.1:

k_1	=	0,80	$\sigma_{p,max}$	=	1440	N/mm²
k_2	=	0,90	$P_m(max)$	=	200	kN voldoet

Indien nodig kan maximaal overspannen worden tot:

k_3	=	0,95	$k_3 \cdot f_{p;0,1;k} \cdot A_p$	=	211	kN

Voorwaarde is dat de kracht in de vijzel kan worden gemeten met een nauwkeurigheid van +/-5% van de eindwaarde van de voorspankracht.

Toetsing voorspankracht direct na spannen conform NEN-EN 1992-1-1:2005 art. 5.10.3:

k_7	=	0,75	σ_{pm0}	=	1360	N/mm²
k_8	=	0,85	$P_{m0}(max)$	=	189	kN voldoet

Volgens art. 5.10.8 (2) NEN-EN 1992-1-1 is het bij het berekenen van de toename van de spanning in het voorspanstaal nodig rekening te houden met de vervorming van het gehele element bij voorgespannen elementen met blijvend niet-hechtende spanelementen. Zonder gedetailleerde berekening mag zijn aangenomen dat de toename van de spanning vanaf de effectieve voorspanning tot de spanning in de ULS gelijk is aan $\Delta s_{p,ULS} = 50$ N/mm^2.

De maximaal mogelijk effectieve spanning in de voorspanelementen in de ULS wordt dan:

$\gamma_p \cdot \sigma_{p,max,0} + \Delta\sigma_{p,ULS}$ = 1675 N/mm² < f_{pd} = 1690 N/mm^2

BIJLAGE D

Temperatuurbelasting - Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m

Bijlage D1: Excel berekening
Bijlage D2: SCIA berekening

Lincon bv
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

Werk
Projectnr.
Doc. nr.
Bladnr. D
Datum

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Temperatuurbelasting
Datum	maart 2025

Temperatuurbelasting

Straal tankwand R **17620** mm
Uitzettingscoefficient beton **1,0E-05**

Opwarming situatie 1

Geometrie	$T_{bu,wand}$	T_m	$T_{bi,wand}$	ΔT_m	$\Delta R_{opgelegd}$	
		48,96				
K25	**54,7**	40,23	**43,2**	34,60	6,10	mm
K24	**44,3**	29,75	**10,0**	24,99	4,40	mm
K23	**44,3**	27,66	**10,0**	18,71	3,30	mm
K22	**44,3**	27,24	**10,0**	17,45	3,07	mm
K21	**44,3**	27,16	**10,0**	17,20	3,03	mm
K20	**44,3**	27,14	**10,0**	17,15	3,02	mm
K19	**44,3**	27,14	**10,0**	17,14	3,02	mm
K18	**44,3**	27,13	**10,0**	17,13	3,02	mm
K17	**44,3**	27,13	**10,0**	17,13	3,02	mm
K16	**44,3**	27,13	**10,0**	17,13	3,02	mm
K15	**44,3**	27,13	**10,0**	17,13	3,02	mm
K14	**44,3**	27,13	**10,0**	17,13	3,02	mm
K13	**44,3**	27,13	**10,0**	17,13	3,02	mm
K12	**44,3**	27,13	**10,0**	17,13	3,02	mm
K11	**44,3**	27,13	**10,0**	17,13	3,02	mm
K10	**44,3**	27,13	**10,0**	17,13	3,02	mm
K9	**44,3**	27,13	**10,0**	17,13	3,02	mm
K8	**44,3**	27,12	**10,0**	17,12	3,02	mm
K7	**44,3**	27,05	**10,0**	17,08	3,01	mm
K6	**44,3**	26,72	**10,0**	16,89	2,98	mm
K5	**44,3**	25,08	**10,0**	15,90	2,80	mm
K4	**44,3**	16,85	**10,0**	10,97	1,93	mm
K3	**10,0**	10,00	**10,0**	3,43	0,60	mm
K2	**10,0**	10,00	**10,0**	0,00	0,00	mm
K1	**10,0**	10,00	**10,0**			

Afkoeling situatie 1

Geometrie	$T_{bu,wand}$	T_m	$T_{bi,wand}$	ΔT_m	$\Delta R_{opgelegd}$	
		-15,00				
K25	**-15,0**	-7,11	**-15,0**	-21,06	-3,71	mm
K24	**-5,6**	2,35	**15,0**	-12,38	-2,18	mm
K23	**-5,6**	4,25	**15,0**	-6,70	-1,18	mm
K22	**-5,6**	4,62	**15,0**	-5,56	-0,98	mm
K21	**-5,6**	4,70	**15,0**	-5,34	-0,94	mm
K20	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,29	-0,93	mm
K19	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K18	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K17	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K16	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K15	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K14	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K13	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K12	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K11	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K10	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K9	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K8	**-5,6**	4,72	**15,0**	-5,28	-0,93	mm
K7	**-5,6**	4,74	**15,0**	-5,27	-0,93	mm
K6	**-5,6**	4,85	**15,0**	-5,20	-0,92	mm
K5	**-5,6**	5,35	**15,0**	-4,90	-0,86	mm
K4	**-5,6**	7,89	**15,0**	-3,38	-0,60	mm
K3	**10,0**	10,00	**10,0**	-1,06	-0,19	mm
K2	**10,0**	10,00	**10,0**	0,00	0,00	mm
K1	**10,0**	10,00	**10,0**			

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Temperatuurbelasting
Datum	maart 2025

Opwarming situatie 2

Geometrie	$T_{bu,wand}$	T_m	$T_{bi,wand}$	ΔT_m	$\Delta R_{opgelegd}$	
		48,96				
K25	**54,7**	44,18	**43,2**	36,57	6,44	mm
K24	**49,0**	38,43	**25,0**	31,30	5,52	mm
K23	**49,0**	37,28	**25,0**	27,86	4,91	mm
K22	**49,0**	37,05	**25,0**	27,17	4,79	mm
K21	**49,0**	37,01	**25,0**	27,03	4,76	mm
K20	**49,0**	37,00	**25,0**	27,00	4,76	mm
K19	**49,0**	36,99	**25,0**	27,00	4,76	mm
K18	**49,0**	36,99	**25,0**	26,99	4,76	mm
K17	**49,0**	36,99	**25,0**	26,99	4,76	mm
K16	**49,0**	36,99	**25,0**	26,99	4,76	mm
K15	**49,0**	36,99	**25,0**	26,99	4,76	mm
K14	**49,0**	36,99	**25,0**	26,99	4,76	mm
K13	**49,0**	36,99	**25,0**	26,99	4,76	mm
K12	**49,0**	36,99	**25,0**	26,99	4,76	mm
K11	**49,0**	36,99	**25,0**	26,99	4,76	mm
K10	**49,0**	36,99	**25,0**	26,99	4,76	mm
K9	**49,0**	36,99	**25,0**	26,99	4,76	mm
K8	**49,0**	36,97	**25,0**	26,98	4,75	mm
K7	**49,0**	36,86	**25,0**	26,92	4,74	mm
K6	**49,0**	36,35	**25,0**	26,61	4,69	mm
K5	**49,0**	33,75	**25,0**	25,05	4,41	mm
K4	**49,0**	20,80	**25,0**	17,28	3,04	mm
K3	**10,0**	10,00	**10,0**	5,40	0,95	mm
K2	**10,0**	10,00	**10,0**	0,00	0,00	mm
K1	**10,0**	10,00	**10,0**			

Afkoeling situatie 2

Geometrie	$T_{bu,wand}$	T_m	$T_{bi,wand}$	ΔT_m	$\Delta R_{opgelegd}$	
		-15,00				
K25	**-15,0**	-9,74	**-15,0**	-22,37	-3,94	mm
K24	**-8,7**	-3,43	**5,0**	-16,59	-2,92	mm
K23	**-8,7**	-2,17	**5,0**	-12,80	-2,26	mm
K22	**-8,7**	-1,92	**5,0**	-12,04	-2,12	mm
K21	**-8,7**	-1,87	**5,0**	-11,89	-2,10	mm
K20	**-8,7**	-1,86	**5,0**	-11,86	-2,09	mm
K19	**-8,7**	-1,85	**5,0**	-11,86	-2,09	mm
K18	**-8,7**	-1,85	**5,0**	-11,85	-2,09	mm
K17	**-8,7**	-1,85	**5,0**	-11,85	-2,09	mm
K16	**-8,7**	-1,85	**5,0**	-11,85	-2,09	mm
K15	**-8,7**	-1,85	**5,0**	-11,85	-2,09	mm
K14	**-8,7**	-1,85	**5,0**	-11,85	-2,09	mm
K13	**-8,7**	-1,85	**5,0**	-11,85	-2,09	mm
K12	**-8,7**	-1,85	**5,0**	-11,85	-2,09	mm
K11	**-8,7**	-1,85	**5,0**	-11,85	-2,09	mm
K10	**-8,7**	-1,85	**5,0**	-11,85	-2,09	mm
K9	**-8,7**	-1,85	**5,0**	-11,85	-2,09	mm
K8	**-8,7**	-1,84	**5,0**	-11,85	-2,09	mm
K7	**-8,7**	-1,80	**5,0**	-11,82	-2,08	mm
K6	**-8,7**	-1,57	**5,0**	-11,68	-2,06	mm
K5	**-8,7**	-0,43	**5,0**	-11,00	-1,94	mm
K4	**-8,7**	5,26	**5,0**	-7,59	-1,34	mm
K3	**10,0**	10,00	**10,0**	-2,37	-0,42	mm
K2	**10,0**	10,00	**10,0**	0,00	0,00	mm
K1	**10,0**	10,00	**10,0**			

In het raamwerkmodel worden staven gemodelleerd met stijfheden die overeenkomen met de waarden van k_{wand}.
Vervolgens krijgen de staven een fictieve temperatuursverandering, waarbij de verlenging of verkorting van de staaf, wanneer deze niet door de constructie verhinderd wordt, gelijk is aan de genoemde opgelegde verplaatsingen.
De staven die de veren voorstellen worden gemodelleerd door ze een lengte te geven van 1000 mm en een stijfheids-modulus E_c = 34077 N/mm^2

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Temperatuurbelasting
Datum	maart 2025

Fictieve temperatuurverhoging

E_c = **34077** N/mm^2

l_{veer} = **1000** mm

	Opwarming 1	Afkoeling 1	Opwarming 2	Afkoeling 2	k	A_{veer}
S25	**609,6**	**-371,0**	**644,3**	**-394,2**	2044	**60**
S24	**440,4**	**-218,1**	**551,6**	**-292,3**	4089	**120**
S23	**329,6**	**-118,1**	**490,8**	**-225,5**	4089	**120**
S22	**307,4**	**-98,0**	**478,7**	**-212,2**	4089	**120**
S21	**303,0**	**-94,0**	**476,2**	**-209,5**	4089	**120**
S20	**302,1**	**-93,2**	**475,8**	**-209,0**	4089	**120**
S19	**302,0**	**-93,1**	**475,7**	**-208,9**	4089	**120**
S18	**301,9**	**-93,1**	**475,6**	**-208,9**	4089	**120**
S17	**301,9**	**-93,0**	**475,6**	**-208,9**	4089	**120**
S16	**301,9**	**-93,0**	**475,6**	**-208,9**	4089	**120**
S15	**301,9**	**-93,0**	**475,6**	**-208,9**	4089	**120**
S14	**301,9**	**-93,0**	**475,6**	**-208,9**	4089	**120**
S13	**301,9**	**-93,0**	**475,6**	**-208,9**	4089	**120**
S12	**301,9**	**-93,0**	**475,6**	**-208,9**	4089	**120**
S11	**301,9**	**-93,0**	**475,6**	**-208,9**	4089	**120**
S10	**301,9**	**-93,0**	**475,6**	**-208,9**	4089	**120**
S9	**301,9**	**-93,0**	**475,6**	**-208,8**	4089	**120**
S8	**301,7**	**-93,0**	**475,4**	**-208,7**	4089	**120**
S7	**301,0**	**-92,8**	**474,3**	**-208,3**	4089	**120**
S6	**297,6**	**-91,7**	**468,8**	**-205,9**	4089	**120**
S5	**280,2**	**-86,3**	**441,4**	**-193,8**	4089	**120**
S4	**193,2**	**-59,5**	**304,4**	**-133,7**	4089	**120**
S3	**60,4**	**-18,6**	**95,1**	**-41,8**	4089	**120**
S2	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	4089	**120**

Op de volgende bladzijde zijn de berekeningsresultaten en voegverplaatsingen t.g.v. de invloed van de temperatuur weergegeven. Hierin wordt de voegverplaatsing bepaald middels:

$d_{voeg} = (x/R) * b$ waarin:

x = verschil tussen opgelegde verplaatsing en optredende verplaatsing
b = elementbreedte

Er ontstaat trek in de voeg wanneer:
- De optredende verplaatsing bij opwarming groter is dan De opgelegde verplaatsing
- De optredende verplaatsing bij afkoeling kleiner is dan De opgelegde verplaatsing

Verplaatsing van de constructie naar buiten is positief en naar binnen negatief, zodat wanneer bij opgelegd - optredend bij een negatief antwoord trek in de voeg ontstaat.

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Temperatuurbelasting
Datum	maart 2025

Temperatuurbelasting

elementbreedte **2002** mm

	Opwarming 1				Afkoeling 1			
	$\delta_{opgelegd}$	$\delta_{optredend}$	verschil	δ_{voeg}	$\delta_{opgelegd}$	$\delta_{optredend}$	verschil	δ_{voeg}
S25	6,10	**4,12**	1,98	-	-3,71	**-1,95**	-1,76	-0,200
S24	4,40	**3,94**	0,46	-	-2,18	**-1,77**	-0,41	-0,047
S23	3,30	**3,76**	-0,46	-0,053	-1,18	**-1,60**	0,42	-
S22	3,07	**3,60**	-0,53	-0,060	-0,98	**-1,45**	0,47	-
S21	3,03	**3,46**	-0,43	-0,049	-0,94	**-1,31**	0,37	-
S20	3,02	**3,35**	-0,33	-0,037	-0,93	**-1,20**	0,27	-
S19	3,02	**3,27**	-0,25	-0,028	-0,93	**-1,11**	0,18	-
S18	3,02	**3,21**	-0,19	-0,022	-0,93	**-1,04**	0,11	-
S17	3,02	**3,17**	-0,15	-0,017	-0,93	**-0,99**	0,06	-
S16	3,02	**3,14**	-0,12	-0,014	-0,93	**-0,96**	0,03	-
S15	3,02	**3,13**	-0,11	-0,013	-0,93	**-0,94**	0,01	-
S14	3,02	**3,11**	-0,09	-0,010	-0,93	**-0,92**	-0,01	-0,001
S13	3,02	**3,09**	-0,07	-0,008	-0,93	**-0,91**	-0,02	-0,002
S12	3,02	**3,06**	-0,04	-0,005	-0,93	**-0,91**	-0,02	-0,002
S11	3,02	**3,01**	0,01	-	-0,93	**-0,89**	-0,04	-0,005
S10	3,02	**2,93**	0,09	-	-0,93	**-0,87**	-0,06	-0,007
S9	3,02	**2,80**	0,22	-	-0,93	**-0,84**	-0,09	-0,010
S8	3,02	**2,63**	0,39	-	-0,93	**-0,79**	-0,14	-0,016
S7	3,01	**2,41**	0,60	-	-0,93	**-0,72**	-0,21	-0,024
S6	2,98	**2,12**	0,86	-	-0,92	**-0,64**	-0,28	-0,031
S5	2,80	**1,78**	1,02	-	-0,86	**-0,54**	-0,32	-0,037
S4	1,93	**1,38**	0,55	-	-0,60	**-0,42**	-0,18	-0,020
S3	0,60	**0,94**	-0,34	-0,038	-0,19	**-0,28**	0,09	-
S2	0,00	**0,48**	-0,48	-0,055	0,00	**-0,14**	0,14	-

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Temperatuurbelasting
Datum	maart 2025

	Opwarming 2				Afkoeling 2			
	$\delta_{opgelegd}$	$\delta_{optredend}$	verschil	δ_{voeg}	$\delta_{opgelegd}$	$\delta_{optredend}$	verschil	δ_{voeg}
S25	6,44	**5,32**	1,12	-	-3,94	**-2,75**	-1,19	-0,135
S24	5,52	**5,24**	0,28	-	-2,92	**-2,64**	-0,28	-0,032
S23	4,91	**5,16**	-0,25	-0,029	-2,26	**-2,54**	0,28	-
S22	4,79	**5,10**	-0,31	-0,036	-2,12	**-2,44**	0,32	-
S21	4,76	**5,04**	-0,28	-0,032	-2,10	**-2,36**	0,26	-
S20	4,76	**5,00**	-0,24	-0,028	-2,09	**-2,29**	0,20	-
S19	4,76	**4,98**	-0,22	-0,025	-2,09	**-2,25**	0,16	-
S18	4,76	**4,96**	-0,20	-0,023	-2,09	**-2,21**	0,12	-
S17	4,76	**4,97**	-0,21	-0,024	-2,09	**-2,19**	0,10	-
S16	4,76	**4,97**	-0,21	-0,024	-2,09	**-2,17**	0,08	-
S15	4,76	**4,97**	-0,21	-0,024	-2,09	**-2,17**	0,08	-
S14	4,76	**4,96**	-0,20	-0,023	-2,09	**-2,16**	0,07	-
S13	4,76	**4,94**	-0,18	-0,021	-2,09	**-2,15**	0,06	-
S12	4,76	**4,89**	-0,13	-0,015	-2,09	**-2,13**	0,04	-
S11	4,76	**4,81**	-0,05	-0,006	-2,09	**-2,09**	0,00	-
S10	4,76	**4,67**	0,09	-	-2,09	**-2,03**	-0,06	-0,007
S9	4,76	**4,46**	0,30	-	-2,09	**-1,94**	-0,15	-0,017
S8	4,75	**4,19**	0,56	-	-2,09	**-1,82**	-0,27	-0,030
S7	4,74	**3,82**	0,92	-	-2,08	**-1,67**	-0,41	-0,047
S6	4,69	**3,36**	1,33	-	-2,06	**-1,47**	-0,59	-0,067
S5	4,41	**2,82**	1,59	-	-1,94	**-1,23**	-0,71	-0,080
S4	3,04	**2,18**	0,86	-	-1,34	**-0,95**	-0,39	-0,044
S3	0,95	**1,49**	-0,54	-0,061	-0,42	**-0,65**	0,23	-
S2	0,00	**0,75**	-0,75	-0,085	0,00	**-0,33**	0,33	-

De aangegeven waarden van δ_{voeg}, die ontstaan door uitsluitend de werking van de temperatuur op de silo, moeten worden gecombineerd met de verplaatsingen t.g.v. de belasting in de frequente combinatie, welke gebruikt moet worden voor de controle van scheurvorming m.b.t. vloeistofdichtheid.

Bepaling van de totale voegverplaatsing onder frequente combinatie

	ΔR_{bel}	$\delta_{voeg;bel}$	$\delta_{voeg;temp}$	δ_{totaal}
S25	**0,70**	0,080	-0,200	-0,020
S24	**0,66**	0,075	-0,047	0,052
S23	**0,62**	0,070	-0,053	0,044
S22	**0,56**	0,064	-0,060	0,034
S21	**0,51**	0,058	-0,049	0,034
S20	**0,44**	0,050	-0,037	0,031
S19	**0,37**	0,042	-0,028	0,028
S18	**0,29**	0,033	-0,023	0,021
S17	**0,22**	0,025	-0,024	0,013
S16	**0,16**	0,018	-0,024	0,006
S15	**0,11**	0,012	-0,024	0,000
S14	**0,10**	0,011	-0,023	0,000
S13	**0,13**	0,015	-0,021	0,004
S12	**0,20**	0,023	-0,015	0,015
S11	**0,31**	0,035	-0,006	0,032
S10	**0,46**	0,052	-0,007	0,049
S9	**0,65**	0,074	-0,017	0,065
S8	**0,86**	0,098	-0,030	0,083
S7	**1,10**	0,125	-0,047	0,102
S6	**1,37**	0,156	-0,067	0,122
S5	**1,68**	0,191	-0,080	0,151
S4	**2,03**	0,231	-0,044	0,209
S3	**2,43**	0,276	-0,061	0,245
S2	**2,89**	0,328	-0,085	0,286

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Temperatuurbelasting
Datum	maart 2025

Toetsing aan het Lohmeijer Criterium

De aangegeven waarden van d_{voeg}, die ontstaan door uitsluitend de werking van de temperatuur op de silo, moeten worden gecombineerd met de verplaatsingen t.g.v. de belastingen.

Onder invloed van de combinaties exclusief temperatuur is sprake van blijvende druk. Onder invloed van temperatuursinvloeden kan er eveneens scheurvorming t.p.v. de voegen ontstaan. De waarden van $d_{voeg;totaal}$ die dan verkregen worden, worden getoetst aan het Lohmeijer criterium.

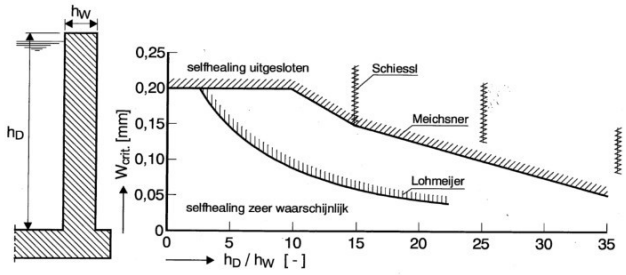


Fig. 4.3 Relatie tussen de kritische scheurwijdte en de verhouding tussen de vloeistofhoogte en wanddikte volgens Lohmeyer [1].

Bepaling h(w):

Voeglengte:	**149** mm
Uitw. Ø omh. buis	**32** mm
Gemiddelde h.o.h. afstand kabels	**150** mm
h(w)	**144** mm

Toetsing voegverplaatsingen

	h(d)	h(w)	h(d)/h(w)	Lohmeijer	1992-3 class 1	δ_{totaal}	toets Lohmeijer	toets class 1	$\delta_{voeg;ben}$
S25	0,00	0,14	0,00	0,200	0,200	0,020	ok	ok	-
S24	0,25	0,14	1,74	0,200	0,200	-0,052	ok	ok	-
S23	0,50	0,14	3,48	0,171	0,200	-0,044	ok	ok	-
S22	0,75	0,14	5,22	0,140	0,199	-0,034	ok	ok	-
S21	1,00	0,14	6,96	0,119	0,190	-0,034	ok	ok	-
S20	1,25	0,14	8,70	0,102	0,181	-0,031	ok	ok	-
S19	1,50	0,14	10,44	0,088	0,173	-0,028	ok	ok	-
S18	1,75	0,14	12,18	0,076	0,164	-0,021	ok	ok	-
S17	2,00	0,14	13,92	0,066	0,155	-0,013	ok	ok	-
S16	2,25	0,14	15,66	0,057	0,147	-0,006	ok	ok	-
S15	2,50	0,14	17,40	0,049	0,138	0,000	ok	ok	-
S14	2,75	0,14	19,15	0,042	0,129	0,000	ok	ok	-
S13	3,00	0,14	20,89	0,037	0,121	-0,004	ok	ok	-
S12	3,25	0,14	22,63	0,037	0,112	-0,015	ok	ok	-
S11	3,50	0,14	24,37	0,037	0,103	-0,032	ok	ok	-
S10	3,75	0,14	26,11	0,037	0,094	-0,049	ok	ok	-
S9	4,00	0,14	27,85	0,037	0,086	-0,065	ok	ok	-
S8	4,25	0,14	29,59	0,037	0,077	-0,083	ok	ok	-
S7	4,50	0,14	31,33	0,037	0,068	-0,102	ok	ok	-
S6	4,75	0,14	33,07	0,037	0,060	-0,122	ok	ok	-
S5	5,00	0,14	34,81	0,037	0,051	-0,151	ok	ok	-
S4	5,25	0,14	36,55	0,037	0,050	-0,209	ok	ok	-
S3	5,50	0,14	38,29	0,037	0,050	-0,245	ok	ok	-
S2	5,75	0,14	40,03	0,037	0,050	-0,286	ok	ok	-

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave 1
2. Basisgegevens 2
2.1. Rekenmodel 2
2.2. Materialen 2
2.3. Doorsneden 2
2.4. Knopen 3
2.5. Staven 3
2.6. Knoopondersteuningen 4
3. Belastingen 5
3.1. Belastingsgevallen 5
3.1.1. Belastingsgevallen - BG1 5
3.1.1.1. BG4 / Totale waarde 5
3.1.1.2. Thermische belasting 5
3.1.2. Belastingsgevallen - BG2 7
3.1.2.1. BG4 / Totale waarde 7
3.1.2.2. Thermische belasting 7
3.1.3. Belastingsgevallen - BG3 9
3.1.3.1. BG4 / Totale waarde 9
3.1.3.2. Thermische belasting 9
3.1.4. Belastingsgevallen - BG4 11
3.1.4.1. BG4 / Totale waarde 11
3.1.4.2. Thermische belasting 11
3.2. Combinaties 13
3.3. Resultaatklasses 13
4. Vervormingen per BG 14
4.1. Vervormingen per BG - BG1 14
4.1.1. Vervormingen van staaf; uz 14
4.2. Vervormingen per BG - BG2 15
4.2.1. Vervormingen van staaf; uz 15
4.3. Vervormingen per BG - BG3 16
4.3.1. Vervormingen van staaf; uz 16
4.4. Vervormingen per BG - BG4 17
4.4.1. Vervormingen van staaf; uz 17
5. Vervormingen 18
5.1. Vervormingen - ULS 18
5.1.1. Vervormingen van staaf; uz 18
5.2. Vervormingen - SLS 19
5.2.1. Vervormingen van staaf; uz 19
6. Vz 20
6.1. Vz - ULS 20
6.1.1. Interne krachten in staaf; Vz 20

2. Basisgegevens

2.1. Rekenmodel



2.2. Materialen

Naam	Type	ρ [kg/m³]	Dichtheid in natte toestand [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ	α [m/mK]	$f_{c.k.28}$ [MPa]	Kleur
C35/45	Beton	2500,0	2600,0	3,4100e+04	0.2	0,00	35,00	

Verklaring van symbolen	
Dichtheid in natte toestand	De waarde van de dichtheid van het kenmerk nieuwe toestand wordt alleen gebruikt als een samengesteld dek wordt ingevoerd en rekening wordt gehouden met de belasting van het eigengewicht.

2.3. Doorsneden

Naam	Type	Onderdeelmateriaal	Bouwwijze	A [m²]	A_y [m²]	I_y [m⁴]	$W_{el.y}$ [m³]	$W_{pl.y}$ [m³]	Kleur
	Gedetailleerd				A_z [m²]	I_z [m⁴]	$W_{el.z}$ [m³]	$W_{pl.z}$ [m³]	
Wand	Rechthoek 149; 1000	C35/45	beton	1,4900e-01	1,2417e-01 1,2417e-01	2,7566e-04 1,2417e-02	3,7002e-03 2,4833e-02	0,0000e+00 0,0000e+00	
Fictieve 1	Rechthoek 11; 11	C35/45	beton	1,1990e-04	9,9919e-05 9,9919e-05	1,1981e-09 1,1981e-09	2,1882e-07 2,1882e-07	0,0000e+00 0,0000e+00	
Fictieve 2	Rechthoek 8; 8	C35/45	beton	6,0062e-05	5,0052e-05 5,0052e-05	3,0063e-10 3,0063e-10	7,7581e-08 7,7581e-08	0,0000e+00 0,0000e+00	

2.4. Knopen

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Z [m]
K1	0,000	0,000
K2	0,000	0,250
K3	0,000	0,500
K4	0,000	0,750
K5	0,000	1,000
K6	0,000	1,250
K7	0,000	1,500
K8	0,000	1,750
K9	0,000	2,000
K10	0,000	2,250
K11	0,000	2,500
K12	0,000	2,750
K13	0,000	3,000
K14	0,000	3,250
K15	0,000	3,500
K16	0,000	3,750
K17	0,000	4,000
K18	0,000	4,250
K19	0,000	4,500
K20	0,000	4,750
K21	0,000	5,000
K22	0,000	5,250
K23	0,000	5,500
K24	0,000	5,750
K25	0,000	6,000
K202	-1,000	0,250
K203	-1,000	0,500
K204	-1,000	0,750
K205	-1,000	1,000
K206	-1,000	1,250
K207	-1,000	1,500
K208	-1,000	1,750
K209	-1,000	2,000
K210	-1,000	2,250
K211	-1,000	2,500
K212	-1,000	2,750
K213	-1,000	3,000
K214	-1,000	3,250
K215	-1,000	3,500
K216	-1,000	3,750
K217	-1,000	4,000
K218	-1,000	4,250
K219	-1,000	4,500
K220	-1,000	4,750
K221	-1,000	5,000
K222	-1,000	5,250
K223	-1,000	5,500
K224	-1,000	5,750
K225	-1,000	6,000

2.5. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S2	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K2	K202	Algemeen (0)
S3	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K3	K203	Algemeen (0)
S4	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K4	K204	Algemeen (0)
S5	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K5	K205	Algemeen (0)
S6	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K6	K206	Algemeen (0)
S7	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K7	K207	Algemeen (0)
S8	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K8	K208	Algemeen (0)
S9	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K9	K209	Algemeen (0)
S10	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K10	K210	Algemeen (0)
S11	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K11	K211	Algemeen (0)
S12	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K12	K212	Algemeen (0)
S13	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K13	K213	Algemeen (0)
S14	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K14	K214	Algemeen (0)
S15	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K15	K215	Algemeen (0)
S16	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K16	K216	Algemeen (0)
S17	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K17	K217	Algemeen (0)
S18	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K18	K218	Algemeen (0)
S19	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K19	K219	Algemeen (0)
S20	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K20	K220	Algemeen (0)
S21	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K21	K221	Algemeen (0)
S22	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K22	K222	Algemeen (0)
S23	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K23	K223	Algemeen (0)
S24	Fictieve 1 - Rechthoek (11; 11)	C35/45	1,000	K24	K224	Algemeen (0)
S25	Fictieve 2 - Rechthoek (8; 8)	C35/45	1,000	K25	K225	Algemeen (0)
W2	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K1	K2	Algemeen (0)
W3	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K2	K3	Algemeen (0)
W4	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K3	K4	Algemeen (0)
W5	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K4	K5	Algemeen (0)
W6	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K5	K6	Algemeen (0)
W7	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K6	K7	Algemeen (0)
W8	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K7	K8	Algemeen (0)
W9	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K8	K9	Algemeen (0)
W10	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K9	K10	Algemeen (0)
W11	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K10	K11	Algemeen (0)
W12	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K11	K12	Algemeen (0)
W13	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K12	K13	Algemeen (0)
W14	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K13	K14	Algemeen (0)
W15	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K14	K15	Algemeen (0)
W16	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K15	K16	Algemeen (0)
W17	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K16	K17	Algemeen (0)
W18	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K17	K18	Algemeen (0)

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
W19	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K18	K19	Algemeen (0)
W20	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K19	K20	Algemeen (0)
W21	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K20	K21	Algemeen (0)
W22	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K21	K22	Algemeen (0)
W23	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K22	K23	Algemeen (0)
W24	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K23	K24	Algemeen (0)
W25	Wand - Rechthoek (149; 1000)	C35/45	0,250	K24	K25	Algemeen (0)

2.6. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Z	Ry
Sn1	K1	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn2	K202	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn3	K203	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn4	K204	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn5	K205	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn6	K206	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn7	K207	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn8	K208	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn9	K209	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn10	K210	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn11	K211	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn12	K212	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn13	K213	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn14	K214	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn15	K215	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn16	K216	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn17	K217	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn18	K218	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn19	K219	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn20	K220	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn21	K221	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn22	K222	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn23	K223	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn24	K224	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij
Sn25	K225	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij

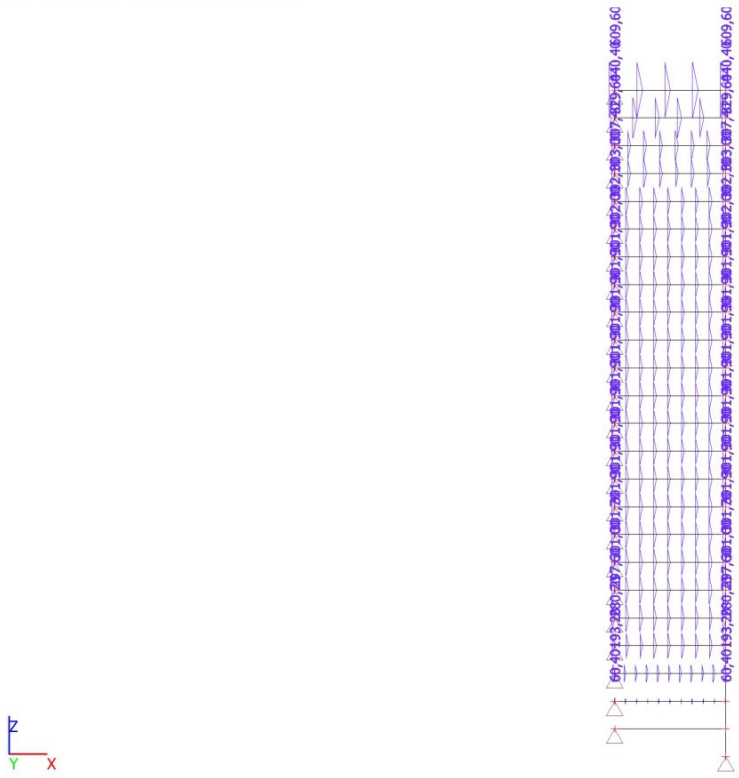
3. Belastingen

3.1. Belastingsgevallen

3.1.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG1	Opwarming 1	Permanent	LG1
		Standaard	

3.1.1.1. BG4 / Totale waarde



3.1.1.2. Thermische belasting

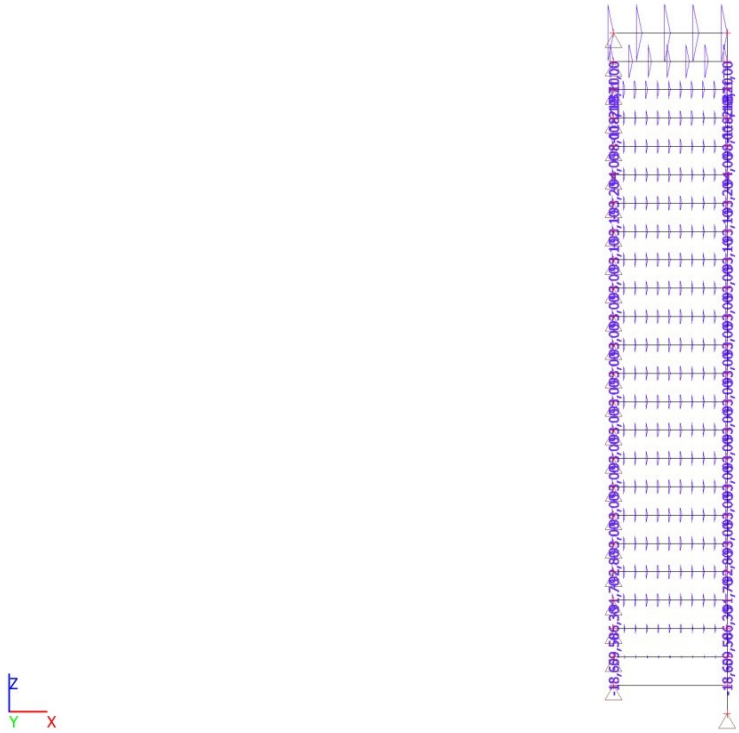
Naam	Staaf	Belastingsgeval	Pos x_1 / Pos x_2	Coör	Oors	Verdeling	Delta [K]
Temp102	S2	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	0,00
Temp103	S3	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	60,40
Temp104	S4	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	193,20
Temp105	S5	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	280,20
Temp106	S6	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	297,60
Temp107	S7	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,00
Temp108	S8	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,70
Temp109	S9	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,90
Temp110	S10	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,90
Temp111	S11	BG1 - Opwarming 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,90

Naam	Staaf	Belastingsgeval	Pos x_1 Pos x_2	Coör	Oors	Verdeling	Delta [K]
			1.000				
Temp112	S12	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,90
Temp113	S13	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,90
Temp114	S14	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,90
Temp115	S15	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,90
Temp116	S16	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,90
Temp117	S17	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,90
Temp118	S18	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	301,90
Temp119	S19	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	302,00
Temp120	S20	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	302,10
Temp121	S21	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	303,00
Temp122	S22	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	307,40
Temp123	S23	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	329,60
Temp124	S24	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	440,40
Temp125	S25	BG1 - Opwarming 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	609,60

3.1.2. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG2	Afkoeling 1	Permanent Standaard	LG1

3.1.2.1. BG4 / Totale waarde



3.1.2.2. Thermische belasting

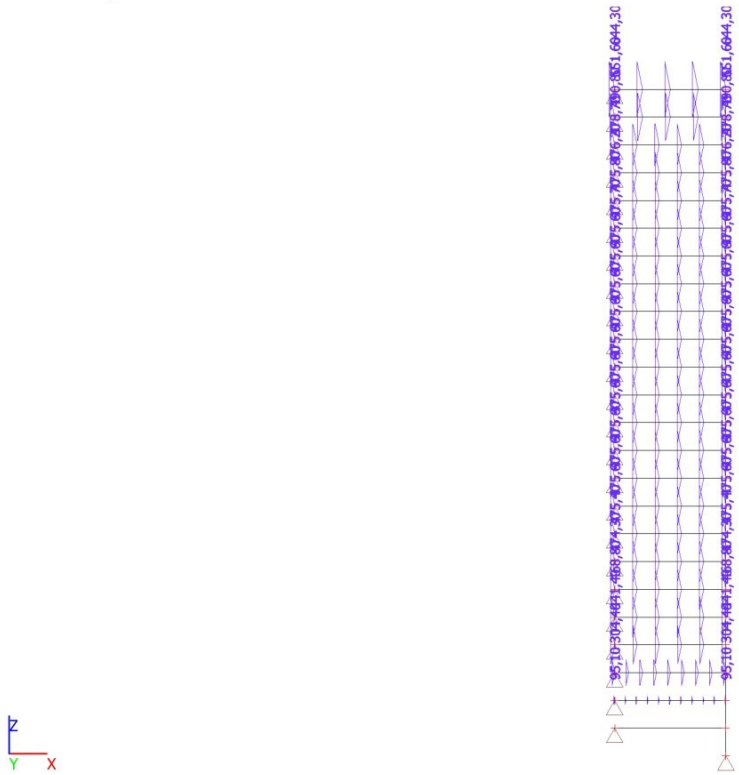
Naam	Staaf	Belastingsgeval	Pos x_1 Pos x_2	Coör	Oors	Verdeling	Delta [K]
Temp202	S2	BG2 - Afkoeling 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	0,00
Temp203	S3	BG2 - Afkoeling 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-18,60
Temp204	S4	BG2 - Afkoeling 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-59,50
Temp205	S5	BG2 - Afkoeling 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-86,30
Temp206	S6	BG2 - Afkoeling 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-91,70
Temp207	S7	BG2 - Afkoeling 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-92,80
Temp208	S8	BG2 - Afkoeling 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,00
Temp209	S9	BG2 - Afkoeling 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,00
Temp210	S10	BG2 - Afkoeling 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,00
Temp211	S11	BG2 - Afkoeling 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,00
Temp212	S12	BG2 - Afkoeling 1	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,00
Temp213	S13	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,00

Naam	Staaf	Belastingsgeval	Pos x_1	Coör	Oors	Verdeling	Delta [K]
			Pos x_2				
			1.000				
Temp214	S14	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,00
			1.000				
Temp215	S15	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,00
			1.000				
Temp216	S16	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,00
			1.000				
Temp217	S17	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,00
			1.000				
Temp218	S18	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,10
			1.000				
Temp219	S19	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,10
			1.000				
Temp220	S20	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-93,20
			1.000				
Temp221	S21	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-94,00
			1.000				
Temp222	S22	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-98,00
			1.000				
Temp223	S23	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-118,10
			1.000				
Temp224	S24	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-218,10
			1.000				
Temp225	S25	BG2 - Afkoeling 1	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-371,00
			1.000				

3.1.3. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG3	Opwarming 2	Permanent Standaard	LG1

3.1.3.1. BG4 / Totale waarde



3.1.3.2. Thermische belasting

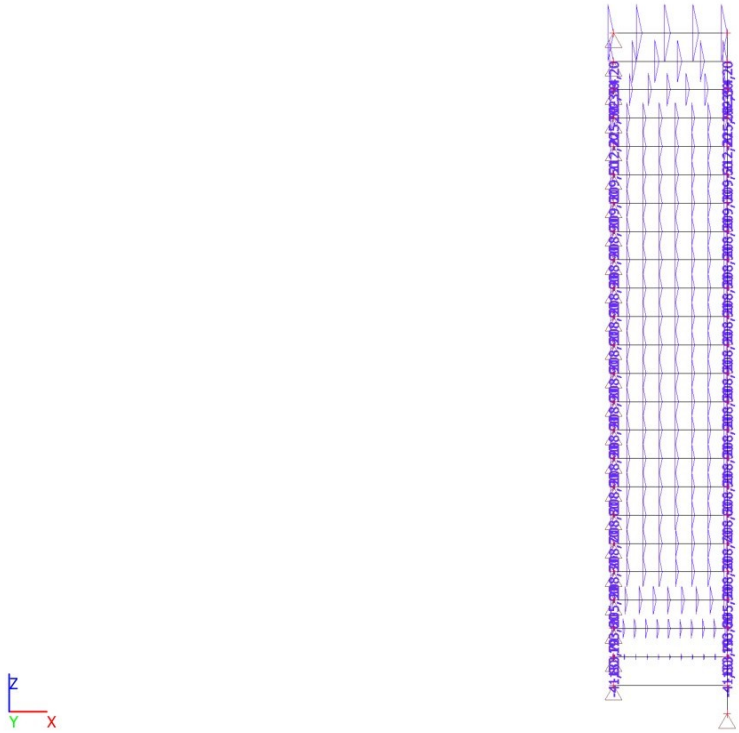
Naam	Staaf	Belastingsgeval	Pos x_1 Pos x_2	Coör	Oors	Verdeling	Delta [K]
Temp302	S2	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	0,00
Temp303	S3	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	95,10
Temp304	S4	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	304,40
Temp305	S5	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	441,40
Temp306	S6	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	468,80
Temp307	S7	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	474,30
Temp308	S8	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,40
Temp309	S9	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,60
Temp310	S10	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,60
Temp311	S11	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,60
Temp312	S12	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,60
Temp313	S13	BG3 - Opwarming 2	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,60

Naam	Staaf	Belastingsgeval	Pos x_1 Pos x_2	Coör	Oors	Verdeling	Delta [K]
			1.000				
Temp314	S14	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,60
Temp315	S15	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,60
Temp316	S16	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,60
Temp317	S17	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,60
Temp318	S18	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,60
Temp319	S19	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,70
Temp320	S20	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	475,80
Temp321	S21	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	476,20
Temp322	S22	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	478,70
Temp323	S23	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	490,80
Temp324	S24	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	551,60
Temp325	S25	BG3 - Opwarming 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	644,30

3.1.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG4	Afkoeling 2	Permanent Standaard	LG1

3.1.4.1. BG4 / Totale waarde



3.1.4.2. Thermische belasting

Naam	Staaf	Belastingsgeval	Pos x_1 Pos x_2	Coör	Oors	Verdeling	Delta [K]
Temp402	S2	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	0,00
Temp403	S3	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-41,80
Temp404	S4	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-133,70
Temp405	S5	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-193,80
Temp406	S6	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-205,90
Temp407	S7	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,30
Temp408	S8	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,70
Temp409	S9	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,80
Temp410	S10	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,90
Temp411	S11	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,90
Temp412	S12	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,90
Temp413	S13	BG4 - Afkoeling 2	0.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,90

Naam	Staaf	Belastingsgeval	Pos x_1 Pos x_2	Coör	Oors	Verdeling	Delta [K]
			1.000				
Temp414	S14	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,90
Temp415	S15	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,90
Temp416	S16	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,90
Temp417	S17	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,90
Temp418	S18	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,90
Temp419	S19	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-208,90
Temp420	S20	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-209,00
Temp421	S21	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-209,50
Temp422	S22	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-212,20
Temp423	S23	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-225,50
Temp424	S24	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-292,30
Temp425	S25	BG4 - Afkoeling 2	0.000 1.000	Rela	Vanaf begin	Constant	-394,20

3.2. Combinaties

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
BC1	Fundamenteel	Omhullende - uiterst	BG1 - Opwarming 1	1,35
BC2	Fundamenteel	Omhullende - uiterst	BG2 - Afkoeling 1	1,35
BC3	Fundamenteel	Omhullende - uiterst	BG3 - Opwarming 2	1,35
BC4	Fundamenteel	Omhullende - uiterst	BG4 - Afkoeling 2	1,35
BC5	Karakteristiek	Omhullende - uiterst	BG1 - Opwarming 1	1,00
BC6	Karakteristiek	Omhullende - uiterst	BG2 - Afkoeling 1	1,00
BC7	Karakteristiek	Omhullende - uiterst	BG3 - Opwarming 2	1,00
BC8	Karakteristiek	Omhullende - uiterst	BG4 - Afkoeling 2	1,00

3.3. Resultaatklasses

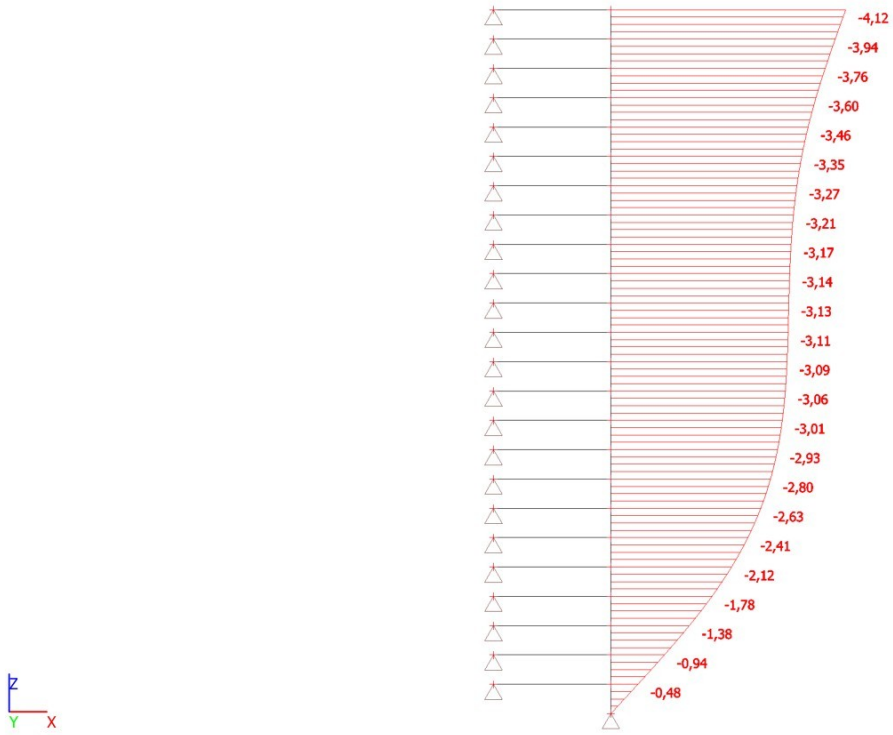
Naam	Omschrijving	Lijst
ULS	Fundamenteel	BC1 - Omhullende - uiterst
		BC2 - Omhullende - uiterst
		BC3 - Omhullende - uiterst
		BC4 - Omhullende - uiterst
SLS	Karakteristiek	BC5 - Omhullende - uiterst
		BC6 - Omhullende - uiterst
		BC7 - Omhullende - uiterst
		BC8 - Omhullende - uiterst

4. Vervormingen per BG

4.1. Vervormingen per BG - BG1

Naam	Omschrijving Spec	Actie type Belastingtype	Lastgroep
BG1	Opwarming 1	Permanent Standaard	LG1

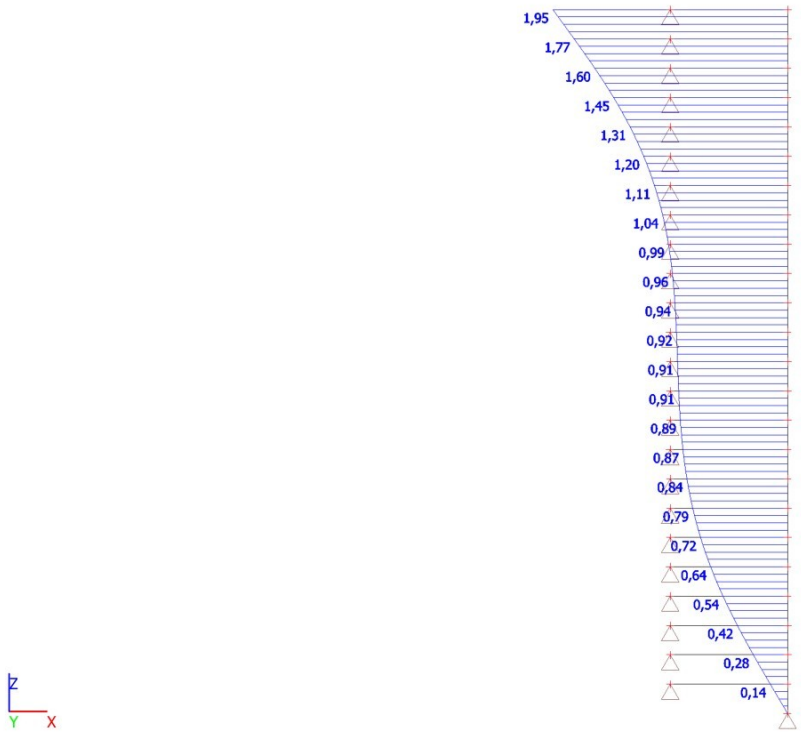
4.1.1. Vervormingen van staaf; uz



4.2. Vervormingen per BG - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG2	Afkoeling 1	Permanent	LG1
		Standaard	

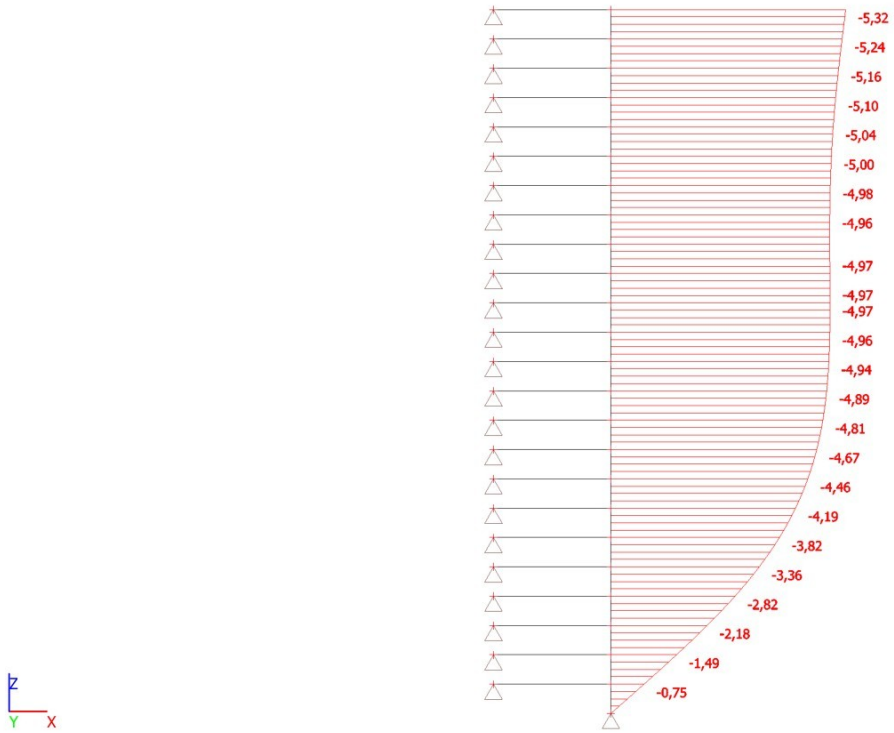
4.2.1. Vervormingen van staaf; uz



4.3. Vervormingen per BG - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG3	Opwarming 2	Permanent	LG1
		Standaard	

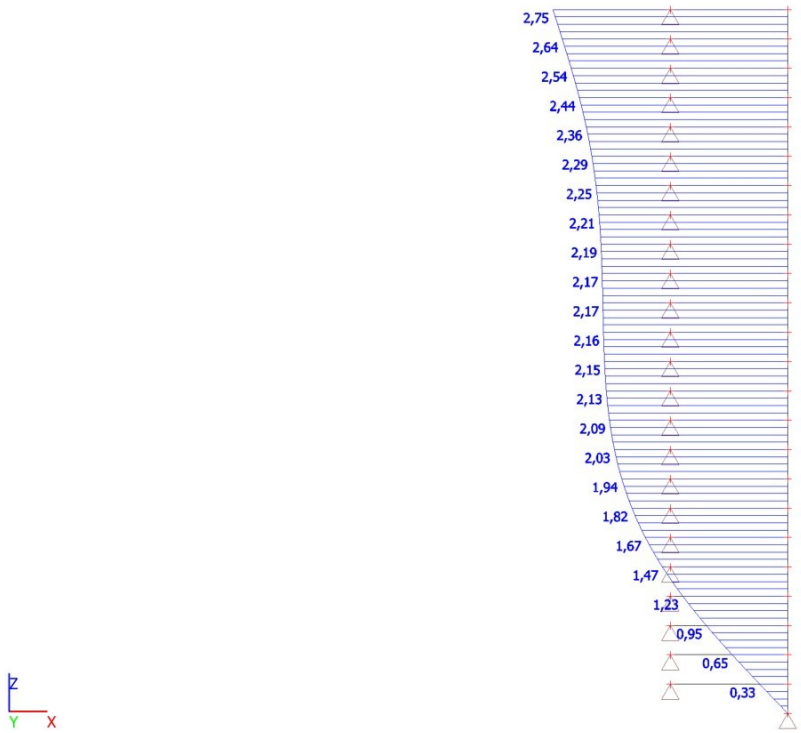
4.3.1. Vervormingen van staaf; uz



4.4. Vervormingen per BG - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG4	Afkoeling 2	Permanent	LG1
		Standaard	

4.4.1. Vervormingen van staaf; uz

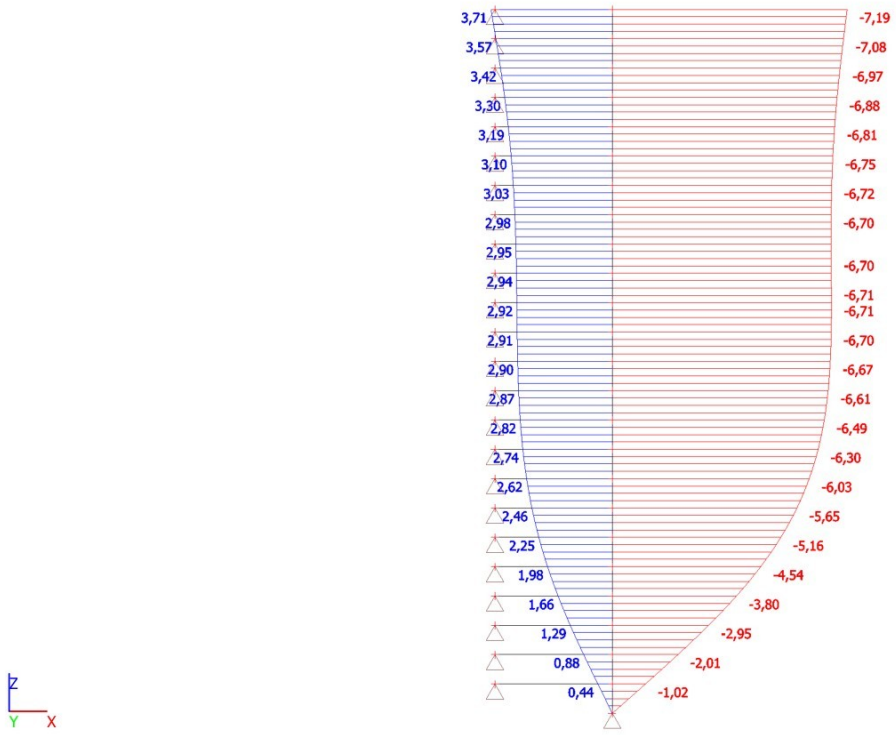


5. Vervormingen

5.1. Vervormingen - ULS

Naam	Omschrijving	Lijst
ULS	Fundamenteel	BC1 - Omhullende - uiterst
		BC2 - Omhullende - uiterst
		BC3 - Omhullende - uiterst
		BC4 - Omhullende - uiterst

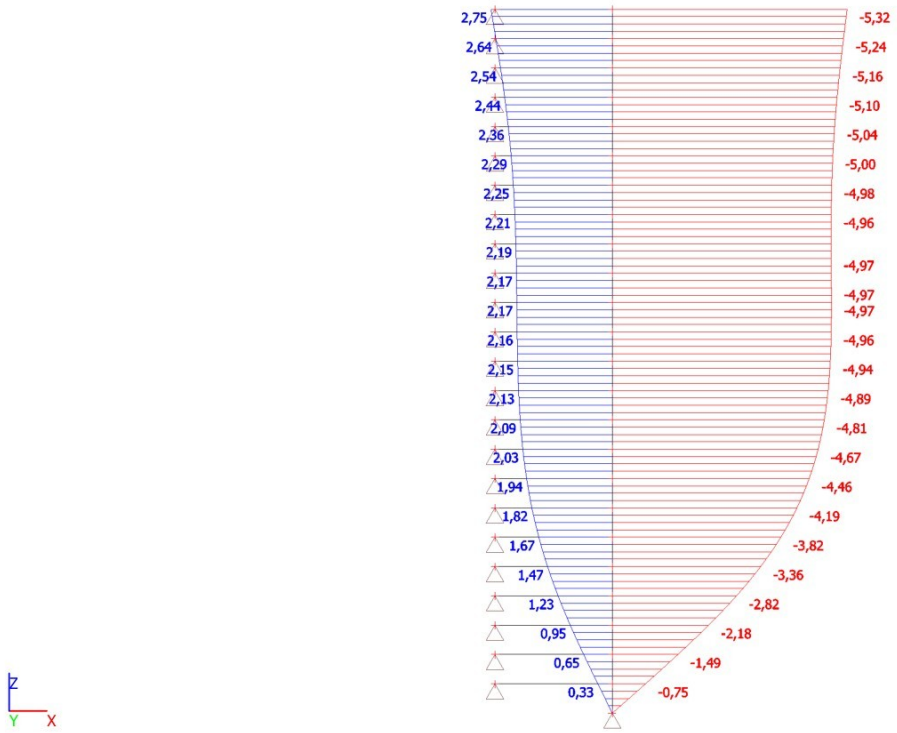
5.1.1. Vervormingen van staaf; uz



5.2. Vervormingen - SLS

Naam	Omschrijving	Lijst
SLS	Karakteristiek	BC5 - Omhullende - uiterst
		BC6 - Omhullende - uiterst
		BC7 - Omhullende - uiterst
		BC8 - Omhullende - uiterst

5.2.1. Vervormingen van staaf; uz

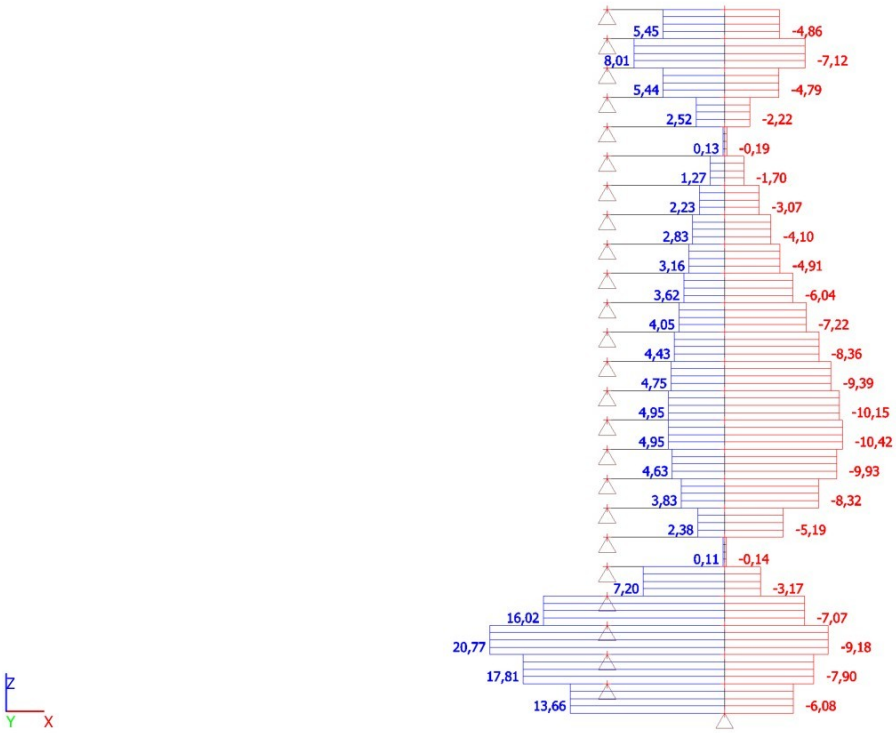


6. Vz

6.1. Vz - ULS

Naam	Omschrijving	Lijst
ULS	Fundamenteel	BC1 - Omhullende - uiterst
		BC2 - Omhullende - uiterst
		BC3 - Omhullende - uiterst
		BC4 - Omhullende - uiterst

6.1.1. Interne krachten in staaf; Vz



BIJLAGE E

Verhinderde reacties -
Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m

(zonder temperatuur)

Lincon bv
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

Werk _____

Projectnr. _____

Doc. nr. _____

Bladnr. E

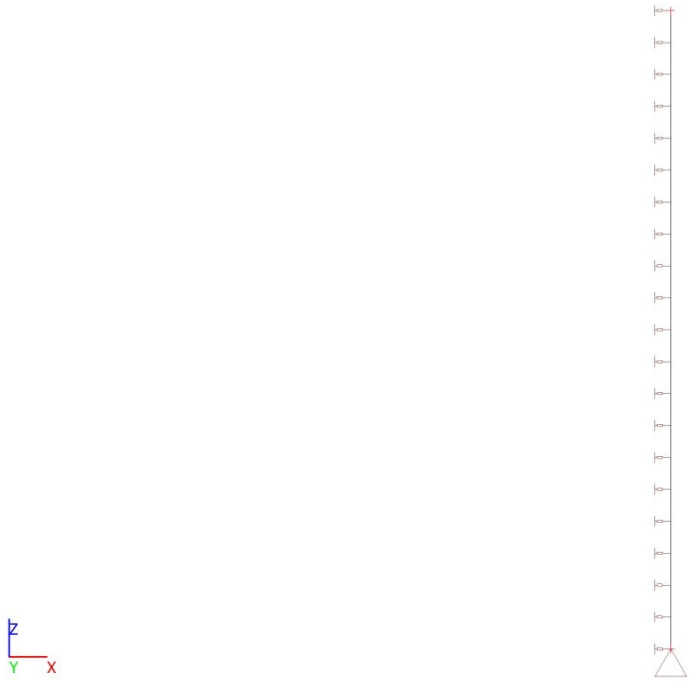
Datum _____

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave 1
2. Basisgegevens 2
2.1. Rekenmodel 2
2.2. Materialen 2
2.3. Doorsneden 3
2.4. Knoopondersteuningen 4
2.5. Lijnondersteuningen op staven 4
3. Belastingsgevallen 5
3.1. Belastingsgevallen - BG1 5
3.1.1. BG1 / Totale waarde 5
3.1.2. Puntlast op staaf 5
3.2. Belastingsgevallen - BG2 7
3.2.1. BG1 / Totale waarde 7
3.2.2. Puntlast op knoop 7
3.2.3. Lijnlast 7
3.3. Belastingsgevallen - BG3 8
3.3.1. BG1 / Totale waarde 8
3.3.2. Puntlast op knoop 8
3.3.3. Lijnlast 8
3.4. Belastingsgevallen - BG4 9
3.4.1. BG1 / Totale waarde 9
3.4.2. Puntlast op knoop 9
3.4.3. Lijnlast 9
3.5. Belastingsgevallen - BG5 10
3.5.1. BG1 / Totale waarde 10
3.5.2. Puntlast op knoop 10
3.5.3. Lijnlast 10
3.6. Belastingsgevallen - BG6 11
3.6.1. BG1 / Totale waarde 11
3.6.2. Puntlast op knoop 11
3.6.3. Lijnlast 11
3.7. Belastingsgevallen - BG7 12
3.7.1. BG1 / Totale waarde 12
3.7.2. Puntlast op knoop 12
3.7.3. Lijnlast 12
3.8. Belastingsgevallen - BG8 13
3.8.1. BG1 / Totale waarde 13
3.8.2. Puntlast op knoop 13
3.8.3. Lijnlast 13
4. Verhinderde reacties 14
4.1. Verhinderde reacties - BG2 14
4.1.1. Reacties; Rx 14
4.2. Verhinderde reacties - BG3 15
4.2.1. Reacties; Rx 15
4.3. Verhinderde reacties - BG4 16
4.3.1. Reacties; Rx 16
4.4. Verhinderde reacties - BG5 17
4.4.1. Reacties; Rx 17
4.5. Verhinderde reacties - BG6 18
4.5.1. Reacties; Rx 18
4.6. Verhinderde reacties - BG7 19
4.6.1. Reacties; Rx 19

2. Basisgegevens

2.1. Rekenmodel

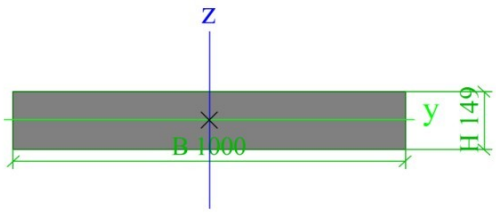


2.2. Materialen

Naam	Type	ρ [kg/m³]	Dichtheid in natte toestand [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ	α [m/mK]	$f_{c.k.28}$ [MPa]	Kleur
C35/45	Beton	2500,0	2600,0	3,4100e+04	0.2	0,00	35,00	

Verklaring van symbolen	
Dichtheid in natte toestand	De waarde van de dichtheid van het kenmerk nieuwe toestand wordt alleen gebruikt als een samengesteld dek wordt ingevoerd en rekening wordt gehouden met de belasting van het eigengewicht.

2.3. Doorsneden

DS1		
Type	Rechthoek	
Gedetailleerd	149; 1000	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	C35/45	
Bouwwijze	beton	
Kleur		
A [m^2]	1,4900e-01	
A_y [m^2], A_z [m^2]	1,2417e-01	1,2417e-01
A_L [m^2/m], A_D [m^2/m]	2,2980e+00	2,2980e+00
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	500	75
α [deg]	0,00	
I_y [m^4], I_z [m^4]	2,7566e-04	1,2417e-02
i_y [mm], i_z [mm]	43	289
$W_{el.y}$ [m^3], $W_{el.z}$ [m^3]	3,7002e-03	2,4833e-02
$W_{pl.y}$ [m^3], $W_{pl.z}$ [m^3]	0,0000e+00	0,0000e+00
$M_{pl.y.+}$ [Nm], $M_{pl.y.-}$ [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
$M_{pl.z.+}$ [Nm], $M_{pl.z.-}$ [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m^4], I_w [m^6]	9,9914e-04	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
A	Gebied
A_y	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting
A_z	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting
A_L	Omtrek per eenheidslengte
A_D	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
$c_{Y.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
$c_{Z.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
$I_{Y.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
$I_{Z.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
$I_{YZ.LCS}$	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I_y	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I_z	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i_y	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
i_z	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as

Verklaring van symbolen	
$W_{el.y}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{el.z}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$W_{pl.y}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{pl.z}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$M_{pl.y.+}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
$M_{pl.y.-}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
$M_{pl.z.+}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
$M_{pl.z.-}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d_y	Afschuif middencoordinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Niet berekend of vereenvoudigd
d_z	Afschuif middencoordinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Niet berekend of vereenvoudigd
I_t	Torsie constante - Niet berekend of vereenvoudigd
I_w	Welvings constante - Niet berekend of vereenvoudigd
β_y	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β_z	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as

2.4. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Z	Ry
Sn1	K1	GCS	Standaard	Vast	Vast	Vrij

2.5. Lijnondersteuningen op staven

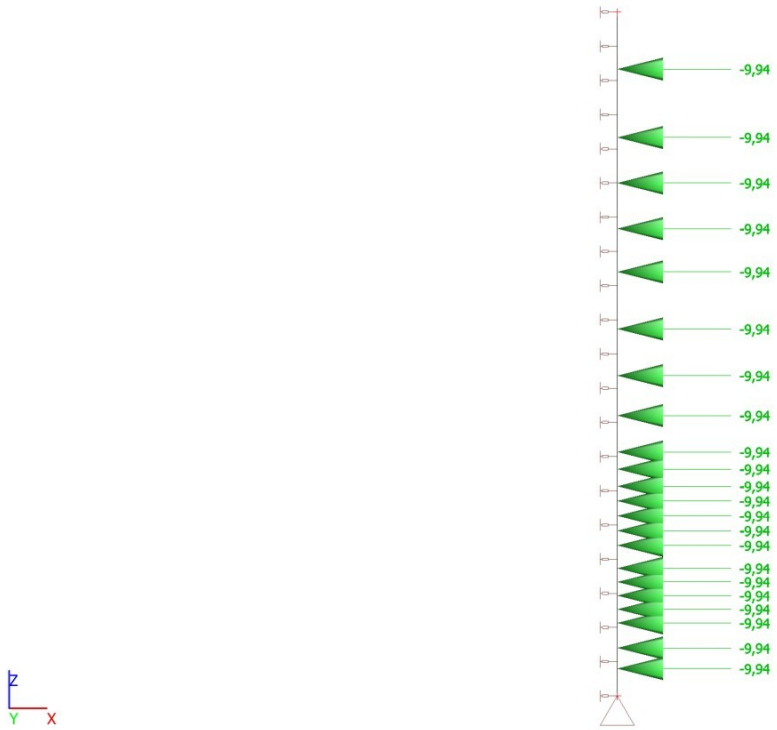
Slb1			
Staaf, Systeem, Type	Wand	GCS	Lijn
Pos x_1, Pos x_2	0.000	1.000	
Coör, Oors	Rela	Vanaf begin	
X, Stijfheid X [MN/m^2], Functie X	Verend	1,6350e+01	
Z, Stijfheid Z [MN/m^2], Functie Z	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Functie Ry	Vrij		

3. Belastingsgevallen

3.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG1	Voorspanning	Permanent	LG1 - Voorspanning
		Standaard	

3.1.1. BG1 / Totale waarde



3.1.2. Puntlast op staaf

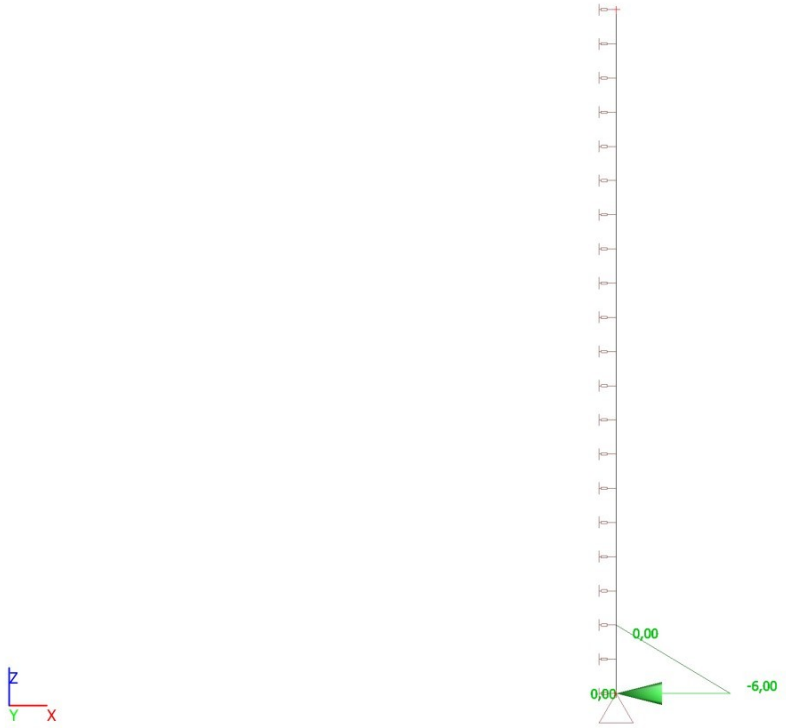
Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x [mm]	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
F1	Wand	GCS	-9,94	500,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F2	Wand	GCS	-9,94	1100,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F3	Wand	GCS	-9,94	1500,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F4	Wand	GCS	-9,94	1900,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F5	Wand	GCS	-9,94	2280,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F6	Wand	GCS	-9,94	2780,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F7	Wand	GCS	-9,94	3190,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F9	Wand	GCS	-9,94	3540,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F11	Wand	GCS	-9,94	3860,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F12	Wand	GCS	-9,94	4010,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x [mm]	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
F13	Wand	GCS	-9,94	4160,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F14	Wand	GCS	-9,94	4290,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F15	Wand	GCS	-9,94	4420,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F16	Wand	GCS	-9,94	4550,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F17	Wand	GCS	-9,94	4680,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F18	Wand	GCS	-9,94	4880,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F19	Wand	GCS	-9,94	5000,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F20	Wand	GCS	-9,94	5120,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F21	Wand	GCS	-9,94	5240,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F22	Wand	GCS	-9,94	5360,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F23	Wand	GCS	-9,94	5580,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F24	Wand	GCS	-9,94	5760,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	

3.2. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG2	Gronddruk	Variabel	LG3 - Gronddruk	Lang	Geen
	Standaard	Statisch			

3.2.1. BG1 / Totale waarde



3.2.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast1	K1	BG2 - Gronddruk	GCS	X	Kracht	0,00

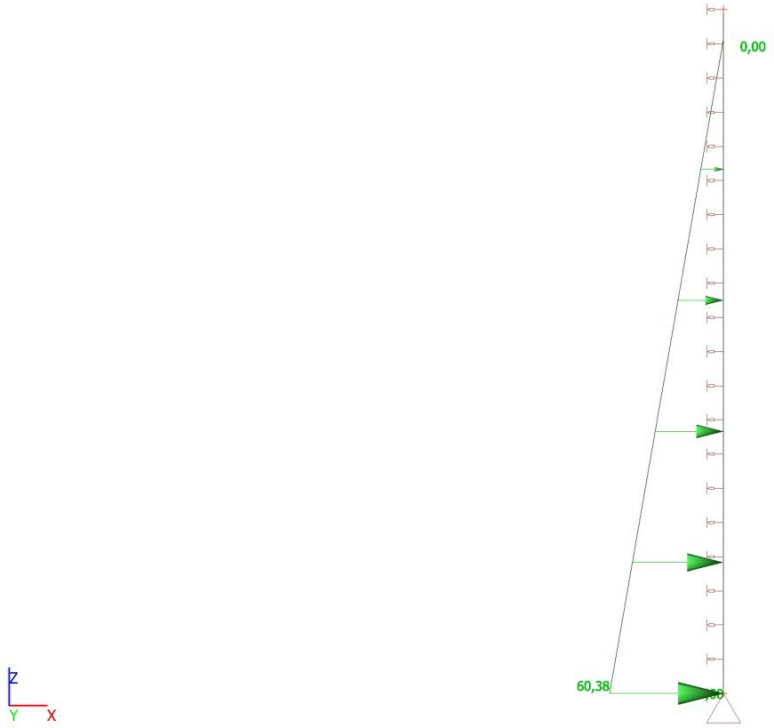
3.2.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1 [mm]	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2 [mm]	Loc		Exc ez [mm]
01 Gronddruk	Wand	Kracht	X	-6,00	0,000	Abso	Vanaf begin	
	BG2 - Gronddruk	GCS	Trapez	0,00	600,000	Lengte		0,000

3.3. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG3	Vloeistof nominaal	Variabel	LG6 - Vloeistof	Lang	Geen
	Standaard	Statisch			

3.3.1. BG1 / Totale waarde



3.3.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast2	K1	BG3 - Vloeistof nominaal	GCS	X	Kracht	0,00

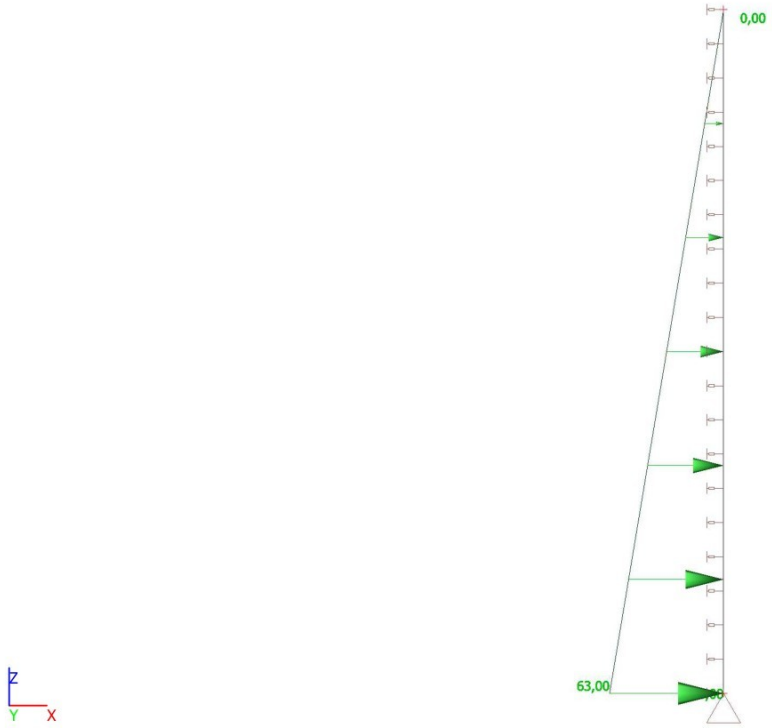
3.3.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1 [mm]	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2 [mm]	Loc		Exc ez [mm]
02 Vloeistof nominaal	Wand	Kracht	X	60,38	0,000	Abso	Vanaf begin	
	BG3 - Vloeistof nominaal	GCS	Trapez	0,00	5750,000	Lengte		0,000

3.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG4	Vloeistof maximaal	Variabel	LG6 - Vloeistof	Lang	Geen
	Standaard	Statisch			

3.4.1. BG1 / Totale waarde



3.4.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast3	K1	BG4 - Vloeistof maximaal	GCS	X	Kracht	0,00

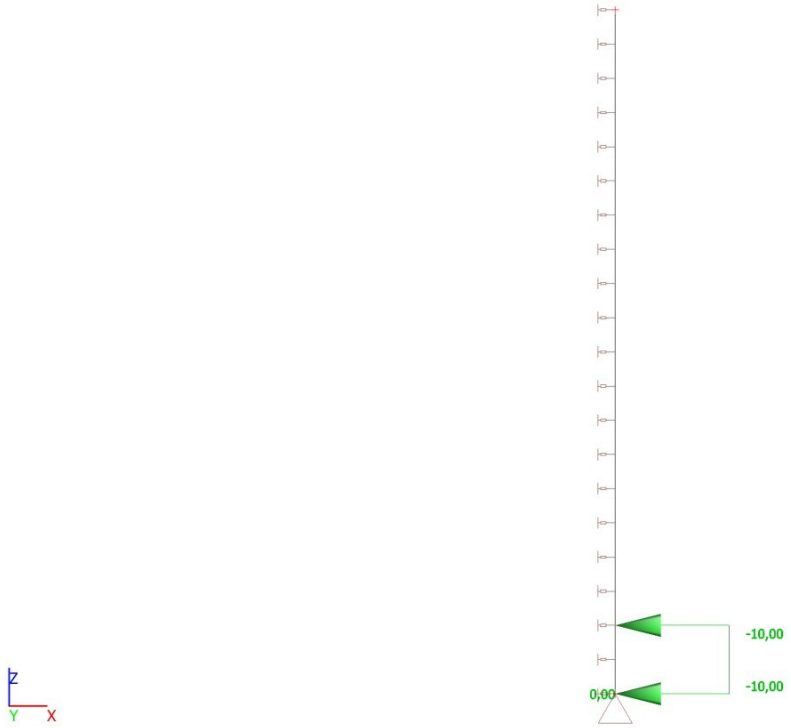
3.4.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1 [mm]	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2 [mm]	Loc		Exc ez [mm]
03 Vloeistof maximaal	Wand	Kracht	X	63,00	0,000	Abso	Vanaf begin	
	BG4 - Vloeistof maximaal	GCS	Trapez	0,00	6000,000	Lengte		0,000

3.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG5	Verkeer	Variabel	LG5 - Verkeer	Gemiddeld	Geen
	Standaard	Statisch			

3.5.1. BG1 / Totale waarde



3.5.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast6	K1	BG5 - Verkeer	GCS	X	Kracht	0,00

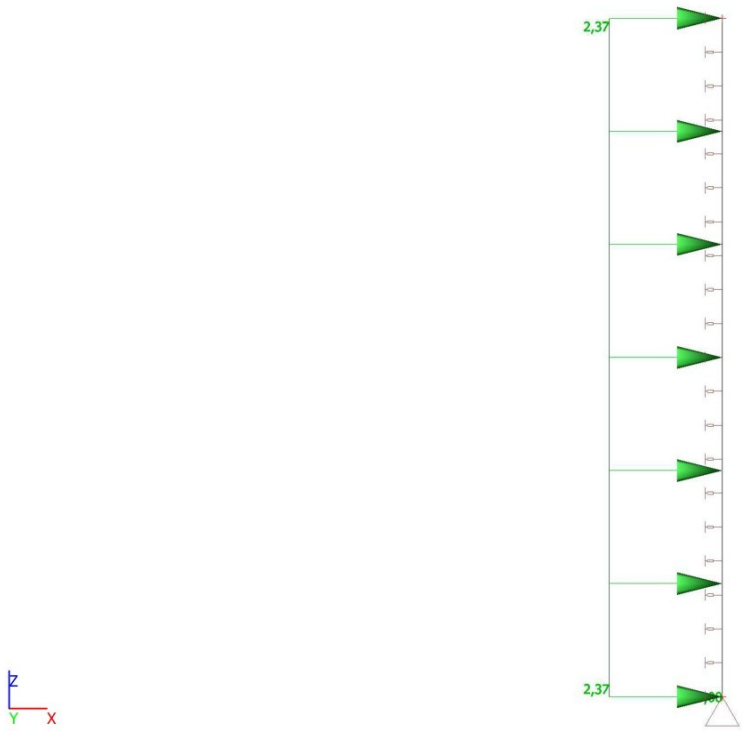
3.5.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1 [mm]	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2 [mm]	Loc		Exc ez [mm]
06 Verkeer	Wand	Kracht	X	-10,00	0,000	Abso	Vanaf begin	
	BG5 - Verkeer	GCS	Trapez	-10,00	600,000	Lengte		0,000

3.6. Belastingsgevallen - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG6	Windbelasting zuiging	Variabel	LG4 - Wind	Gemiddeld	Geen
	Standaard	Statisch			

3.6.1. BG1 / Totale waarde



3.6.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast4	K1	BG6 - Windbelasting zuiging	GCS	X	Kracht	0,00

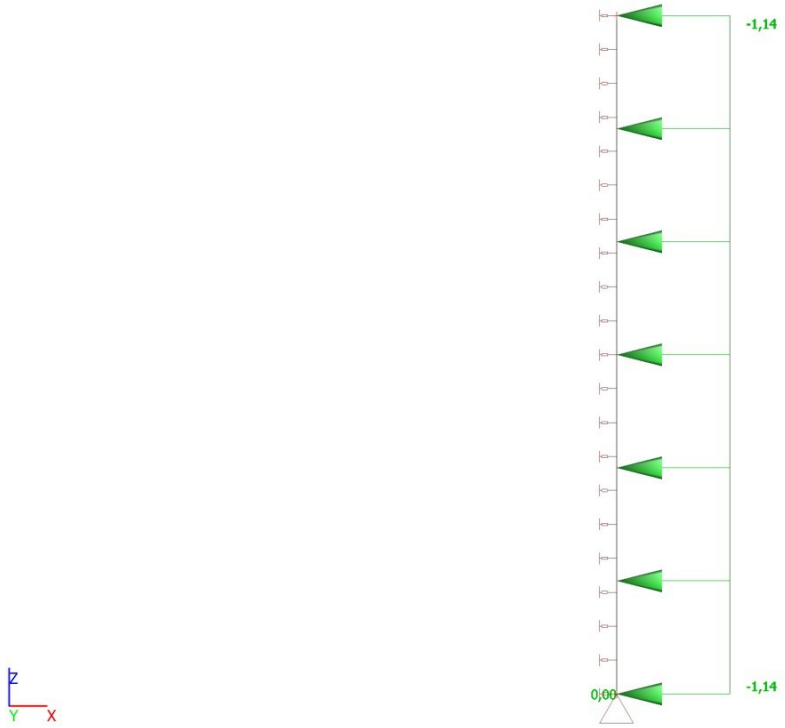
3.6.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2	Loc		Exc ez [mm]
04 Wind zuiging	Wand	Kracht	X	2,37	0.000	Rela	Vanaf begin	
	BG6 - Windbelasting zuiging	GCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000

3.7. Belastingsgevallen - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG7	Windbelasting druk	Variabel	LG4 - Wind	Gemiddeld	Geen
	Standaard	Statisch			

3.7.1. BG1 / Totale waarde



3.7.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast5	K1	BG7 - Windbelasting druk	GCS	X	Kracht	0,00

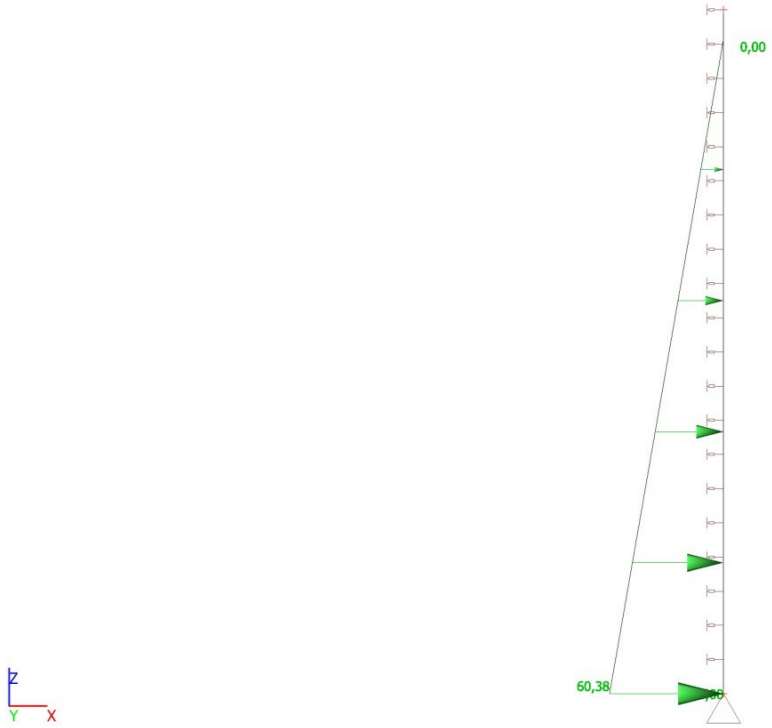
3.7.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2	Loc		Exc ez [mm]
05 Winddruk	Wand	Kracht	X	-1,14	0.000	Rela	Vanaf begin	
	BG7 - Windbelasting druk	GCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000

3.8. Belastingsgevallen - BG8

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG8	Vloeistof nominaal (uz)	Permanent	LG2 - Vloeistof
		Standaard	

3.8.1. BG1 / Totale waarde



3.8.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast7	K1	BG8 - Vloeistof nominaal (uz)	GCS	X	Kracht	0,00

3.8.3. Lijnlast

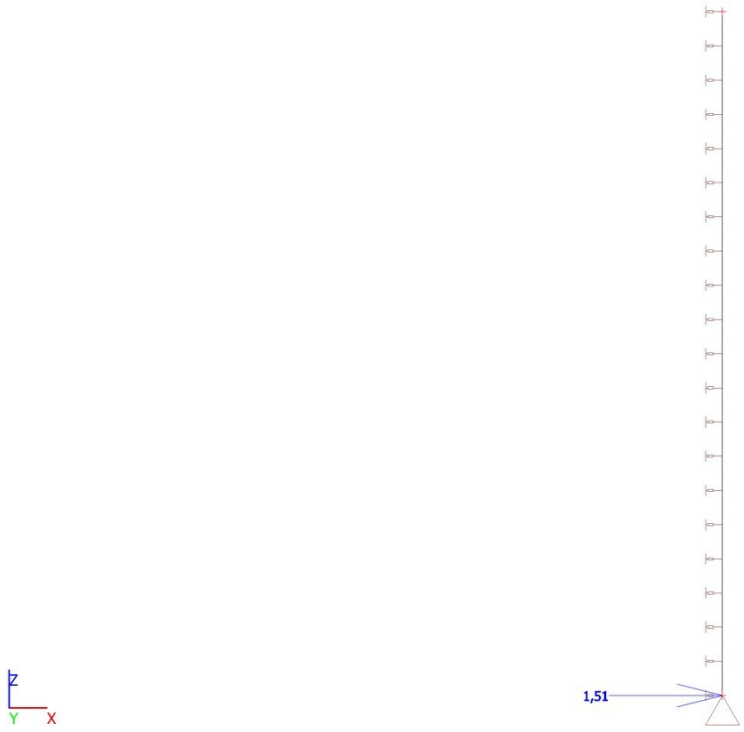
Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1 [mm]	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2 [mm]	Loc		Exc ez [mm]
02 Vloeistof nominaal (uz)	Wand	Kracht	X	60,38	0,000	Abso	Vanaf begin	
	BG8 - Vloeistof nominaal (uz)	GCS	Trapez	0,00	5750,000	Lengte		0,000

4. Verhinderde reacties

4.1. Verhinderde reacties - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG2	Gronddruk	Variabel	LG3 - Gronddruk	Lang	Geen
	Standaard	Statisch			

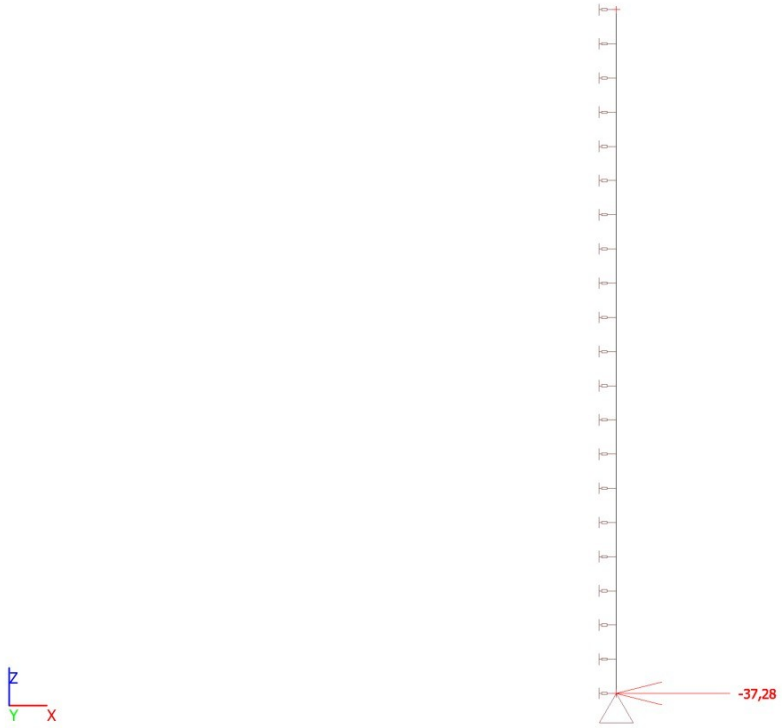
4.1.1. Reacties; Rx



4.2. Verhinderde reacties - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG3	Vloeistof nominaal	Variabel	LG6 - Vloeistof	Lang	Geen
	Standaard	Statisch			

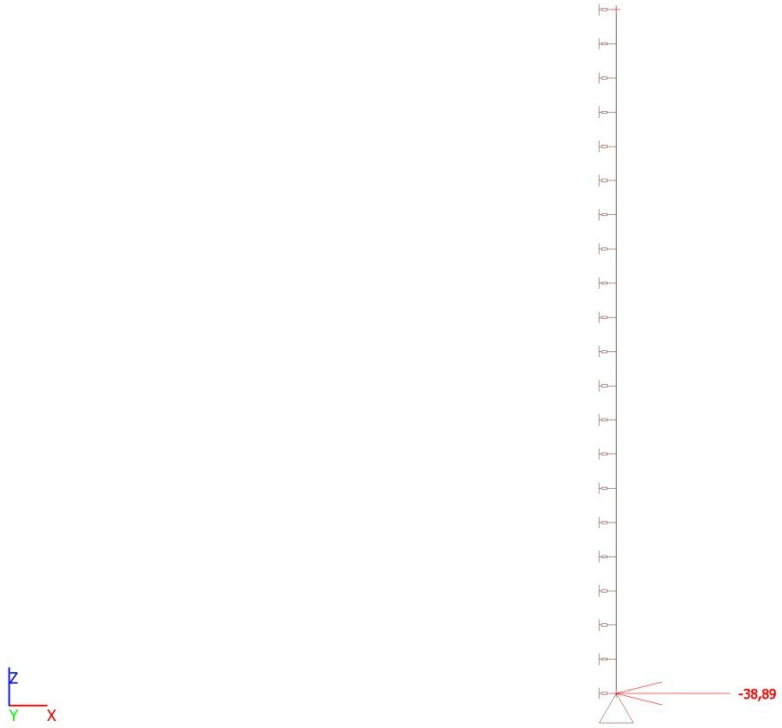
4.2.1. Reacties; Rx



4.3. Verhinderde reacties - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG4	Vloeistof maximaal	Variabel	LG6 - Vloeistof	Lang	Geen
	Standaard	Statisch			

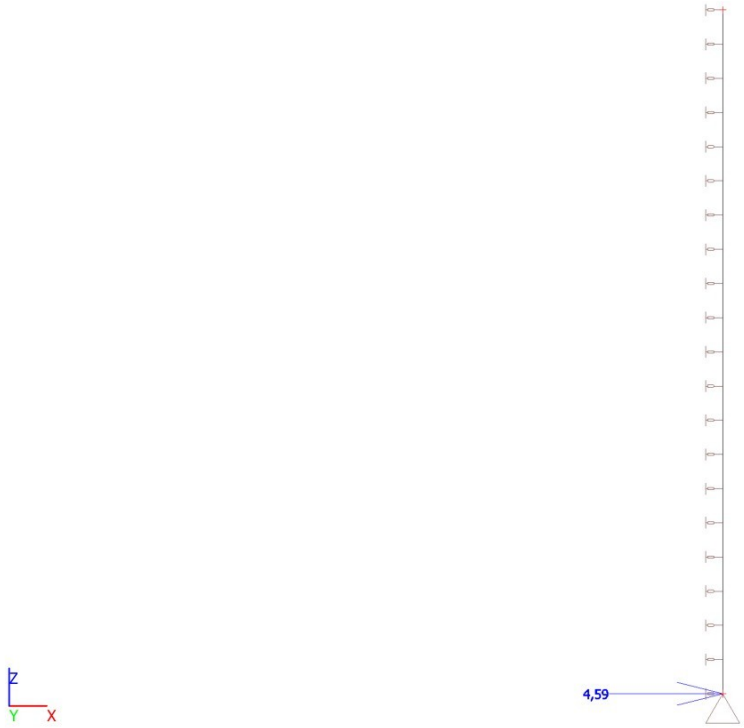
4.3.1. Reacties; Rx



4.4. Verhinderde reacties - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG5	Verkeer	Variabel	LG5 - Verkeer	Gemiddeld	Geen
	Standaard	Statisch			

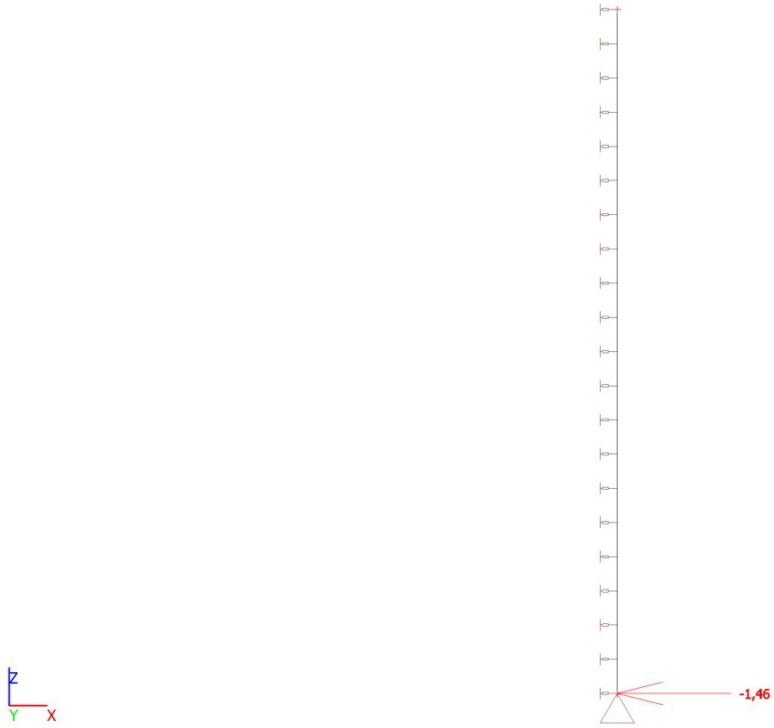
4.4.1. Reacties; Rx



4.5. Verhinderde reacties - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG6	Windbelasting zuiging	Variabel	LG4 - Wind	Gemiddeld	Geen
	Standaard	Statisch			

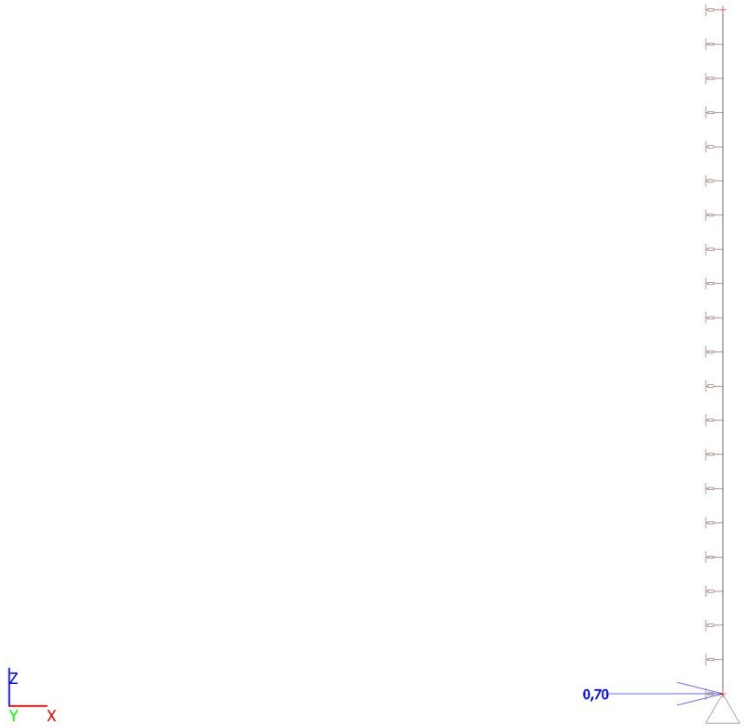
4.5.1. Reacties; Rx



4.6. Verhinderde reacties - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG7	Windbelasting druk Standaard	Variabel Statisch	LG4 - Wind	Gemiddeld	Geen

4.6.1. Reacties; Rx



BIJLAGE F

Krachtsverdeling -
Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m
(zonder temperatuur)

Lincon bv
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

Werk _____

Projectnr. _____

Doc. nr. _____

Bladnr. F

Datum _____

1. Inhoudsopgave

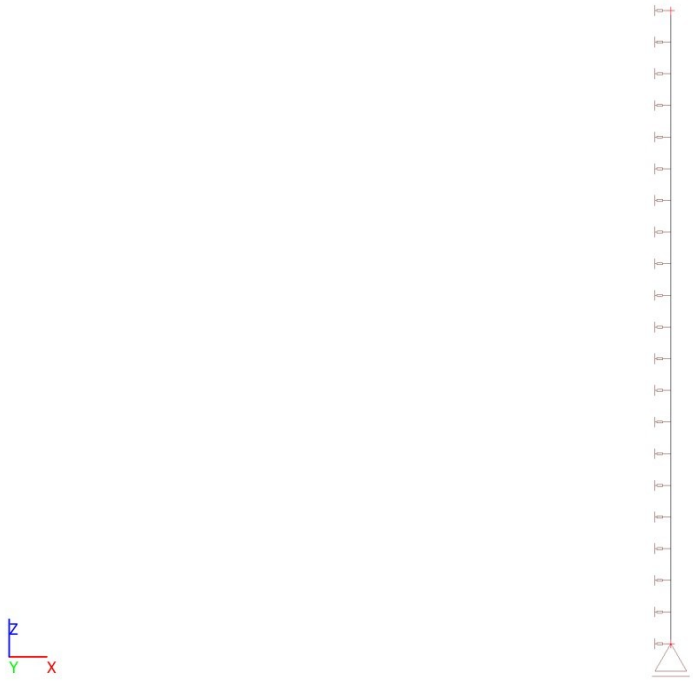
1. Inhoudsopgave 1
2. Basisgegevens 2
- 2.1. Rekenmodel 2
- 2.2. Materialen 2
- 2.3. Doorsneden 3
- 2.4. Knoopondersteuningen 4
- 2.5. Lijnondersteuningen op staven 4

3. Belastingen & combinaties 5
- 3.1. Belastingsgevallen 5
  - 3.1.1. Belastingsgevallen - BG1 5
    - 3.1.1.1. BG1 / Totale waarde 5
    - 3.1.1.2. Puntlast op staaf 5
  - 3.1.2. Belastingsgevallen - BG2 7
    - 3.1.2.1. BG1 / Totale waarde 7
    - 3.1.2.2. Puntlast op knoop 7
    - 3.1.2.3. Lijnlast 7
  - 3.1.3. Belastingsgevallen - BG3 8
    - 3.1.3.1. BG1 / Totale waarde 8
    - 3.1.3.2. Puntlast op knoop 8
    - 3.1.3.3. Lijnlast 8
  - 3.1.4. Belastingsgevallen - BG4 9
    - 3.1.4.1. BG1 / Totale waarde 9
    - 3.1.4.2. Puntlast op knoop 9
    - 3.1.4.3. Lijnlast 9
  - 3.1.5. Belastingsgevallen - BG5 10
    - 3.1.5.1. BG1 / Totale waarde 10
    - 3.1.5.2. Puntlast op knoop 10
    - 3.1.5.3. Lijnlast 10
  - 3.1.6. Belastingsgevallen - BG6 11
    - 3.1.6.1. BG1 / Totale waarde 11
    - 3.1.6.2. Puntlast op knoop 11
    - 3.1.6.3. Lijnlast 11
  - 3.1.7. Belastingsgevallen - BG7 12
    - 3.1.7.1. BG1 / Totale waarde 12
    - 3.1.7.2. Puntlast op knoop 12
    - 3.1.7.3. Lijnlast 12
  - 3.1.8. Belastingsgevallen - BG8 13
    - 3.1.8.1. BG1 / Totale waarde 13
    - 3.1.8.2. Puntlast op knoop 13
    - 3.1.8.3. Lijnlast 13
- 3.2. Belastinggroepen 14
- 3.3. Combinaties 14
- 3.4. Resultaatklasses 15

4. Resultaten 16
- 4.1. Buigend moment My 16
  - 4.1.1. Buigend moment My - Fundamenteel 16
    - 4.1.1.1. Interne krachten in staaf; My 16
  - 4.1.2. Buigend moment My - Buitengewoon 17
    - 4.1.2.1. Interne krachten in staaf; My 17
  - 4.1.3. Buigend moment My - Karakteristiek 18
    - 4.1.3.1. Interne krachten in staaf; My 18
- 4.2. Dwarskracht Vz 19
  - 4.2.1. Dwarskracht Vz - Fundamenteel 19
    - 4.2.1.1. Vz 19
  - 4.2.2. Dwarskracht Vz - Buitengewoon 20
    - 4.2.2.1. Vz 20
- 4.3. Verplaatsing uz 21
  - 4.3.1. Verplaatsing uz - Fundamenteel 21
    - 4.3.1.1. uz 21
- 4.4. Verplaatsing uz 22
  - 4.4.1. Verplaatsing uz - SLS7 22
    - 4.4.1.1. Vervormingen van staaf; uy, uz, fix, fiz 22

2. Basisgegevens

2.1. Rekenmodel

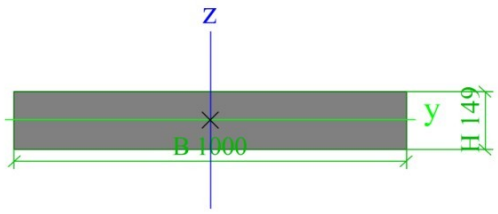


2.2. Materialen

Naam	Type	ρ [kg/m³]	Dichtheid in natte toestand [kg/m³]	E_{mod} [MPa]	μ	α [m/mK]	$f_{c.k.28}$ [MPa]	Kleur
C35/45	Beton	2500,0	2600,0	3,4100e+04	0.2	0,00	35,00	

Verklaring van symbolen	
Dichtheid in natte toestand	De waarde van de dichtheid van het kenmerk nieuwe toestand wordt alleen gebruikt als een samengesteld dek wordt ingevoerd en rekening wordt gehouden met de belasting van het eigengewicht.

2.3. Doorsneden

DS1		
Type	Rechthoek	
Gedetailleerd	149; 1000	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	C35/45	
Bouwwijze	beton	
Kleur		
A [m^2]	1,4900e-01	
A_y [m^2], A_z [m^2]	1,2417e-01	1,2417e-01
A_L [m^2/m], A_D [m^2/m]	2,2980e+00	2,2980e+00
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	500	75
α [deg]	0,00	
I_y [m^4], I_z [m^4]	2,7566e-04	1,2417e-02
i_y [mm], i_z [mm]	43	289
$W_{el.y}$ [m^3], $W_{el.z}$ [m^3]	3,7002e-03	2,4833e-02
$W_{pl.y}$ [m^3], $W_{pl.z}$ [m^3]	0,0000e+00	0,0000e+00
$M_{pl.y.+}$ [Nm], $M_{pl.y.-}$ [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
$M_{pl.z.+}$ [Nm], $M_{pl.z.-}$ [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m^4], I_w [m^6]	9,9914e-04	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
A	Gebied
A_y	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting
A_z	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting
A_L	Omtrek per eenheidslengte
A_D	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
$c_{Y.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
$c_{Z.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
$I_{Y.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
$I_{Z.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
$I_{YZ.LCS}$	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I_y	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I_z	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i_y	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
i_z	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as

Verklaring van symbolen	
$W_{el.y}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{el.z}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$W_{pl.y}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{pl.z}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$M_{pl.y.+}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
$M_{pl.y.-}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
$M_{pl.z.+}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
$M_{pl.z.-}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d_y	Afschuif middencoordinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Niet berekend of vereenvoudigd
d_z	Afschuif middencoordinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Niet berekend of vereenvoudigd
I_t	Torsie constante - Niet berekend of vereenvoudigd
I_w	Welvings constante - Niet berekend of vereenvoudigd
β_y	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β_z	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as

2.4. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Z	Ry
Sn1	K1	GCS	Standaard	Vrij	Vast	Vrij

2.5. Lijnondersteuningen op staven

Slb1			
Staaf, Systeem, Type	Wand	GCS	Lijn
Pos x_1, Pos x_2	0.000	1.000	
Coör, Oors	Rela	Vanaf begin	
X, Stijfheid X [MN/m^2], Functie X	Verend	1,6350e+01	
Z, Stijfheid Z [MN/m^2], Functie Z	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Functie Ry	Vrij		

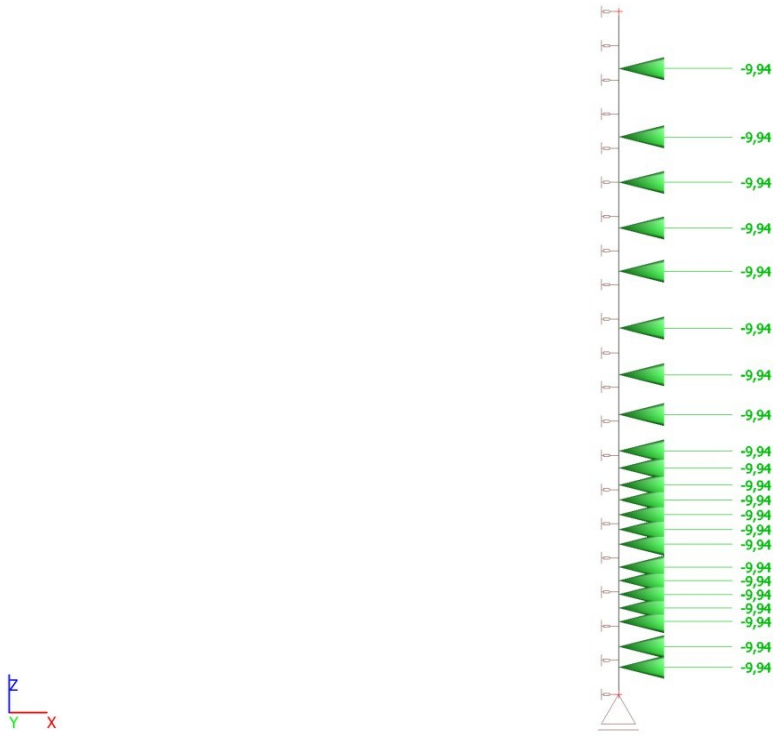
3. Belastingen & combinaties

3.1. Belastingsgevallen

3.1.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG1	Voorspanning	Permanent	LG1 - Voorspanning
		Standaard	

3.1.1.1. BG1 / Totale waarde



3.1.1.2. Puntlast op staaf

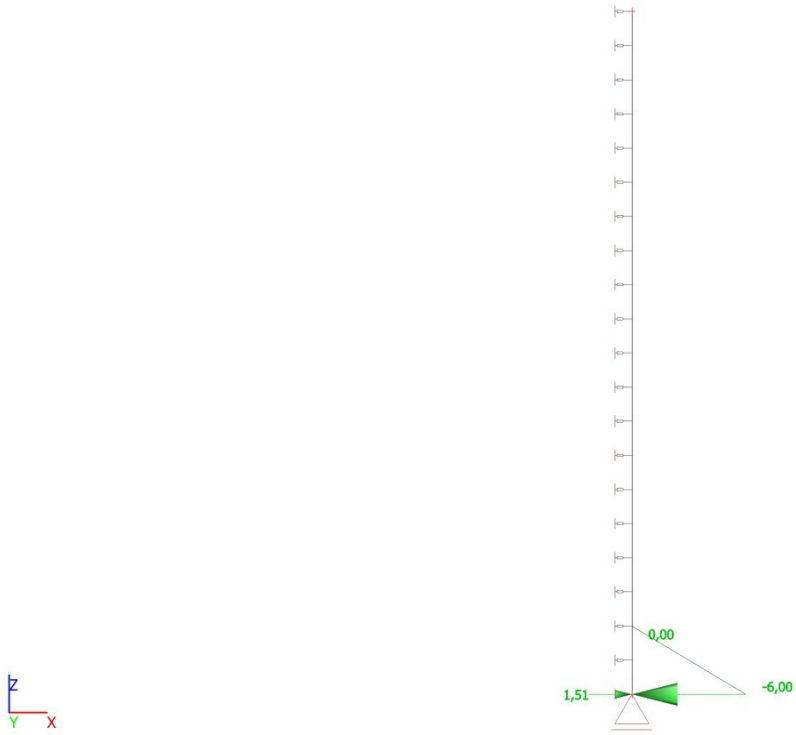
Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x [mm]	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
F1	Wand	GCS	-9,94	500,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F2	Wand	GCS	-9,94	1100,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F3	Wand	GCS	-9,94	1500,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F4	Wand	GCS	-9,94	1900,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F5	Wand	GCS	-9,94	2280,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F6	Wand	GCS	-9,94	2780,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F7	Wand	GCS	-9,94	3190,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F9	Wand	GCS	-9,94	3540,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F11	Wand	GCS	-9,94	3860,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x [mm]	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
F12	Wand	GCS	-9,94	4010,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F13	Wand	GCS	-9,94	4160,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F14	Wand	GCS	-9,94	4290,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F15	Wand	GCS	-9,94	4420,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F16	Wand	GCS	-9,94	4550,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F17	Wand	GCS	-9,94	4680,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F18	Wand	GCS	-9,94	4880,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F19	Wand	GCS	-9,94	5000,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F20	Wand	GCS	-9,94	5120,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F21	Wand	GCS	-9,94	5240,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F22	Wand	GCS	-9,94	5360,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F23	Wand	GCS	-9,94	5580,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	
F24	Wand	GCS	-9,94	5760,000	Abso	1
	BG1 - Voorspanning	X	Kracht		Vanaf einde	

3.1.2. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG2	Gronddruk	Variabel	LG3 - Gronddruk	Lang	Geen
	Standaard	Statisch			

3.1.2.1. BG1 / Totale waarde



3.1.2.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast1	K1	BG2 - Gronddruk	GCS	X	Kracht	1,51

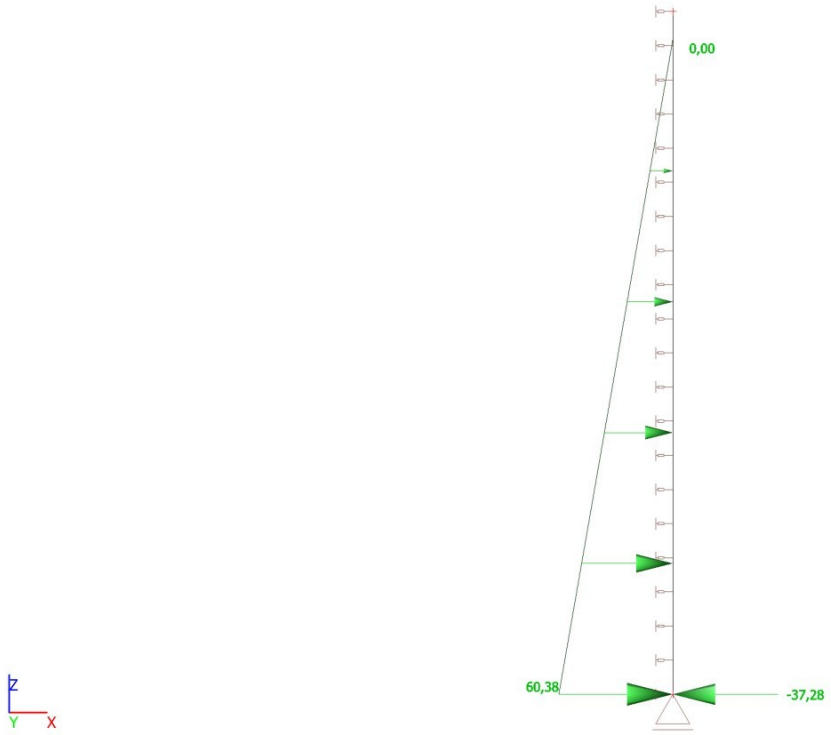
3.1.2.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1 [mm]	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2 [mm]	Loc		Exc ez [mm]
01 Gronddruk	Wand	Kracht	X	-6,00	0,000	Abso	Vanaf begin	
	BG2 - Gronddruk	GCS	Trapez	0,00	600,000	Lengte		0,000

3.1.3. Belastingsgevallen - BG3

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG3	Vloeistof nominaal	Variabel	LG6 - Vloeistof	Lang	Geen
	Standaard	Statisch			

3.1.3.1. BG1 / Totale waarde



3.1.3.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast2	K1	BG3 - Vloeistof nominaal	GCS	X	Kracht	-37,28

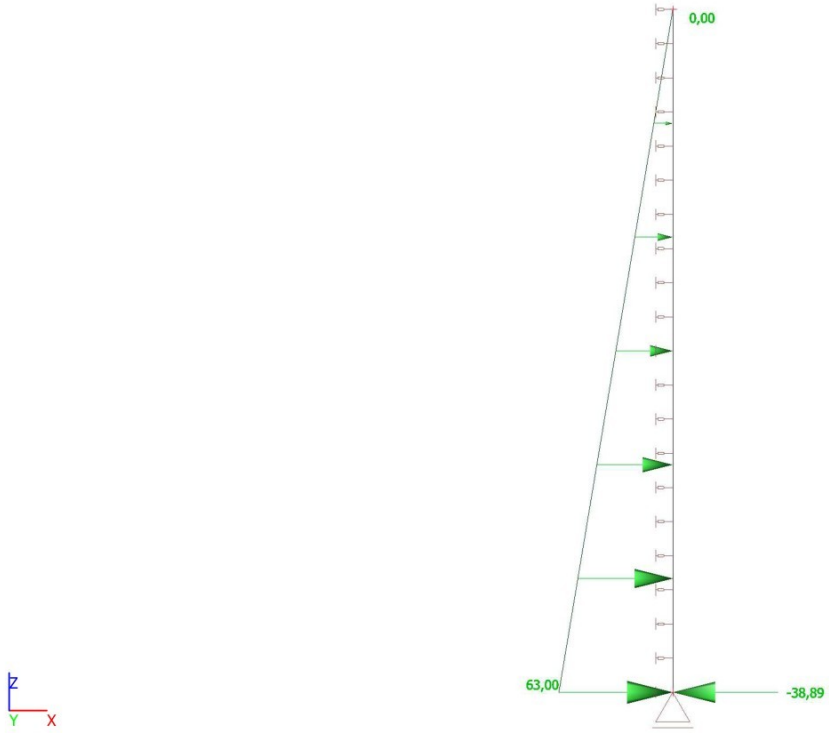
3.1.3.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1 [mm]	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2 [mm]	Loc		Exc ez [mm]
02 Vloeistof nominaal	Wand	Kracht	X	60,38	0,000	Abso	Vanaf begin	
	BG3 - Vloeistof nominaal	GCS	Trapez	0,00	5750,000	Lengte		0,000

3.1.4. Belastingsgevallen - BG4

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG4	Vloeistof maximaal	Variabel	LG6 - Vloeistof	Lang	Geen
	Standaard	Statisch			

3.1.4.1. BG1 / Totale waarde



3.1.4.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast3	K1	BG4 - Vloeistof maximaal	GCS	X	Kracht	-38,89

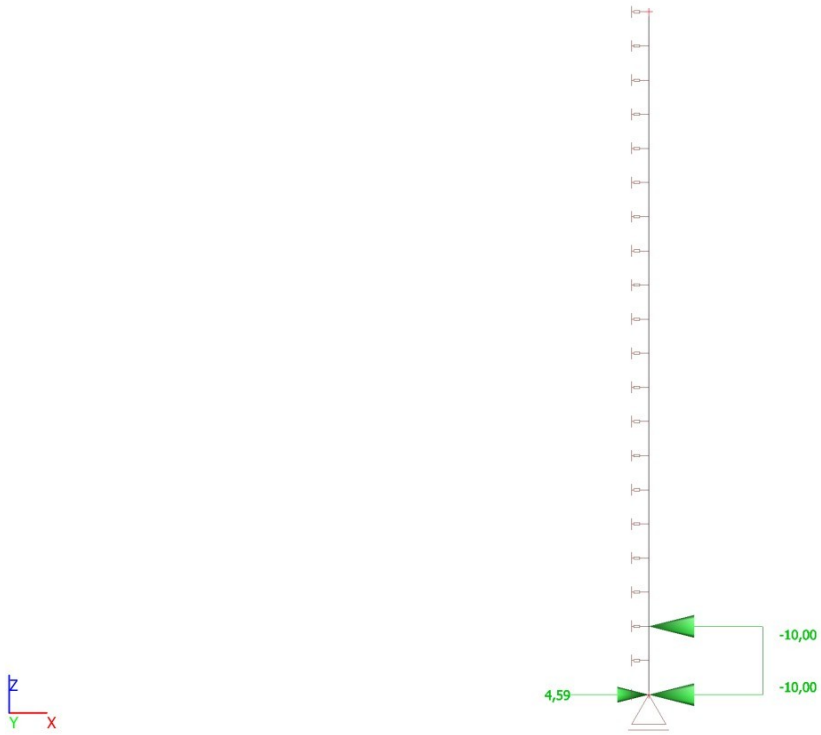
3.1.4.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1 [mm]	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2 [mm]	Loc		Exc ez [mm]
03 Vloeistof maximaal	Wand	Kracht	X	63,00	0,000	Abso	Vanaf begin	
	BG4 - Vloeistof maximaal	GCS	Trapez	0,00	6000,000	Lengte		0,000

3.1.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG5	Verkeer	Variabel	LG5 - Verkeer	Gemiddeld	Geen
	Standaard	Statisch			

3.1.5.1. BG1 / Totale waarde



3.1.5.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast6	K1	BG5 - Verkeer	GCS	X	Kracht	4,59

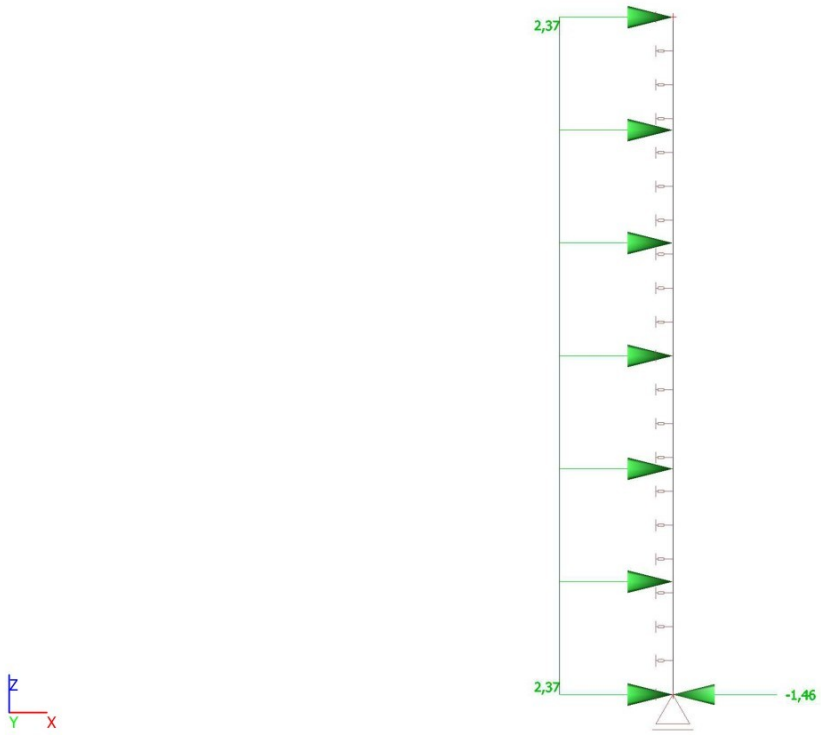
3.1.5.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1 [mm]	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2 [mm]	Loc		Exc ez [mm]
06 Verkeer	Wand	Kracht	X	-10,00	0,000	Abso	Vanaf begin	
	BG5 - Verkeer	GCS	Trapez	-10,00	600,000	Lengte		0,000

3.1.6. Belastingsgevallen - BG6

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG6	Windbelasting zuiging	Variabel	LG4 - Wind	Gemiddeld	Geen
	Standaard	Statisch			

3.1.6.1. BG1 / Totale waarde



3.1.6.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast4	K1	BG6 - Windbelasting zuiging	GCS	X	Kracht	-1,46

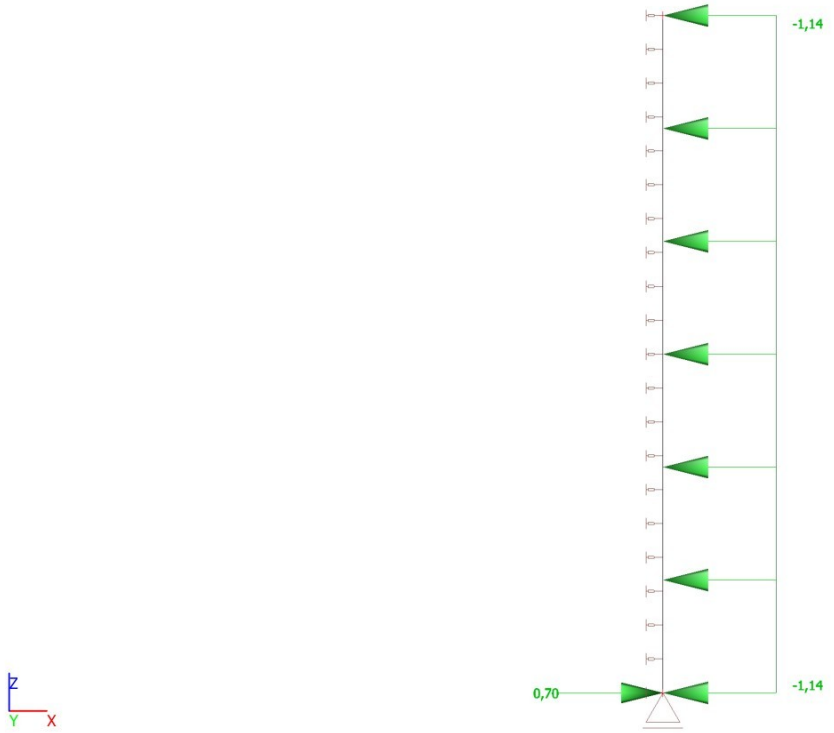
3.1.6.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2	Loc		Exc ez [mm]
04 Wind zuiging	Wand	Kracht	X	2,37	0.000	Rela	Vanaf begin	
	BG6 - Windbelasting zuiging	GCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000

3.1.7. Belastingsgevallen - BG7

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG7	Windbelasting druk	Variabel	LG4 - Wind	Gemiddeld	Geen
	Standaard	Statisch			

3.1.7.1. BG1 / Totale waarde



3.1.7.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast5	K1	BG7 - Windbelasting druk	GCS	X	Kracht	0,70

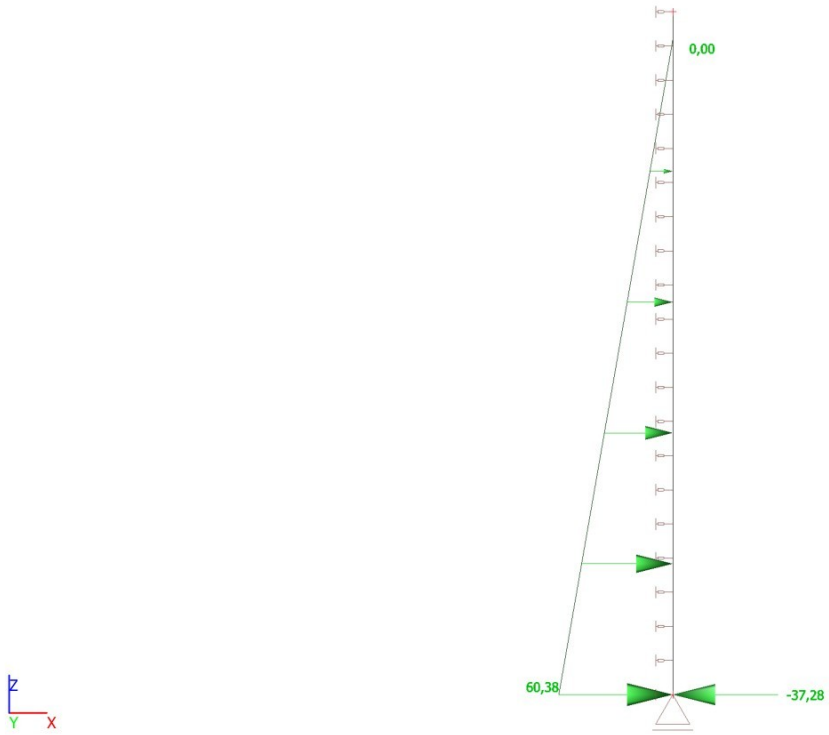
3.1.7.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2	Loc		Exc ez [mm]
05 Winddruk	Wand	Kracht	X	-1,14	0.000	Rela	Vanaf begin	
	BG7 - Windbelasting druk	GCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000

3.1.8. Belastingsgevallen - BG8

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep
	Spec	Belastingtype	
BG8	Vloeistof nominaal (uz)	Permanent	LG2 - Vloeistof
		Standaard	

3.1.8.1. BG1 / Totale waarde



3.1.8.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast7	K1	BG8 - Vloeistof nominaal (uz)	GCS	X	Kracht	-37,28

3.1.8.3. Lijnlast

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P_1 [kN/m]	Pos x_1 [mm]	Coör	Oors	Exc ey [mm]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P_2 [kN/m]	Pos x_2 [mm]	Loc		Exc ez [mm]
02 Vloeistof nominaal (uz)	Wand	Kracht	X	60,38	0,000	Abso	Vanaf begin	
	BG8 - Vloeistof nominaal (uz)	GCS	Trapez	0,00	5750,000	Lengte		0,000

3.2. Belastinggroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1 - Voorspanning	Permanent		
LG2 - Vloeistof	Permanent		
LG3 - Gronddruk	Variabel	Standaard	Constructiebelasting
LG4 - Wind	Variabel	Exclusief	Wind
LG5 - Verkeer	Variabel	Standaard	Cat G : Voertuigen >30kN
LG6 - Vloeistof	Variabel	Standaard	Constructiebelasting

3.3. Combinaties

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
ULS1	Voorspanning	Omhullende - uiterst	BG1 - Voorspanning	1,14
ULS2	6.10a	Omhullende - uiterst	BG1 - Voorspanning	1,00
			BG2 - Gronddruk	1,20
			BG3 - Vloeistof nominaal	1,20
			BG5 - Verkeer	0,95
ULS3	6.10b	Omhullende - uiterst	BG1 - Voorspanning	1,00
			BG2 - Gronddruk	1,10
			BG3 - Vloeistof nominaal	1,10
			BG5 - Verkeer	1,35
ULS4	6.10b	Omhullende - uiterst	BG1 - Voorspanning	1,00
			BG2 - Gronddruk	1,10
			BG3 - Vloeistof nominaal	1,10
			BG5 - Verkeer	0,95
			BG6 - Windbelasting zuiging	1,35
			BG7 - Windbelasting druk	1,35
ULS6	Buitengewoon	Omhullende - uiterst	BG1 - Voorspanning	1,00
			BG2 - Gronddruk	1,00
			BG4 - Vloeistof maximaal	1,00
			BG5 - Verkeer	0,30
SLS1	Voorspanning	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Voorspanning	1,00
SLS2	Karakteristiek	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Voorspanning	1,00
			BG2 - Gronddruk	1,00
			BG3 - Vloeistof nominaal	1,00
			BG5 - Verkeer	1,00
SLS3	Karakteristiek	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Voorspanning	1,00
			BG2 - Gronddruk	1,00
			BG3 - Vloeistof nominaal	1,00
			BG5 - Verkeer	0,70
			BG6 - Windbelasting zuiging	1,00
			BG7 - Windbelasting druk	1,00
SLS5	Frequent	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Voorspanning	1,00
			BG2 - Gronddruk	1,00
			BG3 - Vloeistof nominaal	1,00
			BG5 - Verkeer	0,50
SLS6	Frequent	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Voorspanning	1,00
			BG2 - Gronddruk	1,00
			BG3 - Vloeistof nominaal	1,00
			BG5 - Verkeer	0,30
			BG6 - Windbelasting zuiging	0,20
			BG7 - Windbelasting druk	0,20
SLS7	Frequent (uz)	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Voorspanning	1,00
			BG2 - Gronddruk	1,00
			BG5 - Verkeer	0,50
			BG8 - Vloeistof nominaal (uz)	1,00

3.4. Resultaatklasses

Naam	Lijst
Fundamenteel	ULS1 - Omhullende - uiterst
	ULS2 - Omhullende - uiterst
	ULS3 - Omhullende - uiterst
	ULS4 - Omhullende - uiterst
Buitengewoon	ULS6 - Omhullende - uiterst
Karakteristiek	SLS1 - Omhullende - bruikbaarheid
	SLS2 - Omhullende - bruikbaarheid
	SLS3 - Omhullende - bruikbaarheid
Frequent	SLS1 - Omhullende - bruikbaarheid
	SLS5 - Omhullende - bruikbaarheid
	SLS6 - Omhullende - bruikbaarheid

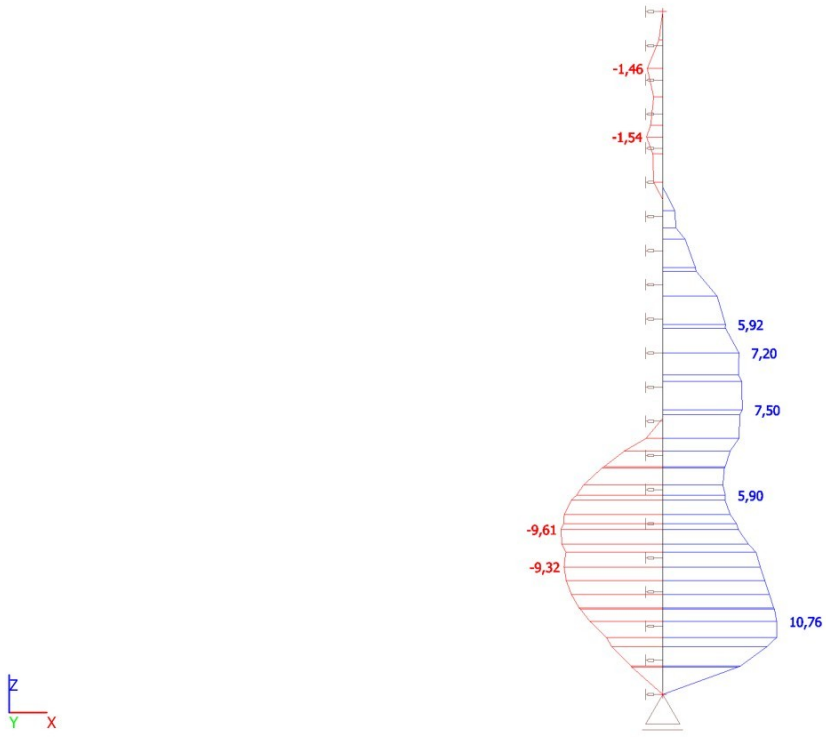
4. Resultaten

4.1. Buigend moment My

4.1.1. Buigend moment My - Fundamenteel

Naam	Lijst
Fundamenteel	ULS1 - Omhullende - uiterst
	ULS2 - Omhullende - uiterst
	ULS3 - Omhullende - uiterst
	ULS4 - Omhullende - uiterst

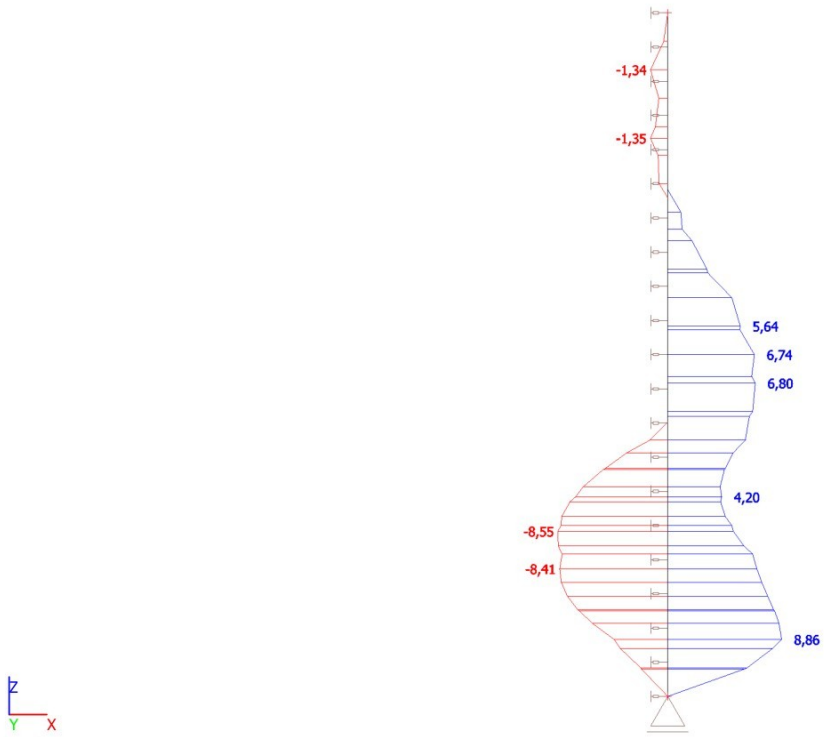
4.1.1.1. Interne krachten in staaf; My



4.1.2. Buigend moment My - Buitengewoon

Naam	Lijst
Buitengewoon	ULS6 - Omhullende - uiterst

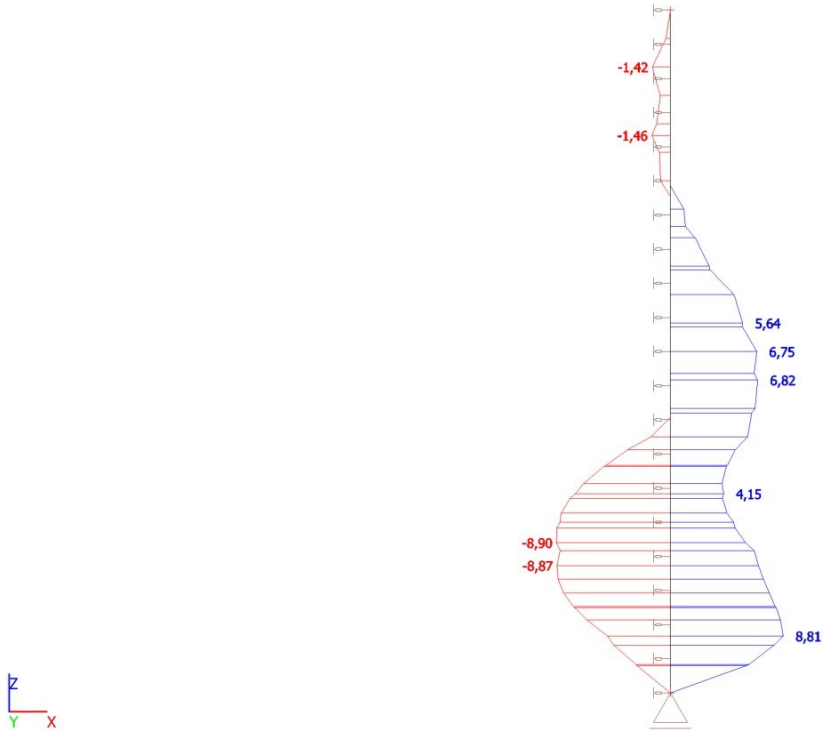
4.1.2.1. Interne krachten in staaf; My



4.1.3. Buigend moment My - Karakteristiek

Naam	Lijst
Karakteristiek	SLS1 - Omhullende - bruikbaarheid
	SLS2 - Omhullende - bruikbaarheid
	SLS3 - Omhullende - bruikbaarheid

4.1.3.1. Interne krachten in staaf; My

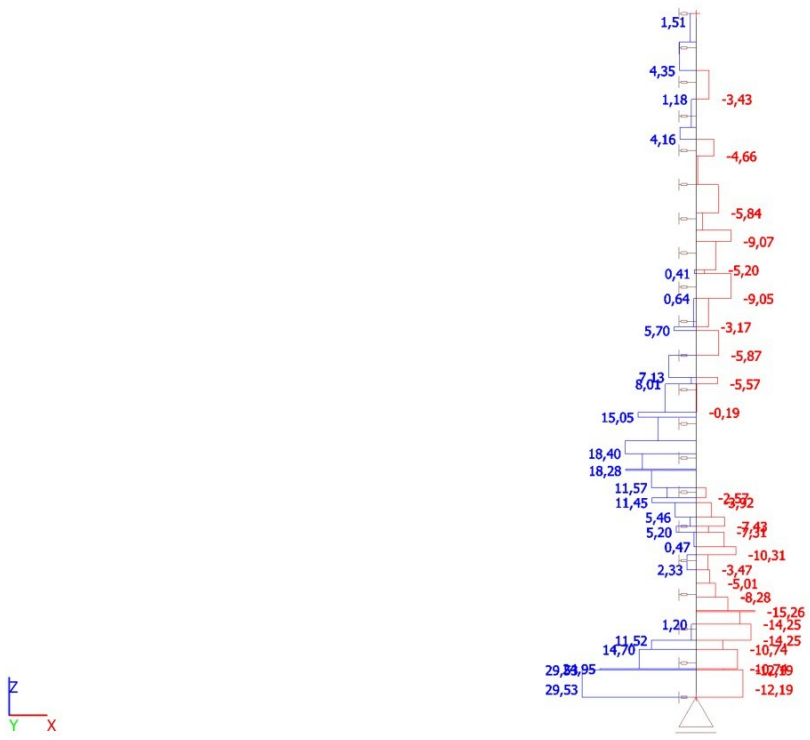


4.2. Dwarskracht Vz

4.2.1. Dwarskracht Vz - Fundamenteel

Naam	Lijst
Fundamenteel	ULS1 - Omhullende - uiterst
	ULS2 - Omhullende - uiterst
	ULS3 - Omhullende - uiterst
	ULS4 - Omhullende - uiterst

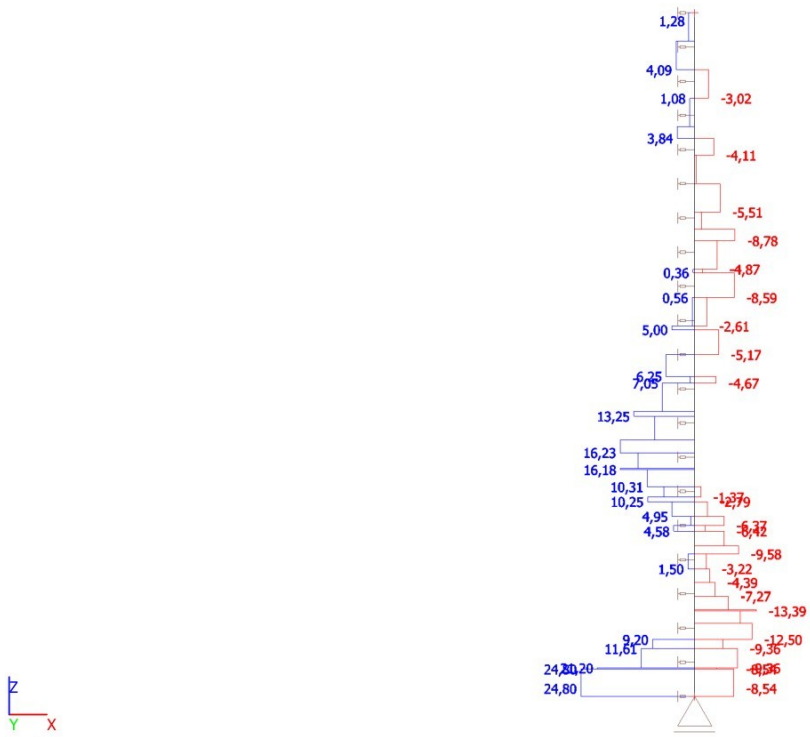
4.2.1.1. Vz



4.2.2. Dwarskracht Vz - Buitengewoon

Naam	Lijst
Buitengewoon	ULS6 - Omhullende - uiterst

4.2.2.1. Vz

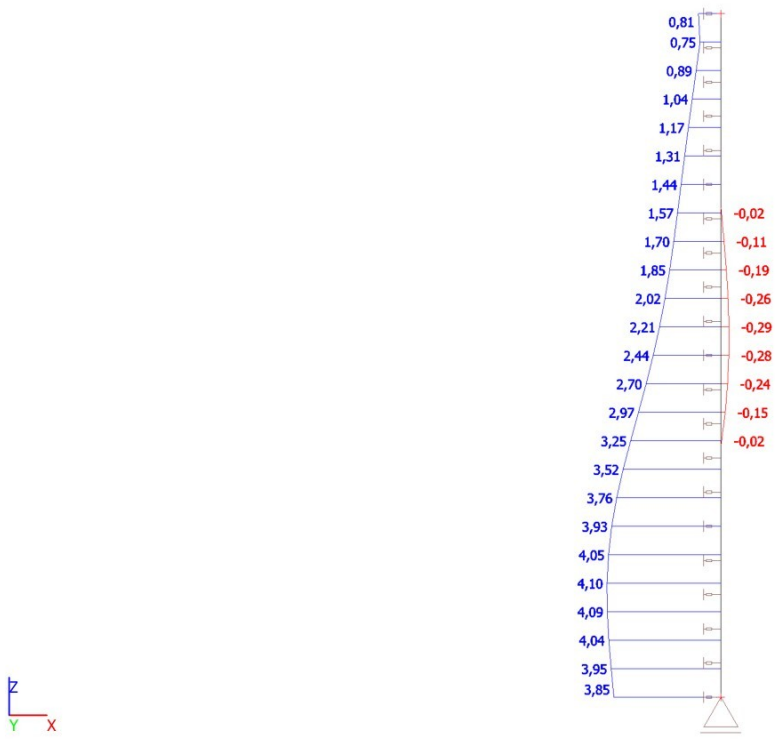


4.3. Verplaatsing uz

4.3.1. Verplaatsing uz - Fundamenteel

Naam	Lijst
Fundamenteel	ULS1 - Omhullende - uiterst
	ULS2 - Omhullende - uiterst
	ULS3 - Omhullende - uiterst
	ULS4 - Omhullende - uiterst

4.3.1.1. uz

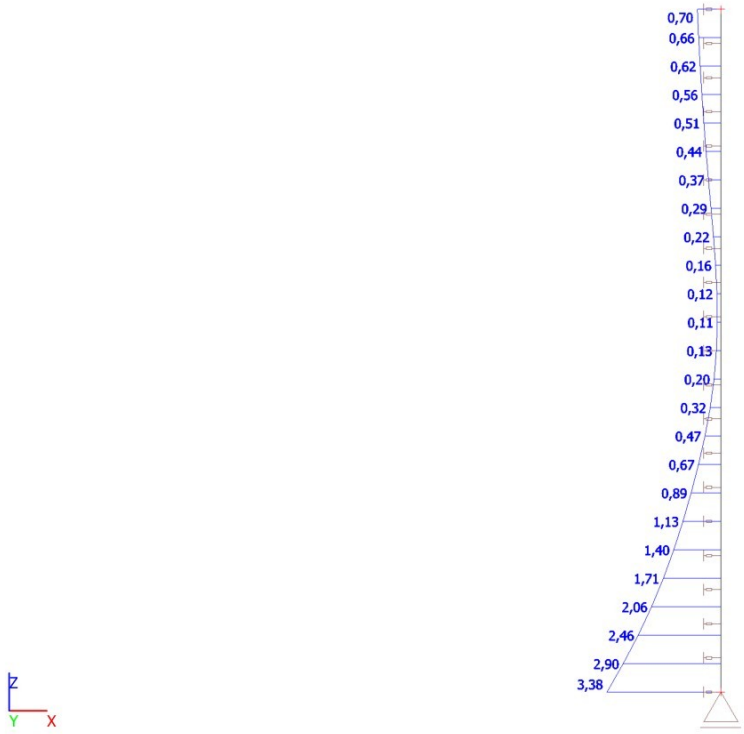


4.4. Verplaatsing uz

4.4.1. Verplaatsing uz - SLS7

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
SLS7	Frequent (uz)	Omhullende - bruikbaarheid	BG1 - Voorspanning	1,00
			BG2 - Gronddruk	1,00
			BG5 - Verkeer	0,50
			BG8 - Vloeistof nominaal (uz)	1,00

4.4.1.1. Vervormingen van staaf; uy, uz, fix, fiz



BIJLAGE G

Berekening standaard wandelement - Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m

Lincon bv
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

Werk
Projectnr.
Doc. nr.
Bladnr. G
Datum

LINCON
INGENIEURSBUREAU BETONCONSTRUCTIES

Project: Mestsilo's MST1B
Projectnr: 125115
Onderdeel: Standaard element - Spanningsberekening
Auteur: Lincon bv
Datum: maart 2025

VOORGESPANNEN WANDPLATEN

Aantal strengen:	9	stuks			
Aantal strengen onthecht:	0	stuks			
Lengte onthechting:	0	mm	en	0	mm
Fabrieksvoorspankracht	52,5	kN			
Ontkistingssterkte	25,0	N/mm^2			

Maatgevende momenten in wand

Hart-op-hart maat platen a	=	**2,002**	m

- t.g.v. rustende en veranderlijke belastingen,

mxD_max	=	**8,9**	kNm/m
mxD_max;SLS = mxD_max * a	=	17,8	kNm

LINCON
INGENIEURSBUREAU BETONCONSTRUCTIES

Project: Mestsilo's MST1B
Projectnr: 125115
Onderdeel: Standaard element - Spanningsberekening
Auteur: Lincon bv
Datum: maart 2025

GEGEVENS

Liggergeometrie

Lengte wand	L	=	**6000**	mm
Dikte wand	H_e	=	**149**	mm
Enkelvoudige doorsnede:				
Oppervlak	A_c	=	**2,97E+05**	mm^2
Omtrek	u	=	**4381**	mm
Traagheidsmoment	I_c	=	**5,560E+08**	mm^4
Weerstandsmoment onder	Ro_c	=	7,46E+06	mm^3
Weerstandsmoment boven	Rb_c	=	7,46E+06	mm^3
Zwaartepunt	z_c	=	**75**	mm
Eigen gewicht	eg_c	=	0,0	N/mm

Materiaalkarakteristiek plaat gebruiksfase

Sterkteklasse			C35/45	
Karakteristieke cylinderdruksterkte	f_{ck}	=	**35**	N/mm^2
Karakteristieke kubusdruksterkte	f_{ck_cube}	=	45	N/mm^2
Gemiddelde cylinderdruksterkte	f_{cm}	=	43	N/mm^2
Gemiddelde treksterkte	f_{ctm}	=	3,21	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus	E_{cm}	=	34077	N/mm^2

Materiaalkarakteristiek plaat bouwfase (direct na spannen)

Sterkteklasse			C25/30	(aanname)
Karakteristieke cylinderdruksterkte	f_{ck}	=	**25**	N/mm^2
Karakteristieke kubusdruksterkte	f_{ck_cube}	=	30	N/mm^2
Gemiddelde cylinderdruksterkte	f_{cm}	=	33	N/mm^2
Gemiddelde treksterkte	f_{ctm}	=	2,56	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus	E_{cm}	=	31476	N/mm^2

Materiaalkarakteristiek voorspanstaal

Elasticiteitsmodulus	E_p	=	**195000**	N/mm^2
Karakteristieke treksterkte van voorspanstaal	f_{pk}	=	**1860**	N/mm^2
Karakteristieke 0,1%-rekgrens van voorspanstaal	$f_{p0,1k}$	=	**1600**	N/mm^2
Diameter spanelement	Ø	=	**9,3**	mm
Oppervlak streng	A_p	=	52	mm^2

Overdrachtslengte (art. 8.10.2)

Coëfficiënt voor type spanelement	η_p1	=	3,2	
Coëfficiënt voor kwaliteit aanhechting	η_1	=	1,0	
Coëfficiënt voor langduureffecten	α_ct	=	1,0	
Partiële materiaalfactor voor beton	γ_c	=	1,5	
Rekenwaarde van de treksterkte	f_ctd	=	1,20	N/mm²
Aanhechtspanning	f_bpt	=	3,83	N/mm²
Wijze van aflaten	α_1	=	**1,0**	
Spanelement	α_2	=	**0,19**	
Spanning na aflaten	σ_pm0	=	1000	N/mm²
Basiswaarde overdrachtslengte streng	l_pt	=	461	mm
Rekenwaarde van overdrachtslengte (spanningen)	l_pt1	=	369	mm
Rekenwaarde van overdrachtslengte (dwarskracht…)	l_pt2	=	553	mm

Factoren t.b.v. berekening verliezen

Invloed vochtigheid	RH	=	**90**	%
	RH_0	=	100	%
Invloed betondoorsnede	k_h	=	0,95	
Fictieve dikte	hm	=	135	mm

Verliezen

Verliezen door elastische verkorting	ΔP_m0	=	0,51	kN
Verliezen door krimp	ΔP_c	=	2,51	kN
Verliezen door kruip	ΔP_s	=	0,81	kN
Verliezen door relaxatie	ΔP_r	=	0,99	kN

LINCON
INGENIEURSBUREAU BETONCONSTRUCTIES

Project: Mestsilo's MST1B
Projectnr: 125115
Onderdeel: Standaard element - Spanningsberekening
Auteur: Lincon bv
Datum: maart 2025

STRENGENPATROON

Overdrachtslengte streng (t.b.v. spanning)	l_pt1	=	369	mm
Overdrachtslengte (tbv dwarskracht)	l_pt2	=	553	mm
Onthechtingslengte 1 (excl. overdrachtslengte)	l_pt excl1		**0**	mm
Onthechtingslengte 1 (incl. overdrachtslengte tbv spannning)	l_pt_1	=	n.v.t.	mm
Onthechtingslengte 1 (incl. overdrachtslengte tbv dwarskr.)	l_pt_1	=	n.v.t.	mm
			(geen onthechting --> l_oexcl=0 invoeren)	
Onthechtingslengte 2 (excl. overdrachtslengte)	l_pt excl2	=	**0**	mm
Onthechtingslengte 2 (incl. overdrachtslengte tbv spannning)	l_pt_2	=	n.v.t.	mm
Onthechtingslengte 2 (incl. overdrachtslengte tbv dwarskr.)	l_pt_2	=	n.v.t.	mm

Hier worden alle strengen ingevoerd, incl. de onthechte strengen:

	Aantal Totaal	Pos. e_k (kop)	Pos. e_m (midden)	Aantal onthecht 1	Aantal onthecht 2
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	9	**74,5**	**74,5**	**0**	**0**
Totaal: n_p =	9	74,5	74,5	0	0
			Pos	0,0	0,0

Onthechte strengen l_pt excl1:
Hier wordt het patroon van de strengen met onthechting nr 1 ingevoerd (l_pt excl1)
(geen onthechting --> aantal "0" invoeren)

Onthechte strengen l_pt excl2:
Hier wordt het patroon van de strengen met onthechting nr 2 ingevoerd (l_pt excl2)
(geen onthechting --> aantal "0" invoeren)

Strengen actief tot l_pt excl1:	n_p1 =	9	e1_k =	74,5	mm	
Actief tussen l_pt excl1- l_ptexcl.2:	n_p2 =	9	e2_k =	74,5	mm	

- Fabrieksvoorspankracht per streng	P_m	=	**52,5**	kN voldoet
- Aanvangsvoorspankracht per streng	P_m0	=	52,0	kN voldoet
- Werkvoorspankracht per streng	P_mt	=	48,0	kN

Toetsing aanvangs- en fabrieksvoorspankracht conform NEN - EN 1992-1-1:2005

art. 5.10.2.1	k_1	=	0,80	σ_p,max	=	1440 N/mm²
	k_2	=	0,90	P_m(max)	=	74,9 kN
art. 5.10.3	k7	=	0,75	σ_pm0	=	1360 N/mm²
	k8	=	0,85	P_m0(max)	=	70,7 kN

TOETSING TASVELDFASE

De toetsing wordt op 5 posities uitgevoerd:

- Snede t.p.v. oplegging tasveld	250	mm	(snede 1)
- Snede t.p.v. einde overdrachtslengte (l_ov)	369	mm	(snede 2)
- Snede t.p.v. einde onthechtingslengte 1 (l_o1, incl. overdrachtslengte)	n.v.t.	mm	(snede 3)
- Snede t.p.v. einde onthechtingslengte 2 (l_o2, incl. overdrachtslengte)	n.v.t.	mm	(snede 4)
- Snede t.p.v. de middendoorsnede	3000	mm	(snede 5)

	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Positie vanaf de kop	250	369	n.v.t.	n.v.t.	3000	mm
Zwaartepunt voorspanning	74,5	74,5	n.v.t.	n.v.t.	75	mm
Aanwezige voorspankracht	317	468	n.v.t.	n.v.t.	468	kN
Moment uit eigengewicht	0	0	n.v.t.	n.v.t.	0	kNm

Toetsing bovenzijde	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Spanning t.g.v. eigengewicht	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	0,00	N/mm²
Spanning t.g.v. voorspanning	-1,07	-1,58	n.v.t.	n.v.t.	-1,58	N/mm²
Resulterende spanning	-1,07	-1,58	n.v.t.	n.v.t.	-1,58	N/mm²
Toelatbare trekspanning	1,20	1,20	n.v.t.	n.v.t.	1,20	N/mm²
Toetsing	Voldoet	Voldoet	n.v.t.	n.v.t.	Voldoet	
Wapening t.b.v. trek			n.v.t.	n.v.t.		
Scheurwijdte wk			n.v.t.	n.v.t.		mm
Toelaatbaar wmax			n.v.t.	n.v.t.		mm
Toetsing	**Voldoet**	**Voldoet**	**n.v.t.**	**n.v.t.**	**Voldoet**	

Toetsing onderzijde	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Spanning t.g.v. eigengewicht	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	0,00	N/mm²
Spanning t.g.v. voorspanning	-1,07	-1,58	n.v.t.	n.v.t.	-1,58	N/mm²
Resulterende spanning	-1,07	-1,58	n.v.t.	n.v.t.	-1,58	N/mm²
Toelaatbare drukspanning	-17,50	-17,50	n.v.t.	n.v.t.	-17,50	N/mm²
Toetsing	**Voldoet**	**Voldoet**	**n.v.t.**	**n.v.t.**	**Voldoet**	

TOETSING GEBRUIKSFASE

De toetsing wordt op 5 posities uitgevoerd:

- Snede t.p.v. oplegging	250	mm	(snede 1)
- Snede t.p.v. einde overdrachtslengte (l_ov)	369	mm	(snede 2)
- Snede t.p.v. einde onthechtingslengte 1 (l_o1, excl. overdrachtslengte)	n.v.t.	mm	(snede 3)
- Snede t.p.v. einde onthechtingslengte 2 (l_o2, excl. overdrachtslengte)	n.v.t.	mm	(snede 4)
- Snede in het midden van de overspanning	3000	mm	(snede 5)

	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Positie vanaf de kop	250	369	n.v.t.	n.v.t.	3000	mm
Zwaartepunt voorspanning	74,5	74,5	n.v.t.	n.v.t.	75	mm
Aanwezige voorspankracht	292	432	n.v.t.	n.v.t.	432	kN
Moment uit eigengewicht	0	0	n.v.t.	n.v.t.	0	kNm

Toetsing bovenzijde	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Spanning t.g.v. eigengewicht	0,00	0,00	n.v.t	n.v.t	0,00	N/mm²
Spanning t.g.v. voorspanning	-0,99	-1,45	n.v.t	n.v.t	-1,45	N/mm²
Spanning t.g.v. RB+VB	0,27	0,00	n.v.t	n.v.t	-2,39	N/mm²
Resulterende spanning	-0,72	-1,45	n.v.t	n.v.t	-3,84	N/mm²
Toelaatbare drukspanning	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	-23,33	N/mm²
Toelaatbare trekspanning	1,50	1,50	n.v.t	n.v.t	n.v.t	N/mm²
Toetsing	**Voldoet**	**Voldoet**	**n.v.t**	**n.v.t**	**Voldoet**	

Toetsing onderzijde	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Spanning t.g.v. eigengewicht	n.v.t	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	0,00	N/mm²
Spanning t.g.v. voorspanning	n.v.t	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	-1,45	N/mm²
Spanning t.g.v. RB+VB	n.v.t	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	2,39	N/mm²
Resulterende spanning	n.v.t	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	0,93	N/mm²
Toelaatbare drukspanning	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	-27,18	N/mm²
Toelaatbare trekspanning	n.v.t	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	3,21	N/mm²
Toetsing	**n.v.t**	**n.v.t**	**n.v.t.**	**n.v.t.**	**Voldoet**	

LINCON
INGENIEURSBUREAU BETONCONSTRUCTIES

Project:	Mestsilo's MST1B
Projectnr:	125115
Onderdeel:	Standaard element - ULS toetsing
Auteur:	Lincon bv
Datum:	maart 2025

BEREKENING BEZWIJKMOMENT CONFORM NEN-EN 1992-1-1+C2 2011/NB2011

Invoer geometrie en belasting

Hoogte totale construktie			149	mm	Breedte lijf	2002	mm
Meewerkende breedte druklaag / bovenflens			2002	mm	Dikte druklaag / bovenflens	0	mm
Mmax uit rb + vb	6.10a	10,8 =	**21,5**	kNm	Eigen gewicht ligger + druklaag	0,0	kN/m[1]
	6.10b	10,8 =	**21,5**	kNm	Overspanning	5,5	m
Mmax uit calamiteit	6.11b	8,9 =	**17,7**	kNm			

Beton

				Druklaag / bovenflens	Ligger	
Materiaalfactoren beton	α_{cc}	=	1,00	f_{ck} =	35	35 N/mm²
	γ_c	=	1,50	f_{cd} =	23,3	23,3 N/mm²
				ε_{c3} =	1,750	1,750 ‰
				ε_{cu3} =	3,500	3,500 ‰
				α =	0,75	0,75 -
				β =	0,39	0,39 -

Voorspanstaal

	f_{pk}		1860	N/mm²	f_{pk}/γ_s	1691	N/mm²
	$f_{p0,1k}$	=	1600	N/mm²	$f_{p0,1k}/\gamma_s$ =	1455	N/mm²
	γ_s	=	1,10		E_{staal} =	195000	N/mm²
	ε_{ud}	=	0,02				

Voorspanning

Afstand voorspanstaal tot onderzijde					=	74,5	mm
P oneindig	$P_{m,\infty}$	=	**48,0**	kN	$\sigma_{pm,\infty}$ =	922,4	N/mm²
aantal strengen (aanpassen indien kxu te groot is)					=	9,0	stuks
oppervlakte streng					=	52	mm²

UITVOER

epsilon staal in bezwijktoestand	=	**13,65**	‰	
Bezwijkmoment	=	48,8	kNm	
k xu	=	0,28		
sigma staal in bezwijktoestand	=	1571	N/mm²	
hefboomsarm (z)	=	66,3	mm	
aandeel door bovenflens (β)	=	0,000	-	

Toetsing hoogte betondrukzone art. 5.5 NB

			Druklaag / bovenflens	Ligger	
f	=	$f_{pk} / \gamma_s - \sigma_{pm,\infty}$	769	769	N/mm²
k1	=	f / (500 + f)	0,61	0,61	-
k2	=		1,0	1,0	-
k3	=	$7f / (\varepsilon_{cu3}*10^6 + 7f)$	0,61	0,61	-
k4	=		1,0	1,0	-
$kx_{u;max}$	=		0,394	0,394	

Maximale hoogte op basis van druklaag			0,394	*	149	=	58,7	mm	
Maximale hoogte op basis van lijf	0,394	*	149	+	0		58,7	mm	
Maatgevende hoogte							58,7	mm	

Toets hoogte betondrukzone 58,7 > 21,0 **Voldoet**

Toetsing bezwijkmoment CC 1

vanuit eigen gewicht	0	kNm	*	**1,10**	=	0	kNm	
vanuit r.b.+v.b. / calamiteit	17,7	kNm	+			22	kNm	+
	18	kNm				22	kNm	

Toets: **21,5 kNm** < **48,8 kNm** **Voldoet**

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Standaard element - Dwarskracht berekening (binnen)
Datum	maart 2025

Dwarskracht en wringing berekening volgens NEN EN 1992-1-1

ONTWERPGEGEVENS

Dwarskracht

v_{Ed}		**43,2** kN/m	Dwarskracht - UGT	toegepaste buigwapening	=	**19**	rond	**8**	+	**9**	rond	**8,14**
		0 %	Deel V nabij oplegging	staaloppervlak	=	**1423**	mm^2					
a_v	=	**0** mm	$\beta =$ **0,25**									
σ_{cp}		**1,05** N/mm^2	Gemiddelde betondrukspanning									
V_{Ed}		**86,5** kN	Dwarskracht - UGT									

Doorsnede

b	=	**2002** mm	Breedte betondrukzone					
b_w	=	**2002** mm	Breedte wapeningzone					
h	=	**149** mm	Hoogte doorsnede					
d	=	88 mm	Nuttige hoogte					
t_{ef}	=	123 mm	wanddikte	z_1	=	26 mm	wandhoogte	
U_k	=	3811 mm	wandlengte	z_2	=	1879 mm	wandbreedte	
A_k	=	49185 mm^2	oppervlakte					

Dekking en wapening

c	=	**61** mm	Toegepaste dekking
Ø1	=	**0** mm	Diameter (beugels)

Beton — **Beton sterkteklasse C35/45**

f_{ck}	=	**35** N/mm^2	Cyl. druksterkte (op basis van betonkwaliteit)	α_{cc}	=	1,00	-	
f_{ck}	=	90 N/mm^2	Maximaal in rekening te brengen cyl. druksterkte	γ_c	=	1,5	-	
f_{ck}	=	35 N/mm^2	Cyl. druksterkte bij dwarskracht	f_{cd}	=	23,33	N/mm^2	Druksterkte van het beton
				f_{ctd}	=	1,50	N/mm^2	

Wapening

α	=	**90,0** °	hoek dwarskrachtwapening	**Betonstaal**				
Θ	=	**45,0** °	hoek drukdiagonaal	f_{yk}	=	**500**	N/mm^2	
				γ_s	=	1,15	-	
				f_{yd}	=	435	N/mm^2	Rekenwaarde van de vloeigrens

DWARSKRACHT EN WRINGING

verticaal	43,2 kN	Dwarskracht - UGT	= 0,5 x V_{ed}	horizontaal	0,0 kN	Dwarskracht - UGT	= 0 x V_{Ed}	
	0,0 kN	Wringing - UGT	= $\tau_{t,i}$ x $t_{ef,i}$ x z_1		0,0 kN	Wringing - UGT	= $\tau_{t,i}$ x $t_{ef,i}$ x z_2	
	43,2 kN				0,0 kN			
V_{Ed}	= 43,2 kN	Gecombineerde dwarskracht en wringing per wand						

TOETSING OF WAPENING VEREIST IS CONFORM ART. 6.2.2

$C_{Rd,c}$	=	0,12								
ρ	=	0,01	-							
k	=	2,00	-			$V_{Rd;c}$	=	156	kN	(6.2.a) NEN EN 1992-1-1
k_1	=	0,15	-			$V_{Rd;c;min}$	=	130	kN	(6.2.b) NEN EN 1992-1-1
σ_{cp}	=	1,05	N/mm^2	$N_{Ed}/A_c < 0,2\ f_{cd}$						
v_{min}	=	0,59	N/mm^2			$V_{Rd;c}$	=	156,0	kN = 0,89 N/mm^2	
τ_t	=	1,50	N/mm^2			$T_{Rd;c}$	=	18,1	kNm	

86	/ 156	=	0,55	U.C.	Dwarskracht - UGT
0	/ 18	=	0,00	U.C.	Wringing - UGT
			0,55	(6.31)	NEN EN 1992-1-1

$\alpha 1$	=	88 mm	lengte waarover Md verschoven moet worden	**Toetsingscriterium**	**Geen wapening nodig**

TOETSING DOORSNEDE

(controle capaciteit drukdiagonaal)

v	=	0,52	-		$V_{Rd;max}$	=	1056	kN (6.5) NEN EN 1992-1-1
v_1	=	0,52	-					
α_{cw}	=	1,04	-	Invloed betondrukspanning	$V_{Rd;max}$	=	993	kN (6.9) NEN EN 1992-1-1
					$T_{Rd;max}$	=	76	kNm

86	/ 993	=	0,09	U.C.	Dwarskracht - UGT
0	/ 76	=	0,00	U.C.	Wringing - UGT
			0,09	(6.29)	NEN EN 1992-1-1

Toetsingscriterium **Doorsnede voldoet**

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Standaard element - Dwarskracht berekening (buiten)
Datum	maart 2025

Dwarskracht en wringing berekening volgens NEN EN 1992-1-1

ONTWERPGEGEVENS

Dwarskracht

v_{Ed}		**23,4**	kN/m	Dwarskracht - UGT	toegepaste buigwapening	=	**19**	rond	**8**	+	**9**	rond	**8,14**
		0	%	Deel V nabij oplegging	staaloppervlak	=	**1423**	mm^2					
a_v	=	**0**	mm	$\beta =$ **0,25**									
σ_{cp}		**1,05**	N/mm^2	Gemiddelde betondrukspanning									
V_{Ed}		**46,9**	kN	Dwarskracht - UGT									

Doorsnede

b	=	**2002**	mm	Breedte betondrukzone					
b_w	=	**2002**	mm	Breedte wapeningzone					
h	=	**149**	mm	Hoogte doorsnede					
d	=	61	mm	Nuttige hoogte					
t_{ef}	=	175	mm	wanddikte	z_1	=	26	mm	wandhoogte
U_k	=	3601	mm	wandlengte	z_2	=	1827	mm	wandbreedte
A_k	=	47815	mm^2	oppervlakte					

Dekking en wapening

c	=	**88**	mm Toegepaste dekking
Ø1	=	**0**	mm Diameter (beugels)

Beton — **Beton sterkteklasse C35/45**

f_{ck}	=	**35**	N/mm^2	Cyl. druksterkte (op basis van betonkwaliteit)	α_{cc}	=	1,00	-
f_{ck}	=	90	N/mm^2	Maximaal in rekening te brengen cyl. druksterkte	γ_c	=	1,5	-
f_{ck}	=	35	N/mm^2	Cyl. druksterkte bij dwarskracht	f_{cd}	=	23,33	N/mm^2 Druksterkte van het beton
					f_{ctd}	=	1,50	N/mm^2

Wapening

α	=	**90,0**	°	hoek dwarskrachtwapening
Θ	=	**45,0**	°	hoek drukdiagonaal

Betonstaal

f_{yk}	=	**500**	N/mm^2	
γ_s	=	1,15	-	
f_{yd}	=	435	N/mm^2	Rekenwaarde van de vloeigrens

DWARSKRACHT EN WRINGING

verticaal	23,5	kN	Dwarskracht - UGT	$= 0,5 \times V_{ed}$	horizontaal	0,0	kN	Dwarskracht - UGT $= 0 \times V_{Ed}$
	0,0	kN	Wringing - UGT	$= \tau_{t,i} \times t_{ef,i} \times z_1$		0,0	kN	Wringing - UGT $= \tau_{t,i} \times t_{ef,i} \times z_2$
	23,5	kN				0,0	kN	

V_{Ed}	=	23,5	kN	Gecombineerde dwarskracht en wringing per wand

TOETSING OF WAPENING VEREIST IS CONFORM ART. 6.2.2

$C_{Rd,c}$	=	0,12							
ρ	=	0,01	-						
k	=	2,00	-		$V_{Rd;c}$	=	121	kN	(6.2.a) NEN EN 1992-1-1
k_1	=	0,15	-		$V_{Rd;c;min}$	=	91	kN	(6.2.b) NEN EN 1992-1-1
σ_{cp}	=	1,05	N/mm^2	$N_{Ed}/A_c < 0,2\ f_{cd}$					
v_{min}	=	0,59	N/mm^2		$V_{Rd;c}$	=	120,7	kN = 0,98 N/mm^2	
τ_t	=	1,50	N/mm^2		$T_{Rd;c}$	=	25,1	kNm	

47	/	121	=	0,39	U.C. Dwarskracht - UGT
0	/	25	=	0,00	U.C. Wringing - UGT
				0,39	(6.31) NEN EN 1992-1-1

$\alpha 1$	=	61	mm	lengte waarover Md verschoven moet worden	**Toetsingscriterium**	**Geen wapening nodig**

TOETSING DOORSNEDE

(controle capaciteit drukdiagonaal)

v	=	0,52	-		$V_{Rd;max}$	=	740	kN	(6.5) NEN EN 1992-1-1
v_1	=	0,52	-						
α_{cw}	=	1,04	-	Invloed betondrukspanning	$V_{Rd;max}$	=	696	kN	(6.9) NEN EN 1992-1-1
					$T_{Rd;max}$	=	105	kNm	

47	/	696	=	0,07	U.C. Dwarskracht - UGT
0	/	105	=	0,00	U.C. Wringing - UGT
				0,07	(6.29) NEN EN 1992-1-1

Toetsingscriterium **Doorsnede voldoet**

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Controle momenten SLS
Datum	maart 2025

Controle Momenten SLS

ONTWERPGEGEVENS

Doorsnede

b	=	2002	mm
t	=	149	mm
d	=	88	mm

Beton

$f_{ck,cube}$	=	45	N/mm²
f_{ck}	=	**35**	N/mm²
f_{ctm}	=	3,21	N/mm²
E_{cm}	=	34077	N/mm²
α_c	=	**1,00E-05**	
v	=	0,2	
ε_{c3}	=	**1,75E-03**	
ε_c	=	x / (d - x) · εs = 6,15E-04	< ε_{c3}
x	=	**44**	mm

Wapening

Toegepaste wapening:	**19**	ø	**8**
$A_{s,trek}$	=	955	mm²
a_{trek}	=	61	mm

Voorspanning

n	=	**9**	
A_p	=	**52**	mm²
$\sigma_{p\infty}$	=	922	N/mm²

Betonstaal

f_{yk}	=	**500**	N/mm²
f_{yd}	=	435	N/mm²
E_s	=	**200000**	N/mm²
σ_s	=	**120**	N/mm²
ε_s	=	6,00E-04	

HOOGTE BETONDRUKZONE

N_c	=	0,5 · b · x² / (d - x) · ε_s · f_{ck} / ε_{c3} =	546,3	kN	
N_s	=	A_s · E_s · ε_s =	114,6	kN	
$P_{m\infty}$	=	n · A_p · $\sigma_{p\infty}$ =	431,7	kN	
F_{totaal}	=	N_c - N_s - $P_{m\infty}$ =	**0,0**	kN	→ **0 door wijzigen x**

SCHEURMOMENT

σ_{cr}	=	f_{ctm} + $P_{m\infty}$ / A_c =	**4,66**	N/mm²
M_{cr}	=	1/6 · b · h² · σ_{cr} =	**34,5**	kNm

Opneembare temperatuur die naar scheuren leidt:

ΔT_{cr}	=	σ_{cr} · 2 · (1 - v) / (α_c · E_{cm}) =	**21,9**	**°C**

ONVOLTOOID SHEURENPATROON

$\sigma_{s,cr}$	=	E_s · ε_s · (d - x) / x =	117	N/mm²
n	=	$\sigma_{s,cr}$ / σ_s =	**1,0**	→ **1 door wijzigen x en σ_s**
ε_{fdc}	=	(60 + 2,4 · $\sigma_{s,cr}$) · 10^{-6} =	3,41E-04	
κ_{fdc}	=	ε_{fdc} / (d - x) =	7,88E-06	mm^{-1}

Opneembare temperatuur voordat een voltooid scheurenpatroon onstaat:

ΔT_{fdc}	=	κ_{fdc} · h / α_c =	**117,4**	**°C**

Totaal opneembare temperatuur:

ΔT_{Rd} =	**139,3**	**°C**	
$\Delta T_{grad,max}$ =	**34,3**	**°C**	**Voldoet**

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Druk in de voegen
Datum	maart 2025

Druk in de voegen

Maximale radiale verplaatsing (ULS):

$u_{x,max}$ = **4,1** mm

Maximaal optredende rek en bijbehorende spanning:

ε_c' = $u_{x,max}$ / R = 2,33E-04 -

σ_c' = $\varepsilon_c' \cdot E_{cm}$ = 7,93 N/mm^2

t_{voeg} = **144** mm (zie bijlage D1)

k_1 = **0,6** -

σ_b' = $\sigma_c' \cdot t_{wand} / t_{voeg}$ = **8,23** N/mm^2

$k_1 \cdot f_{ck}$ = **21,00** N/mm^2 **Voldoet**

BIJLAGE H

Berekening spanelement - Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m

Lincon bv
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

Werk
Projectnr.
Doc. nr.
Bladnr. H
Datum

LINCON
INGENIEURSBUREAU BETONCONSTRUCTIES

Project:	Mestsilo's MST1B
Projectnr:	125115
Onderdeel:	Spanelement - Spanningsberekening
Auteur:	Lincon bv
Datum:	maart 2025

VOORGESPANNEN WANDPLATEN

Aantal strengen:	10	stuks			
Aantal strengen onthecht:	0	stuks			
Lengte onthechting:	0	mm	en	0	mm
Fabrieksvoorspankracht	52,5	kN			
Ontkistingssterkte	25,0	N/mm^2			

Maatgevende momenten in wand

Hart-op-hart maat platen a	=	**1,517**	m

- t.g.v. rustende en veranderlijke belastingen,

mxD_max	=	**8,9**	kNm/m
mxD_max;SLS = mxD_max * a	=	13,5	kNm

LINCON
INGENIEURSBUREAU BETONCONSTRUCTIES

Project: Mestsilo's MST1B
Projectnr: 125115
Onderdeel: Spanelement - Spanningsberekening
Auteur: Lincon bv
Datum: maart 2025

GEGEVENS

Liggergeometrie

Lengte wand	L	=	**6000**	mm
Dikte wand	H_e	=	**230**	mm
Enkelvoudige doorsnede:				
Oppervlak	A_c	=	**3,06E+05**	mm^2
Omtrek	u	=	**3610**	mm
Traagheidsmoment	I_c	=	**1,540E+09**	mm^4
Weerstandsmoment onder	Ro_c	=	1,34E+07	mm^3
Weerstandsmoment boven	Rb_c	=	1,34E+07	mm^3
Zwaartepunt	z_c	=	**115**	mm
Eigen gewicht	eg_c	=	0,0	N/mm

Materiaalkarakteristiek plaat gebruiksfase

Sterkteklasse			C35/45	
Karakteristieke cylinderdruksterkte	f_{ck}	=	**35**	N/mm^2
Karakteristieke kubusdruksterkte	f_{ck_cube}	=	45	N/mm^2
Gemiddelde cylinderdruksterkte	f_{cm}	=	43	N/mm^2
Gemiddelde treksterkte	f_{ctm}	=	3,21	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus	E_{cm}	=	34077	N/mm^2

Materiaalkarakteristiek plaat bouwfase (direct na spannen)

Sterkteklasse			C25/30	(aanname)
Karakteristieke cylinderdruksterkte	f_{ck}	=	**25**	N/mm^2
Karakteristieke kubusdruksterkte	f_{ck_cube}	=	30	N/mm^2
Gemiddelde cylinderdruksterkte	f_{cm}	=	33	N/mm^2
Gemiddelde treksterkte	f_{ctm}	=	2,56	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus	E_{cm}	=	31476	N/mm^2

Materiaalkarakteristiek voorspanstaal

Elasticiteitsmodulus	E_p	=	**195000**	N/mm^2
Karakteristieke treksterkte van voorspanstaal	f_{pk}	=	**1860**	N/mm^2
Karakteristieke 0,1%-rekgrens van voorspanstaal	$f_{p0,1k}$	=	**1600**	N/mm^2
Diameter spanelement	Ø	=	**9,3**	mm
Oppervlak streng	A_p	=	52	mm^2

LINCON
INGENIEURSBUREAU BETONCONSTRUCTIES

Project: Mestsilo's MST1B
Projectnr: 125115
Onderdeel: Spanelement - Spanningsberekening
Auteur: Lincon bv
Datum: maart 2025

Overdrachtslengte (art. 8.10.2)

Coëfficiënt voor type spanelement	η_p1	=	3,2	
Coëfficiënt voor kwaliteit aanhechting	η_1	=	1,0	
Coëfficiënt voor langduureffecten	α_ct	=	1,0	
Partiële materiaalfactor voor beton	γ_c	=	1,5	
Rekenwaarde van de treksterkte	f_ctd	=	1,20	N/mm²
Aanhechtspanning	f_bpt	=	3,83	N/mm²
Wijze van aflaten	α_1	=	**1,0**	
Spanelement	α_2	=	**0,19**	
Spanning na aflaten	σ_pm0	=	999	N/mm²
Basiswaarde overdrachtslengte streng	l_pt	=	461	mm
Rekenwaarde van overdrachtslengte (spanningen)	l_pt1	=	369	mm
Rekenwaarde van overdrachtslengte (dwarskracht…)	l_pt2	=	553	mm

Factoren t.b.v. berekening verliezen

Invloed vochtigheid	RH	=	**90**	%
	RH_0	=	100	%
Invloed betondoorsnede	k_h	=	0,90	
Fictieve dikte	hm	=	170	mm

Verliezen

Verliezen door elastische verkorting	ΔP_m0	=	0,55	kN
Verliezen door krimp	ΔP_c	=	2,41	kN
Verliezen door kruip	ΔP_s	=	0,86	kN
Verliezen door relaxatie	ΔP_r	=	0,98	kN

LINCON
INGENIEURSBUREAU BETONCONSTRUCTIES

Project: Mestsilo's MST1B
Projectnr: 125115
Onderdeel: Spanelement - Spanningsberekening
Auteur: Lincon bv
Datum: maart 2025

STRENGENPATROON

Overdrachtslengte streng (t.b.v. spanning)	l_pt1	=	369	mm
Overdrachtslengte (tbv dwarskracht)	l_pt2	=	553	mm
Onthechtingslengte 1 (excl. overdrachtslengte)	l_pt excl1		**0**	mm
Onthechtingslengte 1 (incl. overdrachtslengte tbv spannning)	l_pt_1	= n.v.t.		mm
Onthechtingslengte 1 (incl. overdrachtslengte tbv dwarskr.)	l_pt_1	= n.v.t.		mm
		(geen onthechting --> l_oexcl=0 invoeren)		
Onthechtingslengte 2 (excl. overdrachtslengte)	l_pt excl2	=	**0**	mm
Onthechtingslengte 2 (incl. overdrachtslengte tbv spannning)	l_pt_2	= n.v.t.		mm
Onthechtingslengte 2 (incl. overdrachtslengte tbv dwarskr.)	l_pt_2	= n.v.t.		mm

Hier worden alle strengen ingevoerd, incl. de onthechte strengen:

	Aantal Totaal	Pos. e_k (kop)	Pos. e_m (midden)	Aantal onthecht 1	Aantal onthecht 2
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	0	**0**	**0**	**0**	**0**
	10	**115**	**115**	**0**	**0**
Totaal: n_p =	10	115,0	115,0	0	0
			Pos	0,0	0,0

Onthechte strengen l_pt excl1:
Hier wordt het patroon van de strengen met onthechting nr 1 ingevoerd (l_pt excl1)
(geen onthechting --> aantal "0" invoeren)

Onthechte strengen l_pt excl2:
Hier wordt het patroon van de strengen met onthechting nr 2 ingevoerd (l_pt excl2)
(geen onthechting --> aantal "0" invoeren)

Strengen actief tot l_pt excl1:	n_p1 =	10	e1_k =	115,0	mm
Actief tussen l_pt excl1- l_ptexcl.2:	n_p2 =	10	e2_k =	115,0	mm

- Fabrieksvoorspankracht per streng	P_m	=	**52,5**	kN voldoet
- Aanvangsvoorspankracht per streng	P_m0	=	51,9	kN voldoet
- Werkvoorspankracht per streng	P_mt	=	48,0	kN

Toetsing aanvangs- en fabrieksvoorspankracht conform NEN - EN 1992-1-1:2005

art. 5.10.2.1	k_1	=	0,80	σ_p,max	=	1440	N/mm²
	k_2	=	0,90	P_m(max)	=	74,9	kN
art. 5.10.3	k7	=	0,75	σ_pm0	=	1360	N/mm²
	k8	=	0,85	P_m0(max)	=	70,7	kN

TOETSING TASVELDFASE

De toetsing wordt op 5 posities uitgevoerd:

- Snede t.p.v. oplegging tasveld	250	mm	(snede 1)
- Snede t.p.v. einde overdrachtslengte (l_ov)	369	mm	(snede 2)
- Snede t.p.v. einde onthechtingslengte 1 (l_o1, incl. overdrachtslengte)	n.v.t.	mm	(snede 3)
- Snede t.p.v. einde onthechtingslengte 2 (l_o2, incl. overdrachtslengte)	n.v.t.	mm	(snede 4)
- Snede t.p.v. de middendoorsnede	3000	mm	(snede 5)

	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Positie vanaf de kop	250	369	n.v.t.	n.v.t.	3000	mm
Zwaartepunt voorspanning	115,0	115,0	n.v.t.	n.v.t.	115	mm
Aanwezige voorspankracht	352	519	n.v.t.	n.v.t.	519	kN
Moment uit eigengewicht	0	0	n.v.t.	n.v.t.	0	kNm

Toetsing bovenzijde	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Spanning t.g.v. eigengewicht	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	0,00	N/mm²
Spanning t.g.v. voorspanning	-1,15	-1,70	n.v.t.	n.v.t.	-1,70	N/mm²
Resulterende spanning	-1,15	-1,70	n.v.t.	n.v.t.	-1,70	N/mm²
Toelatbare trekspanning	1,20	1,20	n.v.t.	n.v.t.	1,20	N/mm²
Toetsing	Voldoet	Voldoet	n.v.t.	n.v.t.	Voldoet	
Wapening t.b.v. trek			n.v.t.	n.v.t.		
Scheurwijdte wk			n.v.t.	n.v.t.		mm
Toelaatbaar wmax			n.v.t.	n.v.t.		mm
Toetsing	**Voldoet**	**Voldoet**	**n.v.t.**	**n.v.t.**	**Voldoet**	

Toetsing onderzijde	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Spanning t.g.v. eigengewicht	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	0,00	N/mm²
Spanning t.g.v. voorspanning	-1,15	-1,70	n.v.t.	n.v.t.	-1,70	N/mm²
Resulterende spanning	-1,15	-1,70	n.v.t.	n.v.t.	-1,70	N/mm²
Toelaatbare drukspanning	-17,50	-17,50	n.v.t.	n.v.t.	-17,50	N/mm²
Toetsing	**Voldoet**	**Voldoet**	**n.v.t.**	**n.v.t.**	**Voldoet**	

TOETSING GEBRUIKSFASE

De toetsing wordt op 5 posities uitgevoerd:

- Snede t.p.v. oplegging	250	mm	(snede 1)
- Snede t.p.v. einde overdrachtslengte (l_ov)	369	mm	(snede 2)
- Snede t.p.v. einde onthechtingslengte 1 (l_o1, excl. overdrachtslengte)	n.v.t.	mm	(snede 3)
- Snede t.p.v. einde onthechtingslengte 2 (l_o2, excl. overdrachtslengte)	n.v.t.	mm	(snede 4)
- Snede in het midden van de overspanning	3000	mm	(snede 5)

	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Positie vanaf de kop	250	369	n.v.t.	n.v.t.	3000	mm
Zwaartepunt voorspanning	115,0	115,0	n.v.t.	n.v.t.	115	mm
Aanwezige voorspankracht	325	480	n.v.t.	n.v.t.	480	kN
Moment uit eigengewicht	0	0	n.v.t.	n.v.t.	0	kNm

Toetsing bovenzijde	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Spanning t.g.v. eigengewicht	0,00	0,00	n.v.t	n.v.t	0,00	N/mm²
Spanning t.g.v. voorspanning	-1,06	-1,57	n.v.t	n.v.t	-1,57	N/mm²
Spanning t.g.v. RB+VB	0,11	0,00	n.v.t	n.v.t	-1,01	N/mm²
Resulterende spanning	-0,95	-1,57	n.v.t	n.v.t	-2,58	N/mm²
Toelaatbare drukspanning	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	-23,33	N/mm²
Toelaatbare trekspanning	1,50	1,50	n.v.t	n.v.t	n.v.t	N/mm²
Toetsing	**Voldoet**	**Voldoet**	**n.v.t**	**n.v.t**	**Voldoet**	

Toetsing onderzijde	snede 1	snede 2	snede 3	snede 4	snede 5	
Spanning t.g.v. eigengewicht	n.v.t	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	0,00	N/mm²
Spanning t.g.v. voorspanning	n.v.t	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	-1,57	N/mm²
Spanning t.g.v. RB+VB	n.v.t	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	1,01	N/mm²
Resulterende spanning	n.v.t	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	-0,56	N/mm²
Toelaatbare drukspanning	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	-26,58	N/mm²
Toelaatbare trekspanning	n.v.t	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	3,21	N/mm²
Toetsing	**n.v.t**	**n.v.t**	**n.v.t.**	**n.v.t.**	**Voldoet**	

LINCON
INGENIEURSBUREAU BETONCONSTRUCTIES

Project:	Mestsilo's MST1B
Projectnr:	125115
Onderdeel:	Spanelement - ULS toetsing
Auteur:	Lincon bv
Datum:	maart 2025

BEREKENING BEZWIJKMOMENT CONFORM NEN-EN 1992-1-1+C2 2011/NB2011

Invoer geometrie en belasting

Hoogte totale construktie			230	mm	Breedte lijf	1517	mm
Meewerkende breedte druklaag / bovenflens			1517	mm	Dikte druklaag / bovenflens	0	mm
Mmax uit rb + vb	6.10a	10,8	=	**16,3**	kNm	Eigen gewicht ligger + druklaag	0,0	kN/m[1]
	6.10b	10,8	=	**16,3**	kNm	Overspanning	5,5	m
Mmax uit calamiteit	6.11b	8,9	=	**13,4**	kNm			

Beton

					Druklaag / bovenflens	Ligger	
Materiaalfactoren beton	α_{cc}	=	1,00	f_{ck} =	35	35	N/mm²
	γ_c	=	1,50	f_{cd} =	23,3	23,3	N/mm²
				ε_{c3} =	1,750	1,750	‰
				ε_{cu3} =	3,500	3,500	‰
				α =	0,75	0,75	-
				β =	0,39	0,39	-

Voorspanstaal

	f_{pk}		1860	N/mm²	f_{pk}/γ_s		1691	N/mm²
	$f_{p0,1k}$	=	1600	N/mm²	$f_{p0,1k}/\gamma_s$	=	1455	N/mm²
	γ_s	=	1,10		E_{staal}	=	195000	N/mm²
	ε_{ud}	=	0,02					

Voorspanning

Afstand voorspanstaal tot onderzijde					=	115,0	mm
P oneindig	$P_{m,\infty}$	=	**48,0**	kN	$\sigma_{pm,\infty}$ =	922,7	N/mm²
aantal strengen (aanpassen indien kxu te groot is)					=	10,0	stuks
oppervlakte streng					=	52	mm²

UITVOER

epsilon staal in bezwijktoestand	=	**14,22**	‰	
Bezwijkmoment	=	84,7	kNm	
k xu	=	0,27		
sigma staal in bezwijktoestand	=	1582	N/mm²	
hefboomsarm (z)	=	102,9	mm	
aandeel door bovenflens (β)	=	0,000	-	

Toetsing hoogte betondrukzone art. 5.5 NB

			Druklaag / bovenflens	Ligger	
f	=	$f_{pk} / \gamma_s - \sigma_{pm,\infty}$	768	768	N/mm²
k1	=	f / (500 + f)	0,61	0,61	-
k2	=		1,0	1,0	-
k3	=	$7f / (\varepsilon_{cu3}*10^6 + 7f)$	0,61	0,61	-
k4	=		1,0	1,0	-
$kx_{u;max}$	=		0,394	0,394	

Maximale hoogte op basis van druklaag			0,394	*	230	=	90,7	mm	
Maximale hoogte op basis van lijf	0,394	*	230	+	0		90,7	mm	
Maatgevende hoogte							90,7	mm	

Toets hoogte betondrukzone 90,7 > 31,0 **Voldoet**

Toetsing bezwijkmoment CC 1

vanuit eigen gewicht	0	kNm		*	**1,10**	=	0	kNm	
vanuit r.b.+v.b. / calamiteit	13,4	kNm	+				16	kNm	+
	13	kNm					16	kNm	

Toets: **16,3 kNm** < **84,7 kNm** **Voldoet**

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Spanelement - Dwarskracht berekening (binnen)
Datum	maart 2025

Dwarskracht en wringing berekening volgens NEN EN 1992-1-1

ONTWERPGEGEVENS

Dwarskracht

v_{Ed}		**43,2**	kN/m	Dwarskracht - UGT	toegepaste buigwapening	=	**29**	rond	**6**	+	**0**	rond	**0**
		0	%	Deel V nabij oplegging	staaloppervlak	=	**820**	mm^2					
a_v	=	**0**	mm	β = **0,25**									
σ_{cp}		**1,36**	N/mm^2	Gemiddelde betondrukspanning									
V_{Ed}		**65,5**	kN	Dwarskracht - UGT									

Doorsnede

b	=	**1517**	mm	Breedte betondrukzone					
b_w	=	**1517**	mm	Breedte wapeningzone					
h	=	**230**	mm	Hoogte doorsnede					
d	=	176	mm	Nuttige hoogte					
t_{ef}	=	109	mm	wanddikte	z_1	=	121	mm	wandhoogte
U_k	=	3058	mm	wandlengte	z_2	=	1408	mm	wandbreedte
A_k	=	170368	mm^2	oppervlakte					

Dekking en wapening

c	=	**55** mm	Toegepaste dekking
Ø1	=	**0** mm	Diameter (beugels)

Beton — **Beton sterkteklasse C35/45**

f_{ck}	=	**35**	N/mm^2	Cyl. druksterkte (op basis van betonkwaliteit)	α_{cc}	=	1,00	-
f_{ck}	=	90	N/mm^2	Maximaal in rekening te brengen cyl. druksterkte	γ_c	=	1,5	-
f_{ck}	=	35	N/mm^2	Cyl. druksterkte bij dwarskracht	f_{cd}	=	23,33	N/mm^2 Druksterkte van het beton
					f_{ctd}	=	1,50	N/mm^2

Wapening

α	=	**90,0**	°	hoek dwarskrachtwapening
Θ	=	**45,0**	°	hoek drukdiagonaal

Betonstaal

f_{yk}	=	**500**	N/mm^2		
γ_s	=	1,15	-		
f_{yd}	=	435	N/mm^2	Rekenwaarde van de vloeigrens	

DWARSKRACHT EN WRINGING

verticaal	32,8	kN	Dwarskracht - UGT	= 0,5 x V_{ed}	horizontaal	0,0	kN	Dwarskracht - UGT = 0 x V_{Ed}
	0,0	kN	Wringing - UGT	= $\tau_{t,i}$ x $t_{ef,i}$ x z_1		0,0	kN	Wringing - UGT = $\tau_{t,i}$ x $t_{ef,i}$ x z_2
	32,8	kN				0,0	kN	

V_{Ed} = 32,8 kN — Gecombineerde dwarskracht en wringing per wand

TOETSING OF WAPENING VEREIST IS CONFORM ART. 6.2.2

$C_{Rd,c}$	=	0,12						
ρ	=	0,00	-					
k	=	2,00	-		$V_{Rd;c}$	=	195 kN	(6.2.a) NEN EN 1992-1-1
k_1	=	0,15	-		$V_{Rd;c;min}$	=	210 kN	(6.2.b) NEN EN 1992-1-1
σ_{cp}	=	1,36	N/mm^2	$N_{Ed}/A_c < 0,2\ f_{cd}$				
v_{min}	=	0,59	N/mm^2		$V_{Rd;c}$	=	210,2 kN =	0,79 N/mm^2
τ_t	=	1,50	N/mm^2		$T_{Rd;c}$	=	56 kNm	

66	/ 210	=	0,31	U.C.	Dwarskracht - UGT
0	/ 56	=	0,00	U.C.	Wringing - UGT
			0,31	(6.31)	NEN EN 1992-1-1

$\alpha 1$ = 176 mm — lengte waarover Md verschoven moet worden — **Toetsingscriterium** — **Geen wapening nodig**

TOETSING DOORSNEDE (controle capaciteit drukdiagonaal)

v	=	0,52	-		$V_{Rd;max}$	=	1603 kN	(6.5) NEN EN 1992-1-1
v_1	=	0,52	-					
α_{cw}	=	1,06	-	Invloed betondrukspanning	$V_{Rd;max}$	=	1527 kN	(6.9) NEN EN 1992-1-1
					$T_{Rd;max}$	=	237 kNm	

66	/ 1527	=	0,04	U.C.	Dwarskracht - UGT
0	/ 237	=	0,00	U.C.	Wringing - UGT
			0,04	(6.29)	NEN EN 1992-1-1

Toetsingscriterium — **Doorsnede voldoet**

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Spanelement - Dwarskracht berekening (buiten)
Datum	maart 2025

Dwarskracht en wringing berekening volgens NEN EN 1992-1-1

ONTWERPGEGEVENS

Dwarskracht

v_{Ed}		**23,4** kN/m	Dwarskracht - UGT	toegepaste buigwapening	=	**7**	rond	**8**	+	**0**	rond	**0**
		0 %	Deel V nabij oplegging	staaloppervlak	=	**352**	mm^2					
a_v	=	**0** mm	β = **0,25**									
σ_{cp}		**1,36** N/mm^2	Gemiddelde betondrukspanning									
V_{Ed}		**35,5** kN	Dwarskracht - UGT									

Doorsnede

b	=	**1517** mm	Breedte betondrukzone					
b_w	=	**1517** mm	Breedte wapeningzone					
h	=	**230** mm	Hoogte doorsnede					
d	=	190 mm	Nuttige hoogte					
t_{ef}	=	100 mm	wanddikte	z_1	=	130 mm	wandhoogte	
U_k	=	3095 mm	wandlengte	z_2	=	1417 mm	wandbreedte	
A_k	=	184427 mm^2	oppervlakte					

Dekking en wapening

c	=	**40** mm	Toegepaste dekking
Ø1	=	**0** mm	Diameter (beugels)

Beton — **Beton sterkteklasse C35/45**

f_{ck}	=	**35** N/mm^2	Cyl. druksterkte (op basis van betonkwaliteit)	α_{cc}	=	1,00 -	
f_{ck}	=	90 N/mm^2	Maximaal in rekening te brengen cyl. druksterkte	γ_c	=	1,5 -	
f_{ck}	=	35 N/mm^2	Cyl. druksterkte bij dwarskracht	f_{cd}	=	23,33 N/mm^2	Druksterkte van het beton
				f_{ctd}	=	1,50 N/mm^2	

Wapening

α	=	**90,0** °	hoek dwarskrachtwapening
Θ	=	**45,0** °	hoek drukdiagonaal

Betonstaal

f_{yk}	=	**500** N/mm^2	
γ_s	=	1,15 -	
f_{yd}	=	435 N/mm^2	Rekenwaarde van de vloeigrens

DWARSKRACHT EN WRINGING

verticaal	17,8 kN	Dwarskracht - UGT	= 0,5 x V_{ed}	horizontaal	0,0 kN	Dwarskracht - UGT	= 0 x V_{Ed}
	0,0 kN	Wringing - UGT	= $\tau_{t,i}$ x $t_{ef,i}$ x z_1		0,0 kN	Wringing - UGT	= $\tau_{t,i}$ x $t_{ef,i}$ x z_2
	17,8 kN				0,0 kN		

V_{Ed} = 17,8 kN — Gecombineerde dwarskracht en wringing per wand

TOETSING OF WAPENING VEREIST IS CONFORM ART. 6.2.2

$C_{Rd,c}$	=	0,12						
ρ	=	0,00 -						
k	=	2,00 -		$V_{Rd;c}$	=	171 kN	(6.2.a) NEN EN 1992-1-1	
k_1	=	0,15 -		$V_{Rd;c;min}$	=	228 kN	(6.2.b) NEN EN 1992-1-1	
σ_{cp}	=	1,36 N/mm^2	$N_{Ed}/A_c < 0,2\ f_{cd}$					
v_{min}	=	0,59 N/mm^2		$V_{Rd;c}$	=	227,6 kN	= 0,79 N/mm^2	
τ_t	=	1,50 N/mm^2		$T_{Rd;c}$	=	55 kNm		

36	/ 228	=	0,16	U.C.	Dwarskracht - UGT
0	/ 55	=	0,00	U.C.	Wringing - UGT
			0,16	(6.31)	NEN EN 1992-1-1

$\alpha 1$ = 190 mm — lengte waarover Md verschoven moet worden — **Toetsingscriterium** — **Geen wapening nodig**

TOETSING DOORSNEDE

(controle capaciteit drukdiagonaal)

v	=	0,52 -		$V_{Rd;max}$	=	1735 kN	(6.5) NEN EN 1992-1-1
v_1	=	0,52 -					
α_{cw}	=	1,06 -	Invloed betondrukspanning	$V_{Rd;max}$	=	1653 kN	(6.9) NEN EN 1992-1-1
				$T_{Rd;max}$	=	235 kNm	

36	/ 1653	=	0,02	U.C.	Dwarskracht - UGT
0	/ 235	=	0,00	U.C.	Wringing - UGT
			0,02	(6.29)	NEN EN 1992-1-1

Toetsingscriterium — **Doorsnede voldoet**

BIJLAGE I

Berekening kim -
Wandhoogte 6,0 m / Diameter 35,6 m

Lincon bv
Nanengat 11
3356 AA Papendrecht
Tel. : 078-6995151
E-mail : info@lincon.nl
Http : www.lincon.nl

Werk
Projectnr.
Doc. nr.
Bladnr. I
Datum

Project	Mestsilo's MST1B
Projectnummer	125115
Onderdeel	Kim - Dwarskracht berekening
Datum	maart 2025

Dwarskracht en wringing berekening volgens NEN EN 1992-1-1

ONTWERPGEGEVENS

Dwarskracht

v_{Ed}		**43,2**	kN/m	Dwarskracht - UGT	toegepaste buigwapening	=	**0**	rond	**0**	+	**0**	rond	**0**
		0	%	Deel V nabij oplegging	staaloppervlak	=	**0**	mm^2					
a_v	=	**0**	mm	β = **0,25**									
σ_{cp}		**0,00**	N/mm^2	Gemiddelde betondrukspanning									
V_{Ed}		**43,2**	kN	Dwarskracht - UGT									

Doorsnede

b	=	**1000**	mm	Breedte betondrukzone
b_w	=	**1000**	mm	Breedte wapeningzone
h	=	**250**	mm	Hoogte doorsnede
d	=	190	mm	Nuttige hoogte
t_{ef}	=	120	mm	wanddikte
U_k	=	2020	mm	wandlengte
A_k	=	114400	mm^2	oppervlakte

Dekking en wapening

c	=	**50**	mm	Toegepaste dekking
Ø1	=	**10**	mm	Diameter (beugels)
z_1	=	130	mm	wandhoogte
z_2	=	880	mm	wandbreedte

Beton — Beton sterkteklasse C30/37

f_{ck}	=	**30**	N/mm^2	Cyl. druksterkte (op basis van betonkwaliteit)	α_{cc}	=	1,00	-
f_{ck}	=	90	N/mm^2	Maximaal in rekening te brengen cyl. druksterkte	γ_c	=	1,5	-
f_{ck}	=	30	N/mm^2	Cyl. druksterkte bij dwarskracht	f_{cd}	=	20,00	N/mm^2 Druksterkte van het beton
					f_{ctd}	=	1,35	N/mm^2

Wapening

α	=	**90,0**	°	hoek dwarskrachtwapening
Θ	=	**45,0**	°	hoek drukdiagonaal

Betonstaal

f_{yk}	=	**500**	N/mm^2	
γ_s	=	1,15	-	
f_{yd}	=	435	N/mm^2	Rekenwaarde van de vloeigrens

DWARSKRACHT EN WRINGING

verticaal	21,6	kN	Dwarskracht - UGT	= 0,5 x V_{ed}	horizontaal	0,0	kN	Dwarskracht - UGT = 0 x V_{Ed}
	0,0	kN	Wringing - UGT	= $\tau_{t,i}$ x $t_{ef,i}$ x z_1		0,0	kN	Wringing - UGT = $\tau_{t,i}$ x $t_{ef,i}$ x z_2
	21,6	kN				0,0	kN	

V_{Ed} = 21,6 kN — Gecombineerde dwarskracht en wringing per wand

TOETSING OF WAPENING VEREIST IS CONFORM ART. 6.2.2

$C_{Rd,c}$	=	0,12						
ρ	=	0,00	-					
k	=	2,00	-		$V_{Rd;c}$	=	0 kN	(6.2.a) NEN EN 1992-1-1
k_1	=	0,15	-		$V_{Rd;c;min}$	=	103 kN	(6.2.b) NEN EN 1992-1-1
σ_{cp}	=	0,00	N/mm^2	$N_{Ed}/A_c < 0,2\ f_{cd}$				
v_{min}	=	0,54	N/mm^2		$V_{Rd;c}$	=	103,0 kN	= 0,54 N/mm^2
τ_t	=	1,35	N/mm^2		$T_{Rd;c}$	=	37 kNm	

43	/	103	=	0,42	U.C. Dwarskracht - UGT
0	/	37	=	0,00	U.C. Wringing - UGT
				0,42	(6.31) NEN EN 1992-1-1

$\alpha 1$ = 190 mm — lengte waarover Md verschoven moet worden

Toetsingscriterium — **Geen wapening nodig**

TOETSING DOORSNEDE

(controle capaciteit drukdiagonaal)

v	=	0,53	-		$V_{Rd;max}$	=	1003 kN	(6.5) NEN EN 1992-1-1
v_1	=	0,53	-					
α_{cw}	=	1,00	-	Invloed betondrukspanning	$V_{Rd;max}$	=	903 kN	(6.9) NEN EN 1992-1-1
					$T_{Rd;max}$	=	145 kNm	

43	/	903	=	0,05	U.C. Dwarskracht - UGT
0	/	145	=	0,00	U.C. Wringing - UGT
				0,05	(6.29) NEN EN 1992-1-1

Toetsingscriterium — **Doorsnede voldoet**