



Ontwerp fundering Slibbuffer RWZI Elburg

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Referentie: WAPA170124-36001-1

Versie: 1

Datum: 26 oktober 2017

Iv-Water b.v.

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek



Auteur(s): C.P.
Gecontroleerd: J.T.
Goedgekeurd: M.B. Paraaf:

Datum: 26-10-2017
Revisie: 1
Status: Definitief
Aantal pagina's: II + 27



Samenvatting

Dit rapport bevat het funderingsadvies, de gewichtsberekening, de stabiliteitsberekening en de wapeningsberekening van de fundatie van de Slibbuffer te RWZI Elburg. De vorm van de betonconstructie kan worden teruggevonden op de vorm –en de wapeningstekening: WAPA170124-37001-0.

Gegevens betonconstructie Slibbuffer fundatie:

- paalfundering:
 - Betonschroefpaal met verloren punt; Ø380/450.
 - Aantal palen; 12 stuks: PPN 5,00m -NAP;
 - Betonkwaliteit: C30/37;
- Constructief Beton:
 - vloer: dikte 0,30m;
 - balk: 0,5 x 1,1m;
 - Betonkwaliteit: C30/37;

Hieronder staat de basiswapening per onderdeel opgesomd. Voor de benodigde bijlegwapening wordt verwezen naar de wapeningstekeningen.

Onderdeel			Afm. [mm]	Wapening
Vloer	Onder/boven	X	d = 300mm	Ø12-150
	Onder/boven	Y		Ø12-150
Balken	onder		b x h = 500x1000mm	2Ø20+2Ø16
	boven			4Ø12
	beugels			Ø8-150
Funderingsplaat (trap)	Onder/boven		1600 x 1600 x 200mm	Ø10-150



Inhoudsopgave

1	Omschrijving revisies	6
2	Inleiding	7
2.1.	Doel en omvang document	7
3	Projectomschrijving	8
4	Uitgangspunten	9
4.1.	Tekeningen en documenten	9
4.2.	Normen, richtlijnen en aanbevelingen	10
4.3.	Randvoorwaarden ontwerp	11
4.3.1.	Eisen algemeen	11
4.3.2.	Vloeistofdichtheid	11
4.4.	Materialen	13
4.4.1.	Constructief beton	13
4.4.2.	Betonstaal	14
4.5.	Belastingen	14
4.5.1.	Algemeen	14
4.6.	Belastingfactoren	16
4.7.	Belastingcombinaties	17
5	Berekening constructie	18
5.1.	Algemeen	18
5.1.1.	Stabiliteit	18
5.1.2.	Hoofddraagconstructie	18
5.2.	Resultaten	18
5.2.1.	Paalreactie	18
5.2.2.	Wapeningsberekening	19
6	Funderingsadvies	21
6.1.	Normen en richtlijnen	21
6.2.	Sonderingen	21
6.3.	Rekenprogrammatuur	21
6.4.	Grondopbouw	21
6.5.	Waterstanden	22
6.6.	Uitgangspunten betonschroefpalen	22
6.7.	Paalpunctniveau en draagkrachtpaalfundering	22
6.7.1.	Palen t.b.v. Slibbuffer	22
BIJLAGEN		24



A.	Overzicht Opstellingstekening Slibbuffer.	24
B.	Grondonderzoek / D-foundation berekening.	25
C.	Scia-rekenmodel; invoer/uitvoer	26
D.	Wapeningsberekening	27



1 Omschrijving revisies

Revisie 1: Definitief, d.d. 26 oktober 2017



2 Inleiding

Het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is bezig met vervangen van de centrifuges RWZI te Elburg. Onderdeel van dit project is het aanleggen een nieuwe slibbuffer om de slibaanvoer naar de centrifuges beter te laten verlopen.

In Hoofdstuk worden de constructieve uitgangspunten omschreven welke gebruikt worden voor de berekening van de fundatie van de Slibbuffer.

2.1. Doel en omvang document

Dit rapport bevat het funderingsadvies, de gewichtsberekening, de stabiliteitsberekening en de wapeningsberekening van de nieuwe Slibbuffer. De fundatie van de Slibbuffer bestaat uit de volgende subonderdelen:

- Funderingsplaat
- Funderingsbalken

Buiten de scope van dit rapport vallen:

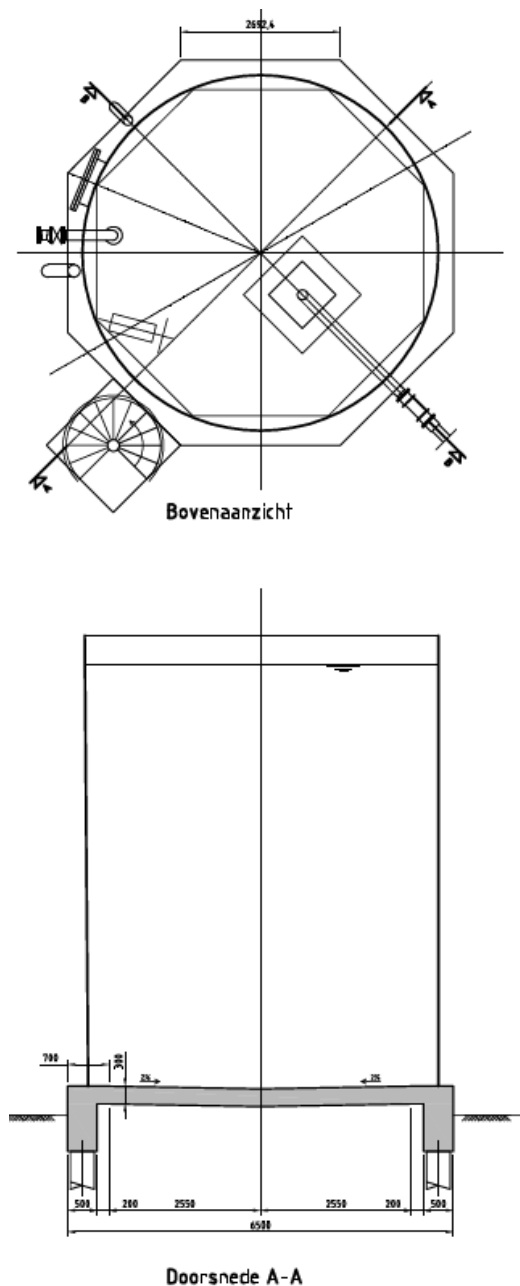
- Tijdelijke constructies zoals de bouwkuip
- Hulpconstructies
- Inpassingen in de omgeving
- Werktuigbouwkundige en elektrotechnische onderdelen
- Kabels en leidingen
- Instortvoorzieningen

De opbouw van dit rapport bestaat uit de volgende hoofdstukken:

- hoofdstuk 2: korte samenvatting van het ontwerp;
- hoofdstuk 3: uitgangspunten voor het constructieve ontwerp;
- hoofdstuk 4: berekening van de wapening;
- hoofdstuk 5: geotechnisch uitgangspunten,

3 Projectomschrijving

De constructie van de slibbuffer is voorzien van een stalen tank en een betonnen fundatieplaat met randbalken. De betonconstructie wordt ondersteund door in de grond gevormde palen (betonschroefpalen). In de onderstaande afbeelding is de Slibbuffertank aangegeven.



Figuur 1: Slibbuffertank



4 Uitgangspunten

De uitgangspunten t.b.v. het uitwerken van de Slibbuffer fundatie zijn hieronder aangegeven. Deze uitgangspunten zijn conform de “Offerteaanvraag constructieve berekening fundatieplaat Slibbuffer” referentie nummer 170124-33003-0.

Tekening: 39002 blad 1 van 1. Opstellingstekening Slibbuffer, zie Bijlage A.

Uitvoering paalfundering als betonschroefpaal met verloren punt (trillingsarm):

- buisdiameter / diameter schroefpunt: ca. $\varnothing 380$ / 450 mm;
- betonkwaliteit: C 30/37;

Slibbuffer;

- prefab staal geboute tank op de fundatieplaat;
- materiaal tank: thermisch verzinkt staal met poeder epoxy coating;
- diameter tank: ca. 6 m, hoogte ca. 7,6 m;
- bevestiging d.m.v. ankers op voethoeklijn (volgens opgave leverancier, ISS tanks B.V.);

Fundatie;

- uitvoering met in het werk gestort beton;
- betonkwaliteit: C 30/37;
- milieuklasse XC4 / XD3 / XA3;
- wapening B500B, geprofileerd;

4.1. Tekeningen en documenten

Voor de berekening van de fundatie van de Slibbuffer is gebruikt gemaakt van de volgende documenten:

- Tekening: 39002 blad 1 van 1. Opstellingstekening Slibbuffer (zie bijlage A);
- Geotechnisch bodem onderzoek van ‘IJb Groep’ referentie nummer 61172009, d.d. 15-09-2017.



4.2. Normen, richtlijnen en aanbevelingen

In tabel 4-1 staan de relevante normen en richtlijnen voor het ontwerp.

<i>Norm</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Uitgave</i>	<i>Correctie/wijziging</i>
Eurocode 0: Grondslag van het constructief ontwerp			
NEN-EN 1990	Eurocode: Grondslag van het constructief ontwerp	2002	C2:2011 NB:2011
Eurocode 1: Belastingen op constructies			
NEN-EN 1991-1-1	Deel 1-1: Algemene belastingen - Dichtheden, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen	2002	C1:2011 NB:2011
NEN-EN 1991-1-3	Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting	2003	C1:2011 NB:2011
NEN-EN 1991-1-4	Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting	2005	C2:2011 NB:2011
NEN-EN 1991-1-5	Deel 1-5: Algemene belastingen – Thermische belasting	2003	C1:2011 NB:2011
NEN-EN 1991-1-6	Deel 1-6: Algemene belastingen – Belastingen tijdens uitvoering	2005	C3:2013 NB:2013
Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies			
NEN-EN 1992-1-1	Deel 1-1: Algemene regels voor gebouwen	2005	C2:2011 NB:2016
NEN-EN 1992-3	Deel 3: Constructies voor keren en opslaan van stoffen	2006	NB:2011
Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp			
NEN-EN 1997-1	Deel 1: Algemene regels	2005	A1:2016 NB:2016
NEN-EN 1997-2	Deel 2: Grondonderzoek en beproeving	2007	C1:2011
NEN 9997-1	Geotechnisch ontwerp van constructies	2016	

Tabel 4-1: Overzicht normen, richtlijnen en aanbevelingen



4.3. Randvoorwaarden ontwerp

4.3.1. Eisen algemeen

- Aanduiding van de belastingsklasse : Categorie E2: industrie;
- Gevolgklasse : CC2;
- Betrouwbaarheidsklasse : RC2;
- Uitvoeringsklasse : EXC2;
- Referentieperiode : 50 jaar;
- Constructieklasse : S3 voor platen, overige S4;
- Geotechnische categorie : GC2;
- Ontwerpbenadering : OB3;

4.3.2. Vloeistofdichtheid

Op basis van 'Thightness Class 1' volgen uit de NEN-EN 1992-3 de volgende eisen voor SLS:

1. Doorgaande scheuren moeten voldoen aan w_{k1} ;
2. Voor niet doorgaande scheuren die voldoen aan (112) en (113) gelden de regels van 7.3.1 van de NEN-EN 1992-1-1

Bepaling w_{k1} :

Voor $h_D / h \leq 5$ geldt $w_{k1} = 0,2 \text{ mm}$

Voor $h_D / h \geq 35$ geldt $w_{k1} = 0,05 \text{ mm}$

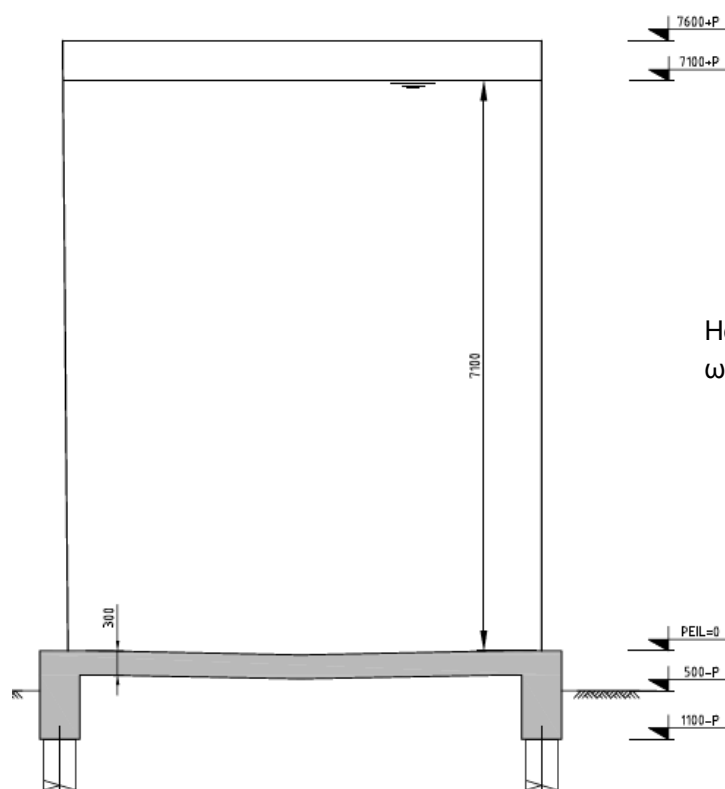
Tussenvallende waarden mogen lineair worden geïnterpoleerd

Bepaling (112)

De drukzone van de doorsnede moet minimaal gelijk zijn aan $x_{\min} = 50 \text{ mm}$ of $0,2h$ onder quasi permanente belasting.

Bepaling (113)

Als er wordt voldaan aan de eisen gesteld in 7.3.1 van de EN 1992-1-1 is de doorsnede 'self healing' als de optredende rek minder dan 150×10^{-6} is.



$$H_d/h = 7,3/0,3 = 23,3$$

$$\omega = 0,2 - [(23,3 - 5/35 - 5) \times (0,2 - 0,05)] = 0,11$$

Als gevolg van de trekkrachten en de wisselende momenten in de constructie wordt aangenomen dat alle scheuren doorgaand zijn. In onderstaande tabel staat voor elk onderdeel aangegeven op welke scheurwijdte deze getoetst zal worden.

Onderdeel	W_{\max} [mm]	W_{\max} [mm]
	(buitenzijde)	(binnenzijde)
Funderingsplaat	0,2	0,11
Balken	0,20	0,20



4.4. Materialen

4.4.1. Constructief beton

In tabel 4-2 staan de te hanteren milieuklassen voor de constructie onderdelen.

	<i>Palen</i>	<i>In contact met afvalwater</i>	<i>In contact met afvalwater</i>	<i>Overig</i>
Sterkteklasse	*1	*1	*1	*1
Milieuklassen				
Vochtigheid omgeving	n.t.b.	blijvend nat/ zelden droog	wisselend nat en droog	n.t.b.
XO: Geen risico op corrosie of aantasting	n.t.b.	-	-	n.t.b.
XC: Corrosie ingeleid door carbonatatie	n.t.b.	XC2	XC4	n.t.b.
XD: Corrosie ingeleid door chloriden anders dan afkomstig uit zeewater	n.t.b.	XD2	XD3	n.t.b.
XS: Corrosie ingeleid door chloriden afkomstig uit zeewater	n.t.b.	-	-	n.t.b.
XF: Vorst/dooi-wisselingen met of zonder chloriden	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.	n.t.b.
XA: Chemische aantasting	n.t.b.	XA3	XA3	n.t.b.
Betondekking c_{nom} in mm (incl. toeslag) (balk / plaat)	n.t.b.	45 / 40	45 / 40	n.t.b.
Chloride klasse	Cl 0,4	Cl 0,4	Cl 0,4	Cl 0,4
Grootste korrelafmeting in mm	31,5	31,5	31,5	31,5
Cement	Cement Hoogovencement CEM III/B 42,5 LH HS			

Tabel 4-2: Constructief beton - materiaaleigenschappen

***1:** Materiaalkwaliteit beton:

- in het werk gestort : C30/37
- werkvloeren : C12/15



In tabel 4-3 staan de materiaaleigenschappen van de betonsterkteklassen in N/mm^2 .

Sterkteklasse	f_{ck}	$f_{ck,cube}$ in N/mm^2	f_{cd} in N/mm^2	f_{ctm} in N/mm^2	f_{ctd} in N/mm^2	E_{cm} in kN/mm^2
C12/15	12	15	8	1,57	0,73	27
C30/37	30	37	20	2,90	1,35	33

Tabel 4-3: Constructief beton - materiaaleigenschappen

$$E_{c,gescheurd} \approx \frac{1}{3} E_{cm}$$

4.4.2. Betonstaal

In tabel 4-4 staan de materiaaleigenschappen van het betonstaal

Betonstaalsoort	f_{yk} in N/mm^2	f_{yd} in N/mm^2	ϵ_{uk} in %	E_s in kN/mm^2
Staven class B	500	435	5,0	200

Tabel 4-4: Betonstaal eigenschappen

4.5. Belastingen

4.5.1. Algemeen

In Tabel 3-5 staan de permanente en veranderlijke belasting.

Belasting		γ	ψ [-]	q_v	q_h
Permanente belasting (G)		$[\text{kN/m}^3]$			
Constructief beton	=	25,00			
Vloeistof (slib)	=	10,50			
Staal	=	78,50			
Veranderlijke belasting (Q)		$[\text{kN/m}^2]$			
Tank dek	=	1,0			
				$F_{v,grep}$	$F_{v,grep}$
Stalentrap (Aanname:)	=	5,0		20 kN	5 kN

Tabel 4-5: Belastingen permanent en veranderlijk



4.6. Belastingfactoren

Voor de uiterste grenstoestand (ULS) dienen de volgende belastingcombinaties te worden gehanteerd:

- equ : $\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \varphi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ vgl. (6.10) conform NEN-EN 1990 tabel A1.2(A)
- str/geo : $\gamma_G \cdot G_k + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \varphi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ vgl. (6.10a) conform NEN-EN 1990 tabel A1.2(B)
- str/geo : $\xi \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \varphi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ vgl. (6.10b) conform NEN-EN 1990 tabel A1.2(B)

Voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS) dienen de volgende belastingcombinaties te worden gehanteerd:

- karakteristiek : $G_k + Q_{k,1} + \sum \varphi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ conform NEN-EN 1990 tabel A1.4
- frequent : $G_k + \varphi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \varphi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ conform NEN-EN 1990 tabel A1.4
- quasi-blijvend : $G_k + \varphi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \varphi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ conform NEN-EN 1990 tabel A1.4
- De vervormingen en scheurvorming van betonconstructies dient met de frequente belasting combinatie te worden getoetst.
- In de onderstaande tabel zijn de te hanteren ' ξ ' en ' ψ '-factoren weergegeven. De waarde ' ξ ' is 0,89.

Gevolgklasse	Blijvende belastingen				Overheersende veranderlijke belasting		Overige belastingen gelijktijdig met overheersende	
	$\gamma_{G,sup}$		$\gamma_{G,inf}$		(met $\psi=1,0$)		(met $\psi=1,0$)	
	6.10a	6.10b	6.10a	6.10b	6.10a	6.10b	Belangrijkste	andere
CC2	1,35	1,2	0,9		-	1,5	1,5	1,5

Tabel 4-6::Belastingsfactoren

Belasting	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categorie E2: Industrie	1,0	0,9	0,8
Categorie H: Daken	0,0	0,0	0,0
Sneeuwbelasting	0,0	0,2	0,0
Windbelasting	0,0	0,2	0,0

Tabel 4-7: momentaanfactoren



4.7. Belastingcombinaties

	BG1	BG2	BG3	BG4	BG4
	E.G.	Perm.bel.	Vloeistof	Ver.bel.	Windbel.
Comb.1 (UGT)	1,35	1,35			
Comb.2 (UGT)	1,35	1,35	1,2		
Comb.3 (UGT)	1,2	1,2	1,2	1,5	
Comb.4 (UGT)	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5
Comb.4a (UGT)	1,2	1,2	1,2	1,5	-1,5
Comb.5 (UGT)	1,35	1,35	1,2	1,5	
Comb.6 (UGT)	1,35	1,35	1,2	1,5	1,5
Comb.6a (UGT)	1,35	1,35	1,2	1,5	-1,5
Comb.1 (BGT)	1,0	1,0			
Comb.2 (BGT)	1,0	1,0	1,0		
Comb.3 (BGT)	1,0	1,0	1,0	1,0	
Comb.4 (BGT)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Comb.4a (BGT)	1,0	1,0	1,0	1,0	-1,0



5 Berekening constructie

5.1. Algemeen

Aan de hand van de afmetingen van de Slibbuffer is een rekenmodel in SCIA Engineer gemoduleerd, waarna vervolgens de gewichtsberekening en de wapeningsberekening worden bepaald.

5.1.1. Stabiliteit

Verticale belasting:

De verticale belasting wordt via de betonconstructie (vloer en funderingsbalken) via de paalfundering naar de ondergrond overgedragen.

De onderkant van het diepste gedeelte van de fundering ligt ca. 0,79 meter +N.A.P., het hoogste maaiveld bevindt zich op ca. meter 1,39 meter +N.A.P.

Horizontale belasting:

De constructie wordt belast door windbelasting. Deze belasting is minimaal en heeft geen enkele invloed op de constructie van de Slibbuffer.

5.1.2. Hoofddraagconstructie

De hoofddraagconstructie bestaat uit de volgende constructieve onderdelen:

- In het werk gestorte betonvloer
- In het werk gestorte betonbalken
- funderingspalen; In het werk gestorte betonpalen

5.2. Resultaten

5.2.1. Paalreactie

De maximale paalreactie uit het rekenmodel is 348 kN. Deze paalreactie is terug te vinden in bijlage C.



5.2.2. Wapeningsberekening

Hieronder zijn de resultaten uit de Scia-rekenmodel aangegeven. Deze resultaten zijn terug te vinden in bijlage C. De doorsnede berekeningen zijn aangegeven in bijlage D.

Snedekrachten t.b.v. doorsnede berekening.

			ULS $M [kNm/m^1]$	SLS $M [kNm/m^1]$	ULS $F [kN]$		Wapening	Bijlage
Vloer:								
M _{boven}	X+	Basis	25	20			Ø12-150	D1
		Bijleg					Ø12-300	
M _{boven}	Y+	Basis	29	23			Ø12-150	D1
		Bijleg					Ø12-300	
M _{onder}	X-	Basis	38	32			Ø12-150	D1
		Bijleg						
M _{onder}	Y-	Basis	36	30			Ø12-150	D1
		Bijleg						
Pons (F _d)					348		Geen ponswapening nodig	D2

	ULS			SLS			Wapening	Bijlage
Balk:								
	M _y [kNm]	M _x [kNm]	V _y [kN]	M _y [kNm]	M _x [kNm]	V _y [kN]		
M _{onder}	158	40	152	130	33	-	2 Ø16+2 Ø20	D3
M _{boven}	19	37		-	31		4 Ø12	
V _d							Ø8-150	D4

Funderingsplaat t.b.v. de stalentrap:

Afm. 1600 x 1600 x 200mm.

Perm.bel.:

$$q_{Eg} = 1,6 \times 0,2 \times 25 = 8 \text{ kN/m}^1$$

$$F_{Eg} = 20 \text{ kN}$$

Ver.bel.:

$$q_{Eq} = 1,6 \times 5 = 9 \text{ kN/m}^1$$

$$F_{Eq} = 5 \text{ kN}$$



Bepalen de maatgevende snedekrachten in de plaat.

Perm.bel.:

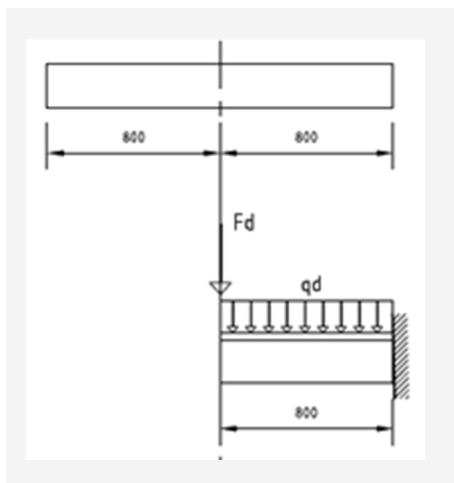
$$q_{Ed} = 1,35 \times 8 = 10,8 \text{ kN/m}^1$$

$$F_{Eg;d} = 1,35 \times 20 = 27 \text{ kN}$$

Ver.bel.:

$$q_{Ed} = 1,5 \times 9 = 13,5 \text{ kN/m}^1$$

$$F_{Eq;d} = 1,5 \times 5 = 7,5 \text{ kN}$$



Moment:

$$\begin{aligned} \text{Comb.1:} \quad M_{Ed} &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{2} \times 10,8 \times 0,8^2 &= 3,5 \\ &= F \cdot L = 27 \times 0,8 &= 21,6 \\ &= F \cdot L = 7,5 \times 0,8 &= \underline{6,0} \\ &&31,1 \text{ kNm (maatgevend)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Comb.2:} \quad M_{Ed} &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{2} \times 10,8 \times 0,8^2 &= 3,5 \\ &= F \cdot L = 27 \times 0,8 &= 21,6 \\ &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{2} \times 13,5 \times 0,8^2 &= \underline{4,3} \\ &&29,4 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Wapening:

$$D = 200 - 40 - 8 - \frac{1}{2} \times 8 = 148 \text{ mm}$$

$$f_{cd} = 20 \text{ N/mm}^2$$

$$b = 1,6 \text{ m}$$

$$K = 21,7$$

$$M_{Ed} / (f_{cd} \times b \times d^2) = 31,1 / (20 \times 1,6 \times 0,148^2) = 44 \blacktriangleright 100. K \cdot \rho_1 = 4,56; \rho_1 = 4,56 / (21 \times 100) = 0,00217$$

$$A_{s,ber} = \rho_1 \times b \times d = 0,00217 \times 1600 \times 148 = 514 \text{ mm}^2 / 1,6 \text{ m} = 321 \text{ mm}^2/\text{m}^1. \text{ Toepassen } \varnothing 10-150,$$

$$A_{s,toe} = 524 \text{ mm}^2/\text{m}^1.$$

De dwarskracht t.g.v. de optredende krachten heeft geen invloed op de plaat.



6 Funderingsadvies

6.1. Normen en richtlijnen

Eurocode 7.1: Geotechnisch ontwerp van constructies, NEN 9997-1:2016 (NEN-EN1997-1 + nationale bijlage en aanvullende bepalingen).

6.2. Sonderingen

Van de locatie zijn een drietal grondonderzoeken beschikbaar:

Documentnummer	Omschrijving	Revisie	Datum
61172009	GB-1 (IJB rapport Bodemonderzoek)		15-09-2017

De grondonderzoeken zijn in bijlage C opgenomen.

6.3. Rekenprogrammatuur

Het draagvermogen is bepaald middels van het programma D-foundations versie 16.1 van Deltares systems.

6.4. Grondopbouw

De hoogteligging van het maaiveld is circa 1,39m +NAP.

De aangehouden globale laagopbouw is als volgt:

- toplaag: direct onder maaiveld bevindt zich een zanderige laag van circa 1,5 á 2,0m dik;
- direct onder de zandlaag bevindt zich een klei laag van circa 1,2m dik;
- Na de klei laag: vanaf circa 1,7m -NAP bevindt zich de zandlaag waarin de palen gefundeerd worden.

De paalberekening is terug te vinden in bijlage B. Er is gekozen voor betonschroefpaal met verloren punt met afmeting Ø380/450 mm en een maximale inheidiepte van 5,00 -m N.A.P.

Uitgegaan wordt van een paalafmeting Ø380 mm, vanwege de beperkte horizontale krachten wordt er geen horizontale bedding voor de palen bepaald. In de Scia berekening is gebruik gemaakt van een horizontale veer gelijk aan $1/15$ * verticale veer.

- $K_v = 48.300 \text{ kN/m}^1$
- $K_h = 1/15 * 48.300 = 3200 \text{ MN/m}^1$



6.5. Waterstanden

Er is de volgende grondwaterstand waargenomen:

- 0,73m +NAP

6.6. Uitgangspunten betonschroefpalen

In het ontwerp wordt uitgegaan van een fundering op “grondverdringende schroefpaal met verloren schroefpunt.

Bij dit paalttype wordt een stalen buis met schroefpunt op diepte gebracht middels schroeven. Hierna wordt de buis gevuld met beton en wordt de buis getrokken.

De negatieve kleef is meegenomen tot onderkant eerste slappe laag.

Paalklassefactoren “grondverdringende schroefpaal met verloren schroefpunt”:

$$\alpha_p = 0,63$$

$$\beta = 0,83$$

$$\alpha_s = 0,009$$

$$\alpha_t = 0,009$$

Paalafmeting: Ø380 / 450 (diameter schacht / diameter schroefpunt)

6.7. Paalpuntniveau en draagkrachtpaalfundering

6.7.1. Palen t.b.v. Slibbuffer

Voor de fundering zijn de volgende sonderingen relevant:

- Sondering 1;
- Sondering 2;

2 sonderingen, niet stijf bouwwerk

$$\xi_3 = 1,32$$

$$\xi_4 = 1,32$$



De palen worden vanaf maaiveld aangebracht, hierna wordt ontgraven tot 0,5m onder onderkant funderingsbalk. Onderkant funderingsbalk = 0,79m +NAP, ontgravingsniveau is 0,5m extra dus 0,29m +NAP. Onder de fundatie zijn in totaal 12 palen toegepast, 4 paal in het midden van de vloer en de rest onder de funderingsbalken. De het inheinvlo van de palen ligt op 5,00m –N.A.P..

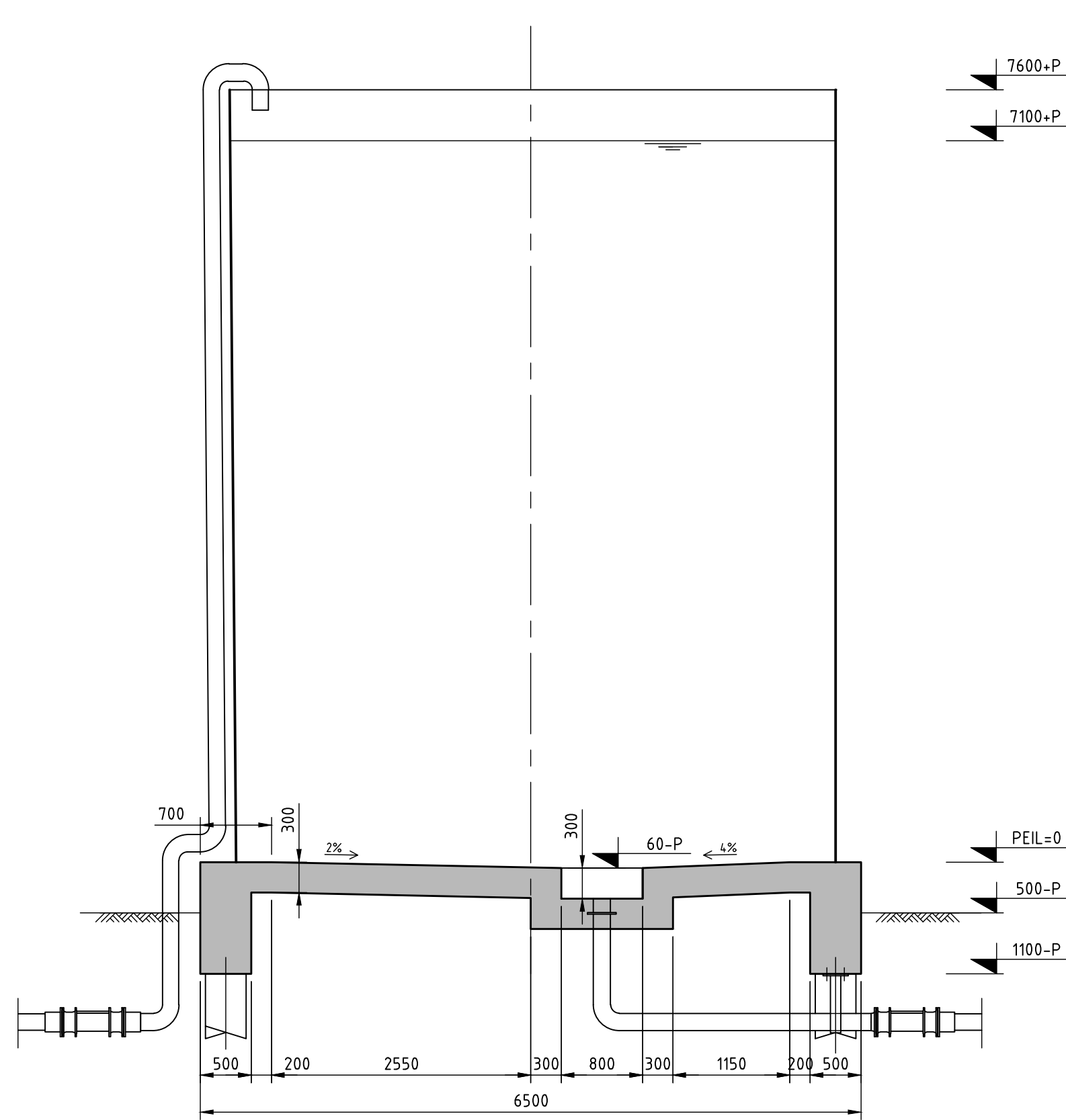
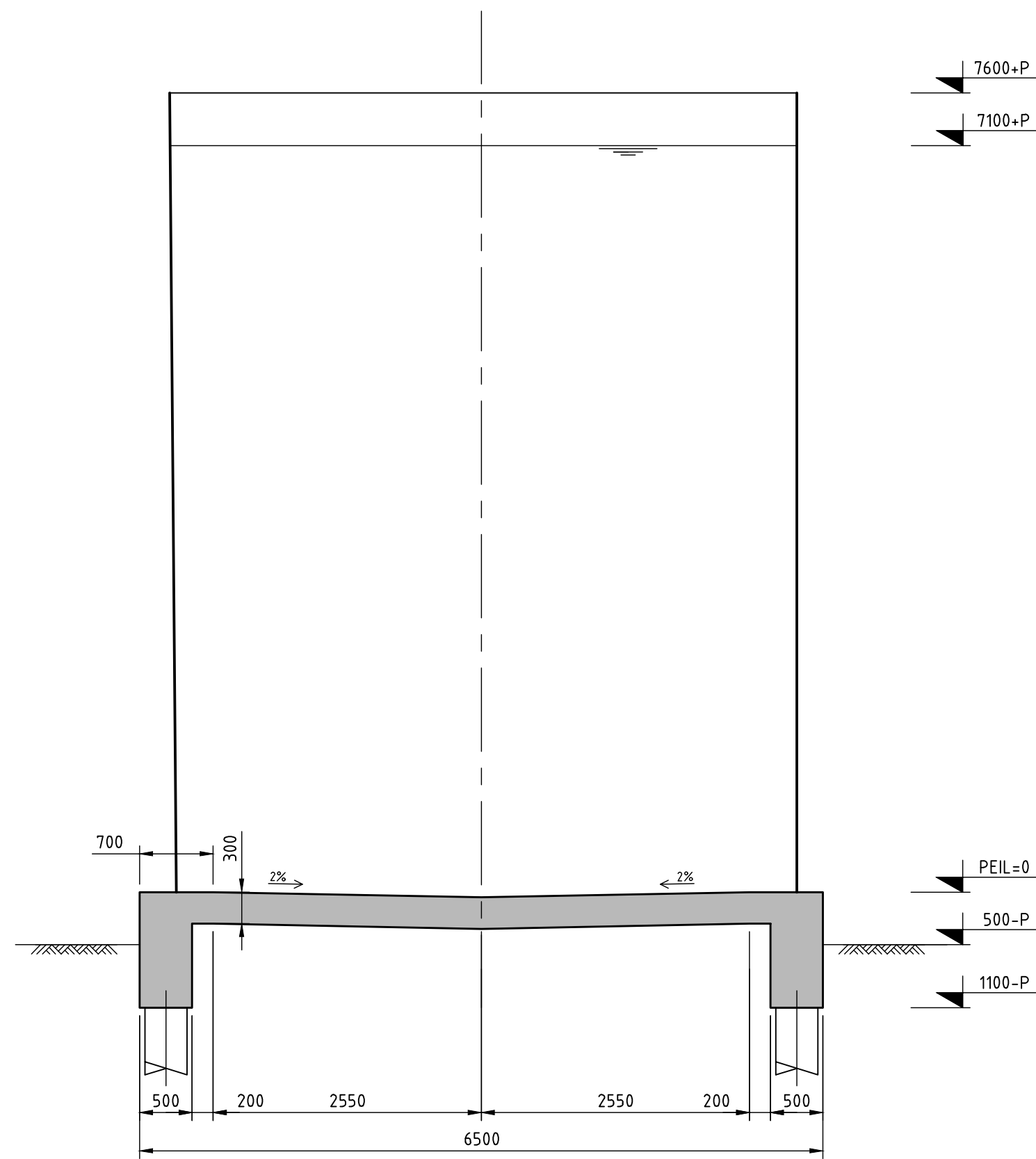
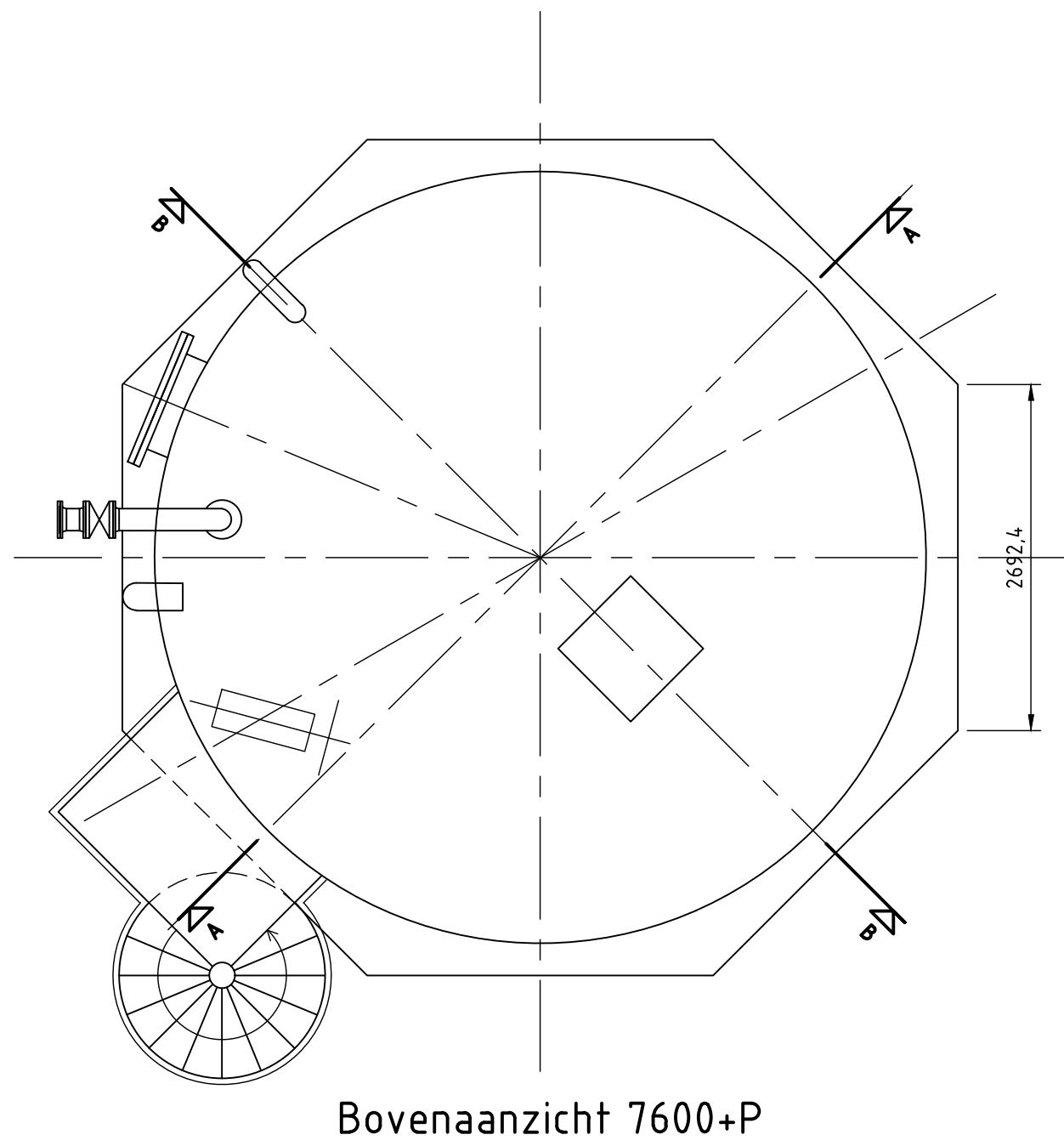
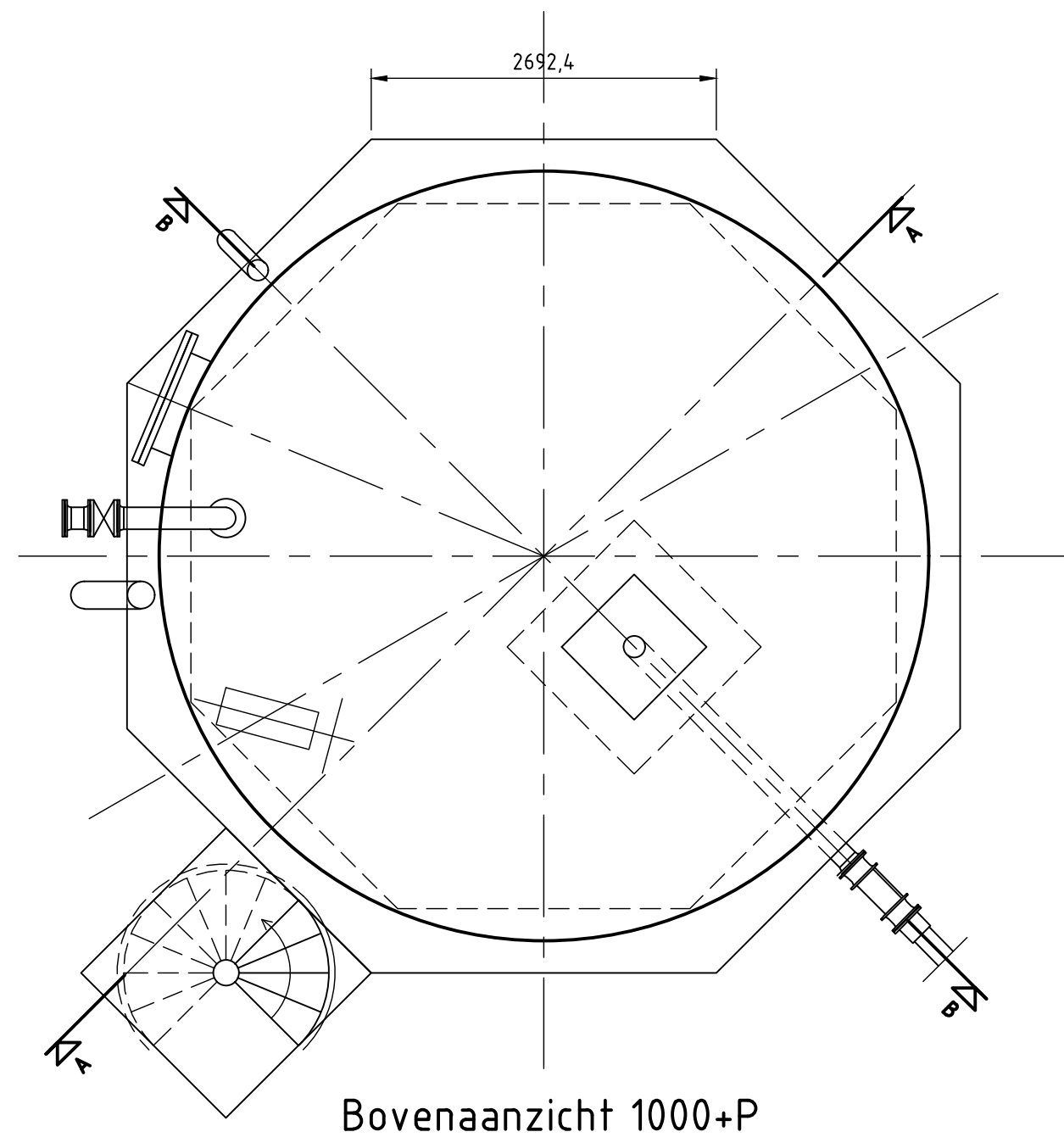
Voor het draagvermogen van palen wordt verwezen naar de D-foundation berekening bijlage B.

Maatgevende sondering	Paaldiameter [mm]	Paalpuntniveau [m + NAP]	$F_{c,d}$ [kN] (paalreactie)	$R_{c,d}$ [kN] (draagvermogen)	Toets
S2	380/450	-5,00	348	491	Voldoet




BIJLAGEN

A. Overzicht Opstellingstekening Slibbuffer.



VOORLOPIG

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
REV.	DATUM	OMSCHRIJVING REVISIE			GETEKEND	GECONTR.	GEZIEN		
PROJECT VERVANGEN CENTRIFUGES RWZI ELBURG .					<div> Iv-Water Iv-Water b.v. Trapezium 322 3364 DL Sliedrecht P.O. Box 135 3360 AC Sliedrecht Nederland Telephone +31 88 943 3900 www.iv-water.nl</div>				
ONDERDEEL					OPSTELLINGSTEKENING SLIBBUFFER				
.									
OMSCHR. / VERSIE					PROJECTNR.				
DATUM: 4-10-2017		GECONTROLEERD: C. Behr			WAPA 170124				
GETEKEND: M. Bouvardt		GEZIEN: R. Schullenburg			TEKENINGNR.				
STATUS: Concept		SCHAAL: 1:50			39002				
DEZE TEKENING IS EIGENDOM VAN Iv-Water b.v. ZONDER SCHRIFTELIJKE TOESTEMMING VAN DE EIGENAAR MAG DEZE OP GEENREKELIJKE WIJZE WORDEN GEKOPIEERD OF OPENBAAR GEMAAKT.					BLADNR.				
FORMAT: A1					1 VAN 1				



B. Grondonderzoek / D-foundation berekening.


Rapportage

Geotechnisch Bodemonderzoek

Project : Elburg, Industriestraat 31
Aanleg slibbuffer RWZI

Opdrachtnummer : 61172009

Opdrachtgever : IMD BV
Postbus 4134
7320 AC Apeldoorn

datum	deel rapport	omschrijving	projectleider	paraaf
15-9-2017	GB-1	-	ing. D. Boonstra	

Deze rapportage betreft het door IJB Geotechniek uitgevoerde geotechnisch bodemonderzoek.

Achtereenvolgens treft u aan:

- * toelichting op het sonderen en de specificatie van de gebruikte apparatuur
- * inmeetgegevens van de onderzoekpunten
- * eventueel beschikbare foto's van de onderzoekslocatie
- * meetresultaten
- * situatietekening

IJB totaalconcept:

Het uitvoeren van geotechnisch onderzoek is slechts één onderdeel van het IJB totaalconcept.

Na opstellen van een funderingsadvies kan binnen het totaalconcept ook de productie, levering en installatie van palen voor u worden verzorgd. Het berekenen, produceren en leggen van prefab funderingsbalken maken uw fundering compleet.

Voor meer informatie over dit rapport of andere producten en/of diensten van ons bedrijf kunt u contact opnemen met:

- ing. D. Boonstra	tel. 0514-568820
- dhr. B. Dekker	tel. 0514-568835

Bijzonderheden tijdens de uitvoering:

-

Sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO-22476-1 en ons ISO 9001 kwaliteitsstelsel.

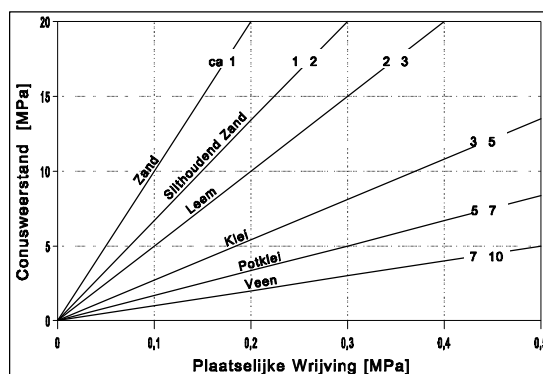
Het uitvoeren van de sonderingen geschiedt met behulp van hoogwaardige apparatuur. Op basis van de gehanteerde meetmethode en ijking van onze apparatuur kunnen al onze sonderingen ingedeeld worden in toepassingsklasse 2. Dit is met de gebruikelijke meetapparatuur in Nederland de hoogst haalbare kwaliteitsklasse. De metingen worden op onze sonderwagens uitgevoerd met het nieuwe en voor Nederland unieke optocone systeem. Dit wil zeggen dat de data uit de elektrische conus optisch worden doorgezonden naar de meetunit. Eventueel optredende ruis en daardoor meeton nauwkeurigheden welke bij een lange kabel tussen conus en meetunit kunnen optreden worden hierdoor vermeden.

Tijdens het sonderen worden naast conusweerstand, de sondeersnelheid en helling gemeten. Daar waar aangevraagd wordt ook de mantelwrijving gemeten en gepresenteerd.

De sondeergrafieken worden gepresenteerd ten opzichte van N.A.P., tenzij dit niet gewenst of niet mogelijk is. De sondeergrafiek laat de conusweerstand als functie van de diepte zien. Naarmate de grond stijver is, neemt de sondeerwaarde toe. De eenheid is megapascal, 1 MPa is gelijk aan 1 N/mm². Indien de kleefweerstand is gemeten, is deze met een gestippelde lijn in de grafiek van de conusweerstand gepresenteerd. Het wrijvingsgetal is aan de rechterkant van de grafiek gepresenteerd.

Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand, bij metingen onder de grondwaterspiegel, een beeld van de bodemopbouw. In onderstaande tabel en grafiek zijn enkele kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal weergegeven. We wijzen erop dat deze waarden indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan lokale ervaringen en/of boringen.

Grondsoort	Wrijvingsgetal
Zand	ca. 1
Silthoudend zand	1 á 2
Leem	2 á 3
Klei	3 á 5
Potklei	5 á 7
Veen	7 á 10



2.1 : Specificatie meet apparatuur

werknummer: 61172009

unit(s):

13

tracktruck, 21500 kg, 200 kN drukcapaciteit

sondeermeester(s)

JW

RA

conus nr 150702

calibratiedatum 21-06-17

punt (cm²) 15

fabrikant Geopoint

meetbereik: Punt: 100 MPa

Kleef: 0.75 MPa

Watersp: 10 MPa

$\alpha=20^\circ$

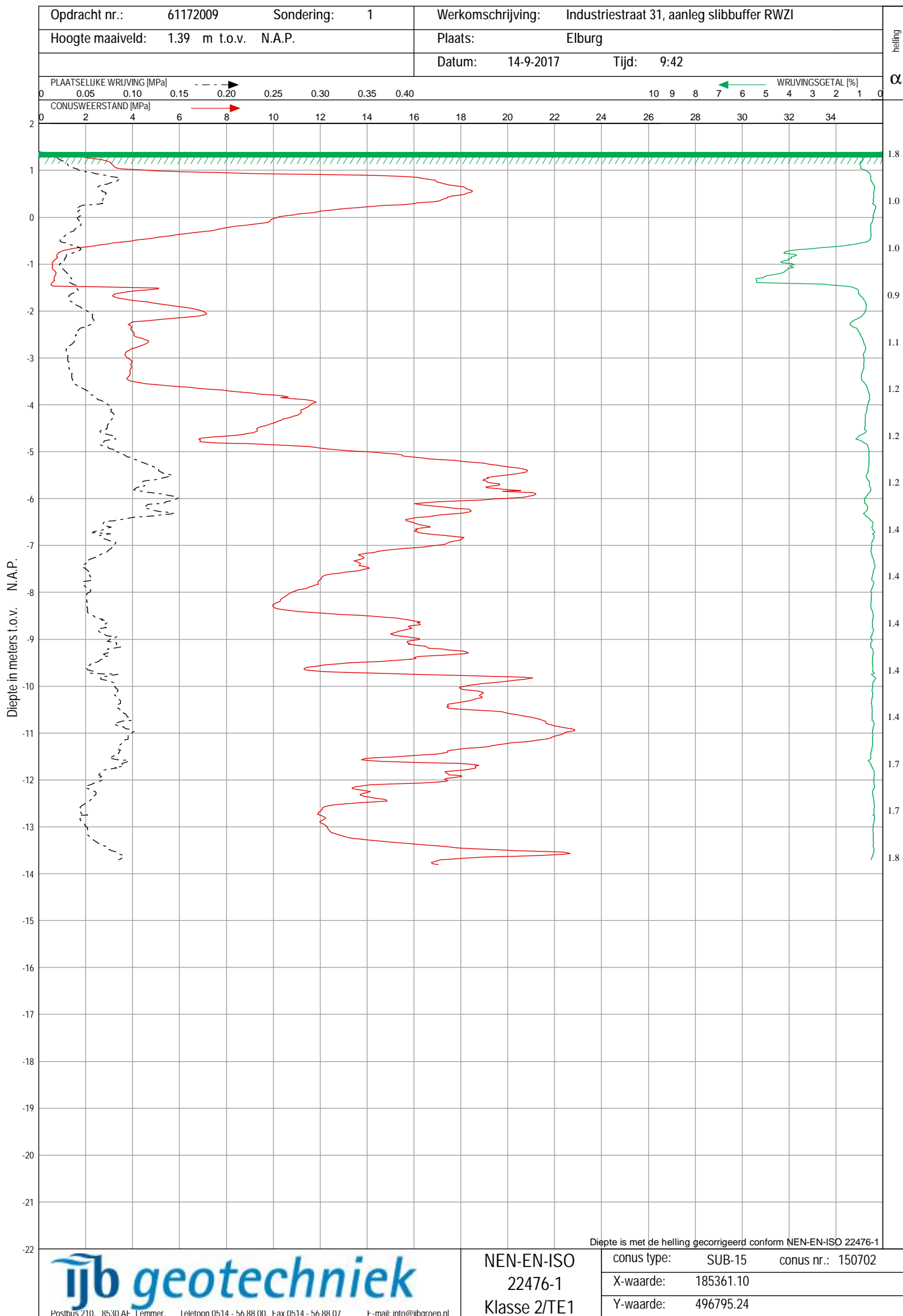
De onderzoekspunten zijn ingemeten met 06 gps apparatuur. De nauwkeurigheid van de meting is in x en y richting maximaal +/- 25 mm en in z richting +/-50 mm. De hoogtemeting van de onderzoekslocaties in het terrein zijn uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vast punt. Gerapporteerde hoogtes zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

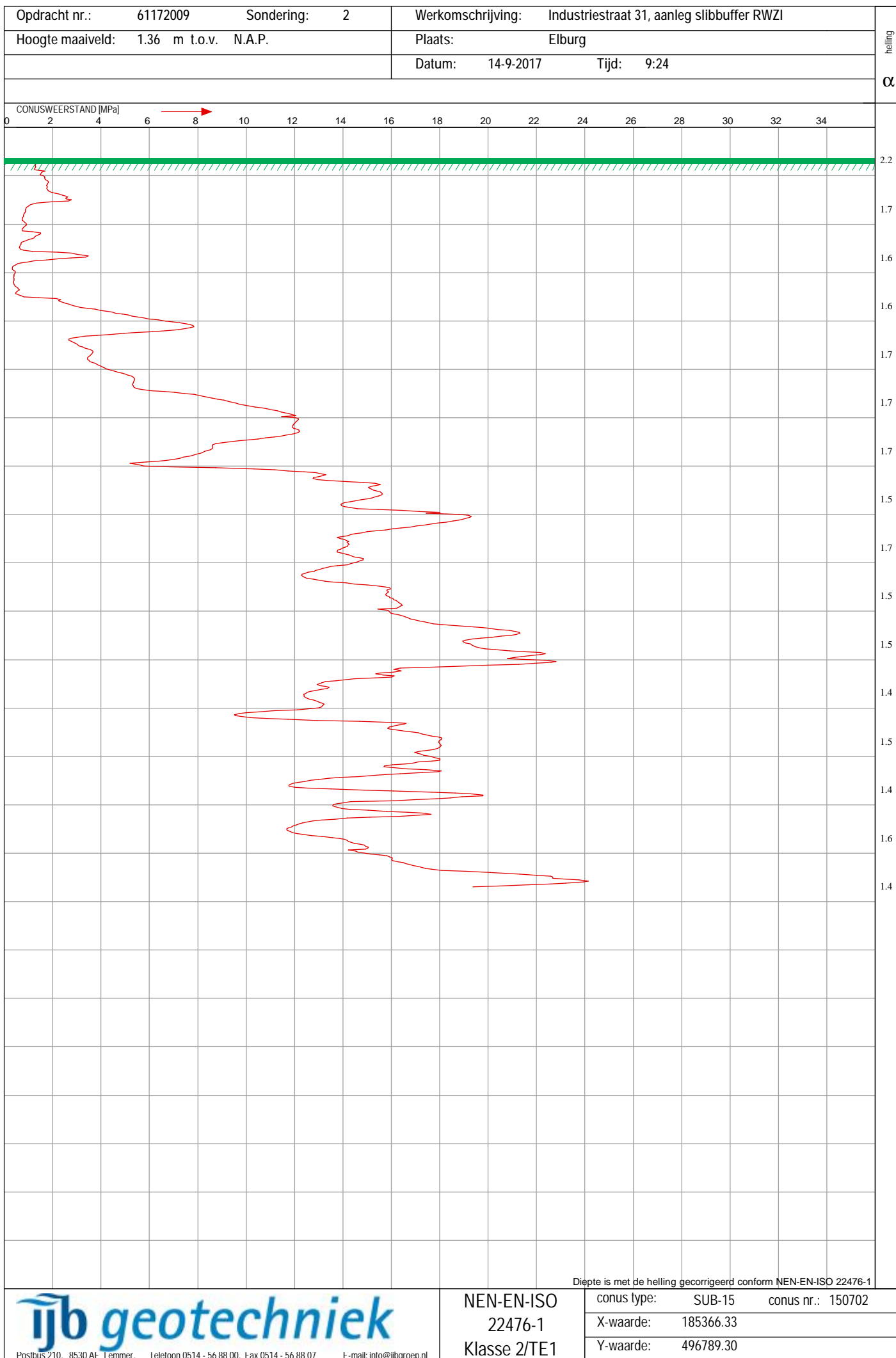
De reden waarom de sondering is beëindigd is in de kolom stopcriteria weergegeven.

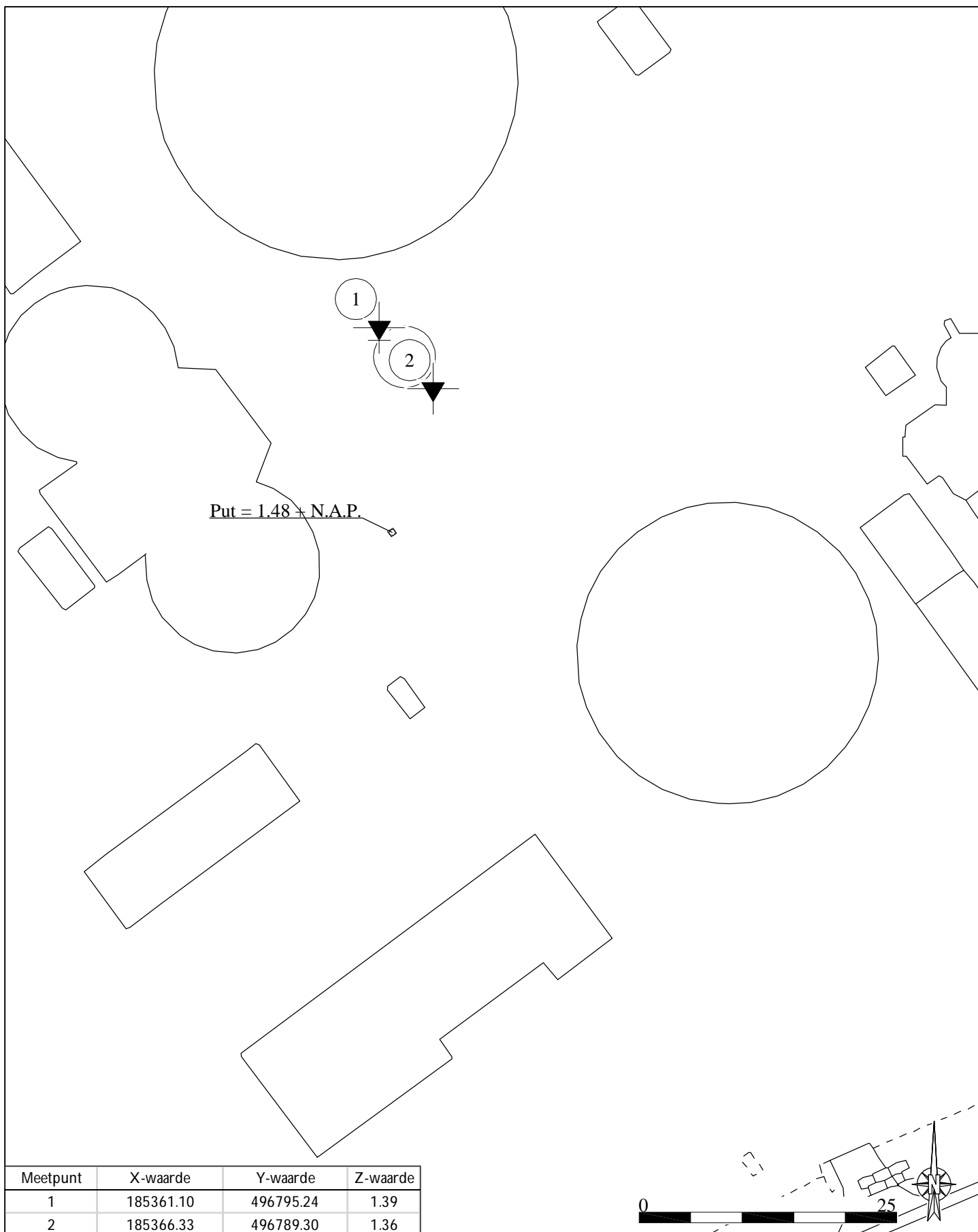
Indien tijdens het veldwerk de grondwaterstand in het sondeergat is bepaald staat deze ook vermeld. De weergegeven diepte is in meters en ten opzichte van N.A.P. Het betreft een indicatie.

Meetpnt.	X-waarde (m) in RD	Y-waarde (m) in RD	Z-waarde (m) tov NAP	Stopcriteria	Gws (m) tov NAP
1	185361.10	496795.24	1.39	einddiepte bereikt	
2	185366.33	496789.30	1.36	einddiepte bereikt	









werk : Aanleg slibbuffer RWZI a/d Industriestraat 31
 opdrachtgever: IMD BV
 opdracht nr. : 61172009
 schaal : 1:500
 vast punt : 06-GPS Z waarde = M.V. hoogte t.o.v. N.A.P.
 getekend : MB / RA
 gew. 1 :
 gew. 2 :

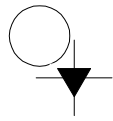
te : Elburg
 datum: 14-09-2017



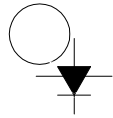
POSTBUS 210 8530 AE LEMMER TEL. 0514-568800

Legenda

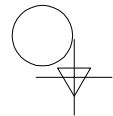
Sonderingen



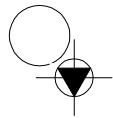
Sondering



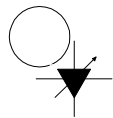
Sondering met plaatselijke kleefmeting



Niet uitgevoerde sondering



Sondering met boring

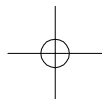


Sondering met waterspanningsmeting

Boringen



Boring



Niet uitgevoerde boring



Boring met peilbuis

Peilmerken



Put



Vast punt (dorpel, kruin weg, vloerpeil, etc)

Rapport voor D-Foundations 16.1

Ontwerp en Verificatie volgens Eurocode 7 van Strook- en Paalfunderingen
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 18-10-2017
Tijd van rapport: 11:47:49

Datum van berekening: 18-10-2017
Tijd van berekening: 11:47:12

Bestandsnaam: K:_WorkDocs\7. Constructie\Berekeningen\Geo\Paal draagvermogen

Projectbeschrijving: RWZI Elburg
Slibbuffer
D-Foundations Paal draagvermogen

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Invoergegevens	3
2.1 Algemene Invoergegevens	3
2.2 Rapportage Gegevens	3
2.3 Toepassingsgebied Model Bearing Piles	3
2.4 Bovenbouw	3
2.5 Algemene Sondeergegevens	3
2.5.1 Overzicht Sonderingen in Funderingsplan	3
2.6 Grondgegevens	4
2.6.1 Grondprofiel S1	4
2.6.2 Grondprofiel S2	4
2.7 Paaltypen	5
2.7.1 Paaltype : LostTip 450	5
2.8 Funderingsplan	6
2.8.1 Overzicht Funderingsplan	6
2.9 Ontgravingsgegevens	6
2.10 Opgegeven Parameters	7
2.11 Model Opties	7
2.12 Model Opties	7
3 Bearing Piles (EC7-NL): Resultaten van de Optie Voorontwerp-Indicatie Draagkracht	8
3.1 Fouten en waarschuwingen	8
3.2 Opmerkingen	8
3.3 Rekenparameters	8
3.3.1 Factoren Paal	8
3.3.2 Paaltype : LostTip 450	8
3.4 Overzicht Draagkracht bij Paaltype : LostTip 450	9
3.5 Samenvatting Rekenwaarde Draagkracht in kN	9

2 Invoergegevens

2.1 Algemene Invoergegevens

Model Bearing Piles (EC7-NL)

2.2 Rapportage Gegevens

Geotechnisch adviseur :
 Constructeur bovenbouw :
 Opdrachtgever :

Titel 1 : RWZI Elburg
 Titel 2 : Slibbuffer
 Titel 3 : D-Foundations Paal draagvermogen
 Nummer project :
 Locatie project :

2.3 Toepassingsgebied Model Bearing Piles

De toetsingen uitgevoerd door het model BEARING PILES van D-FOUNDATIONS hebben betrekking op paalfunderingen waarop statische of quasi-statische belastingen werken die drukkrachten in de palen veroorzaken met dien verstande dat de berekening van de paalkrachten en de vervormingen is gebaseerd op sonderingen. Eventuele rijzing van (trek-)palen en mogelijke horizontale verplaatsingen van palen zijn niet in deze toetsingen opgenomen.

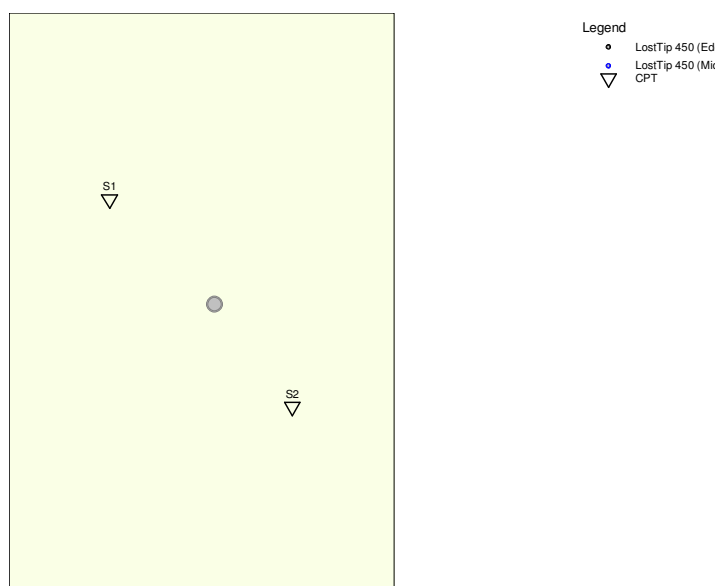
2.4 Bovenbouw

Stijfheidskarakteristiek : Slap

2.5 Algemene Sondeergegevens

Aantal sonderingen : 2
 Tijdstip sonderingen : Sondering - Ontgraving - Installatie

2.5.1 Overzicht Sonderingen in Funderingsplan



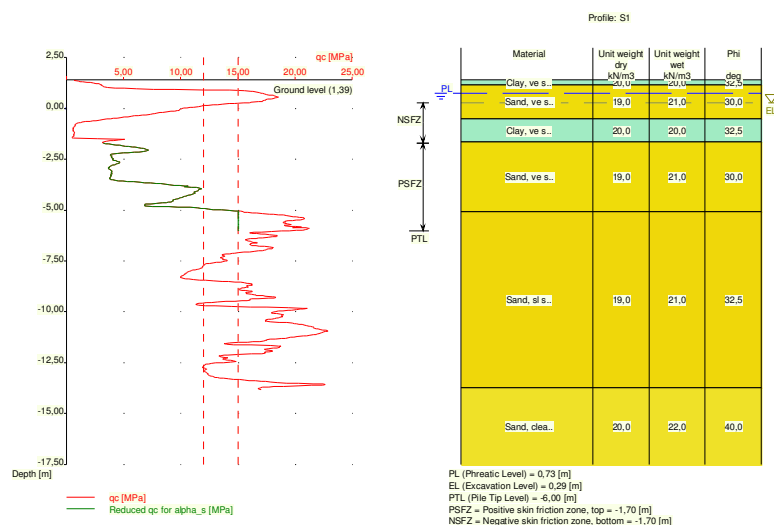
Nummer/naam sondering	Paalpunt-niveau [m R.N.]	Bovenkant pos. kleeftzone [m R.N.]	Onderkant neg. kleeftzone [m R.N.]	X-coor-dinaat [m]	Y-coor-dinaat [m]
1: S1	-6,00	-1,70	-1,70	185361,10	496795,24
2: S2	-6,00	-1,70	-1,70	185366,33	496789,30

2.6 Grondgegevens

Aantal grondprofielen (= aantal sonderingen) : 2

2.6.1 Grondprofiel S1

Behorende bij sondering S1
 Maaiveldniveau in [m. t.o.v. referentie niveau] : 1,39
 Niveau grondwaterstand in [m. t.o.v. referentie niveau] : 0,73
 Paalpuntniveau in [m. t.o.v. referentie niveau] : -6,00
 Bovenkant positieve kleeftzone in [m. t.o.v. referentie niveau] : -1,70
 Onderkant negatieve kleeftzone in [m. t.o.v. referentie niveau] : -1,70
 OCR-waarde draagkrachtige laag : 1,00
 Verwachte maaiveldzakking in [m] : 0,11
 Aantal lagen in profiel : 6

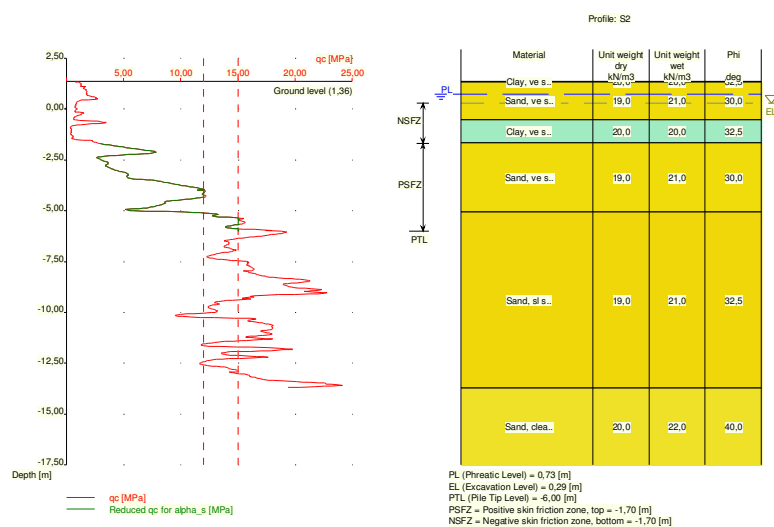


Nummer laag	Bovenkant laag [m R.N.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma;sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Grond-soort	Mediaan (Zand/Grind) [mm]
1	1,390	20,00	20,00	32,50	Klei	--
2	1,170	19,00	21,00	30,00	Zand	0,200
3	-0,530	20,00	20,00	32,50	Klei	--
4	-1,649	19,00	21,00	30,00	Zand	0,200
5	-5,069	19,00	21,00	32,50	Zand	0,200
6	-13,726	20,00	22,00	40,00	Zand	0,200

2.6.2 Grondprofiel S2

Behorende bij sondering S2
 Maaiveldniveau in [m. t.o.v. referentie niveau] : 1,36

Niveau grondwaterstand in [m. t.o.v. referentie niveau] :	0,73
Paalpuntniveau in [m. t.o.v. referentie niveau] :	-6,00
Bovenkant positieve kleefzone in [m. t.o.v. referentie niveau] :	-1,70
Onderkant negatieve kleefzone in [m. t.o.v. referentie niveau] :	-1,70
OCR-waarde draagkrachtige laag :	1,00
Verwachte maaiveldzakking in [m] :	0,11
Aantal lagen in profiel :	6



Nummer laag	Bovenkant laag [m R.N.]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [deg]	Grond-soort	Mediaan (Zand/Grind) [mm]
1	1,360	20,00	20,00	32,50	Klei	--
2	1,340	19,00	21,00	30,00	Zand	0,200
3	-0,530	20,00	20,00	32,50	Klei	--
4	-1,649	19,00	21,00	30,00	Zand	0,200
5	-5,069	19,00	21,00	32,50	Zand	0,200
6	-13,726	20,00	22,00	40,00	Zand	0,200

2.7 Paaltypen

2.7.1 Paaltipe : LostTip 450

Paaltipe :

Eigen paaltipe (trillings-arm)

Paaltipe voor bepaling uitvoeringsfactor α_s in zand/grind:
In de grond gevormde geschroefde paal met verloren punt

Paaltipe voor bepaling uitvoeringsfactor α_s in klei/leem/veen:
 α_s klei/leem/veen volgens tabel 7f, NEN-EN paragraaf 7.6.2.3
NEN-EN 9997-1 (i)
Hierbij is de α_s afhankelijk van de grondsoort en relatieve diepte.

Paaltipe voor bepaling paalklasse factor α_p :
In de grond gevormde groutschil rond buis

Paaltipe voor gebruik in last-/zakingsdiagrammen :

1

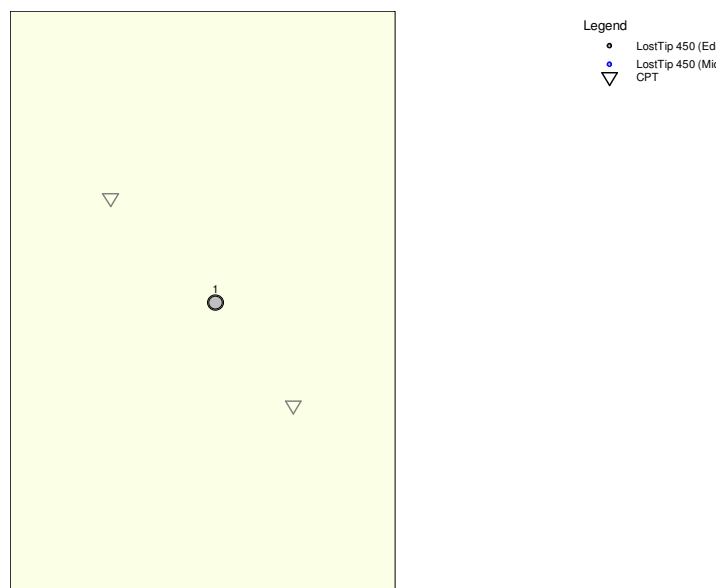
Materiaaltype paal : Beton
 Gladheidsbehandeling voor paal : Geen gladheidsbehandeling
 Paalvorm : Ronde paal met verloren punt
 beta (Paalvoetvormfactor) conform figuur 7i, NEN-EN 9997-1:2012.
 s (factor voor de invloed vorm dwarsdoorsnede paalvoet) conform NEN-EN 9997-1:2012.

Paalafmetingen :
 Diameter punt [m] : 0,450
 Diameter schacht [m] : 0,380
 Effectieve hoogte paalvoet [m] : 0,000

2.8 Funderingsplan

Aantal palen : 1
 Aantal samenwerkende palen* : 1
 * : 0 = niet ingevoerd, 1 = slappe bovenbouw, >1 = stijve bovenbouw

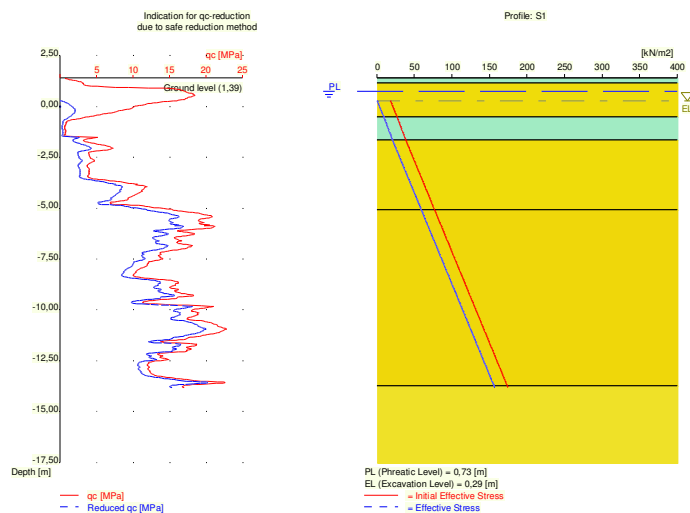
2.8.1 Overzicht Funderingsplan



Paal nr/naam	X-coor- dinaat [m]	Y-coor- dinaat [m]	Fc;d (STR/GEO) [kN]	Fc;d (BGT) [kN]	P0 [kN/m2]	Paalkop- niveau [m R.N.]
1: 1	185364,10	496792,24	700,00	570,00	0,00	0,00

2.9 Ontgravingsgegevens

Niveau ontgraving in [m. t.o.v. referentie niveau] : 0,29
 Reductie model : Safe (NEN)



2.10 Opgegeven Parameters

Opgegeven ksi3-factor [-] : 1,32
 Opgegeven ksi4-factor [-] : 1,32

2.11 Model Opties

Gebruik paalgroep bij negatieve kleeft (standaard)
 Gebruik tussenresultaten file
 Pas reductie toe bij avegaar (standaard)
 Gebruik de invloed van ontgravingen (standaard).

2.12 Model Opties

Geselecteerde paaltypen :
 -LostTip 450

Geselecteerde profielen :
 -S1
 -S2

Traject
 -begin [m] : -4,00
 -eind [m] : -7,00
 -interval [m] : 0,25

3 Bearing Piles (EC7-NL): Resultaten van de Optie Voorontwerp-Indicatie Draagkracht

3.1 Fouten en waarschuwingen

Waarschuwing : De ksi_3 (NEN-EN 1997-1:2005 NEN-EN 9997-1, bijlage A) is door de gebruiker zelf is door de gebruiker zelf opgegeven. Een onderbouwing van de van de NORM afwijkende waarde dient te worden bijgevoegd.
 Waarschuwing : De ksi_4 (NEN-EN 1997-1:2005 NEN-EN 9997-1, bijlage A) is door de gebruiker zelf is door de gebruiker zelf opgegeven. Een onderbouwing van de van de NORM afwijkende waarde dient te worden bijgevoegd.
 Grondprofiel S1

Waarschuwing : Het laagste paalkopniveau ligt onder het maaiveld. De maximale waarde van het niveau van de bovenkant van de kleefzones wordt daarom 0,00 m t.o.v. referentieniveau.

Grondprofiel S2

Waarschuwing : Het laagste paalkopniveau ligt onder het maaiveld. De maximale waarde van het niveau van de bovenkant van de kleefzones wordt daarom 0,00 m t.o.v. referentieniveau.

3.2 Opmerkingen

Het programma gaat bij de controle van het grondonderzoek, volgens NEN-EN 9997-1 art 3.2.3 lid (e), uit van het opgegeven testniveau. Het houdt geen rekening met eventueel verschillende paalpuntniveau's. Bij gebruikmaking van verschillende paalpuntniveau's dient de gebruiker zelf eventueel benodigd extra onderzoek te beoordelen.

N.B. : De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van een alleenstaande paal voor grenstoestand STR/GEO (= uiterste grenstoestand).

Bij het voorontwerp wordt namelijk altijd uitgegaan van een enkele paal. Een eventueel ingevoerd palenplan wordt niet meegenomen bij deze optie. Er wordt dus uitgegaan van een slappe constructie waarbij geen paalgroepeffecten optreden.

3.3 Rekenparameters

3.3.1 Factoren Paal

$\gamma_{a,b}$ (NEN-EN 9997-1:2012, bijlage A.6 A.7 A.8, Grenstoestand STR/GEO) :	1,20
$\gamma_{a,b}$ (NEN-EN 9997-1:2012, bijlage A.6 A.7 A.8, de Bruikbaarheidsgrenstoestand) :	1,00
$\gamma_{a,s}$ (NEN-EN 9997-1:2012, bijlage A.6 A.7 A.8, Grenstoestand STR/GEO) :	1,20
$\gamma_{a,s}$ (NEN-EN 9997-1:2012, bijlage A.6 A.7 A.8, de Bruikbaarheidsgrenstoestand) :	1,00
ksi_3 (naar eigen opgave) :	1,32
ksi_4 (naar eigen opgave) :	1,32

3.3.2 Paaltype : LostTip 450

Paaltype : Eigen paaltype (trillings-arm)

Paaltype voor bepaling uitvoeringsfactor α_s in zand/grind:
 In de grond gevormde geschroefde paal met verloren punt

Paaltype voor bepaling uitvoeringsfactor α_s in klei/leem/veen:
 α_s klei/leem/veen volgens tabel 7f, NEN-EN paragraaf 7.6.2.3
 NEN-EN 9997-1 (i)
 Hierbij is de α_s afhankelijk van de grondsoort en relatieve diepte.

Paaltype voor bepaling paalklasse factor α_p :
 In de grond gevormde groutschil rond buis

Paaltype voor gebruik in last-/zakingsdiagrammen : 1
 Materiaaltype paal : Beton

Gladheidsbehandeling voor paal :	Geen gladheidsbehandeling
Paalvorm :	Ronde paal met verloren punt
beta (Paalvoetvormfactor; figuur 7i, NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(g); NEN-EN 9997-1) :	0,83
s (NEN-EN 1997 1:2005 par. 7.6.2.3(h), NEN-EN 9997-1 : factor voor invloed vorm dwarsdoorsnede paalvoet) :	1,00
Paalafmetingen :	
Diameter punt [m] :	0,450
Diameter schacht [m] :	0,380
Effectieve hoogte paalvoet [m] :	0,000

Sondering	Alpha_s Zand/ Grind	Alpha_s Klei/Leem Veen	Alpha_p
S1	0,0090	--	0,6300
S2	0,0090	--	0,6300

3.4 Overzicht Draagkracht bij Paaltype : LostTip 450

Sondering	PPN [m R.N.]	Rb;cal;max [kN]	Rs;cal;max [kN]	Rc;cal;max [kN]	Rc;d [kN]	F;nk;rep [kN]	Fnk;d [kN]	Rc;net;d [kN]
S1	-4.00	403	107	510	322	6	6	316
S1	-4.25	407	133	540	341	6	6	335
S1	-4.50	410	156	566	357	6	6	351
S1	-4.75	563	176	739	467	6	6	461
S1	-5.00	804	200	1004	634	6	6	628
S1	-5.25	845	238	1083	684	6	6	678
S1	-5.50	818	278	1096	692	6	6	686
S1	-5.75	827	319	1146	723	6	6	717
S1	-6.00	790	359	1149	725	6	6	719
S1	-6.25	755	399	1154	729	6	6	723
S1	-6.50	736	397	1133	715	6	6	709
S1	-6.75	743	430	1173	741	6	6	735
S1	-7.00	746	518	1264	798	6	6	792
S2	-4.00	365	119	484	306	6	6	300
S2	-4.25	363	147	510	322	6	6	316
S2	-4.50	355	173	528	333	6	6	327
S2	-4.75	375	193	568	359	6	6	353
S2	-5.00	578	209	787	497	6	6	491
S2	-5.25	700	236	936	591	6	6	585
S2	-5.50	711	269	980	619	6	6	613
S2	-5.75	736	302	1038	655	6	6	649
S2	-6.00	761	343	1104	697	6	6	691
S2	-6.25	772	384	1156	730	6	6	724
S2	-6.50	791	398	1189	751	6	6	745
S2	-6.75	810	430	1240	783	6	6	777
S2	-7.00	819	463	1282	809	6	6	803

* Rc;net;d = Rc;d - Fnk;d

3.5 Samenvatting Rekenwaarde Draagkracht in kN

Sondering	Maaiveld [m R.N.]	PPN [m R.N.]	LostTip 450 Rc;net;d [kN]
S1	1,39	-4,00	316,00
S1	1,39	-4,25	335,00
S1	1,39	-4,50	351,00
S1	1,39	-4,75	461,00
S1	1,39	-5,00	628,00
S1	1,39	-5,25	678,00
S1	1,39	-5,50	686,00
S1	1,39	-5,75	717,00
S1	1,39	-6,00	719,00

Sondering	Maaiveld [m R.N.]	PPN [m R.N.]	LostTip 450 Rc;net;d [kN]
S1	1,39	-6,25	723,00
S1	1,39	-6,50	709,00
S1	1,39	-6,75	735,00
S1	1,39	-7,00	792,00
S2	1,36	-4,00	300,00
S2	1,36	-4,25	316,00
S2	1,36	-4,50	327,00
S2	1,36	-4,75	353,00
S2	1,36	-5,00	491,00
S2	1,36	-5,25	585,00
S2	1,36	-5,50	613,00
S2	1,36	-5,75	649,00
S2	1,36	-6,00	691,00
S2	1,36	-6,25	724,00
S2	1,36	-6,50	745,00
S2	1,36	-6,75	777,00
S2	1,36	-7,00	803,00

* Rc;net;d = Rc;d - Fnk;d

Einde Rapport



C. Scia-rekenmodel; invoer/uitvoer



1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Project	2
3. Rekenmodel	3
3.1. Rekenmodel	3
3.2. Materialen	4
3.3. Knooppunten	4
3.4. Knopen	4
4. Staven	5
5. 2D-elementen	5
6. Knooppuntensteuningen	5
7. Belastingen en combinaties	6
7.1. Belastinggevallen	6
7.2. Lijnlast op 2D elementrand	6
7.3. Genereer vrije lasten	6
7.4. Vrije oppervlakte last	6
7.5. Belastinggevallen	6
7.5.1. Belastinggevallen - BG1	6
7.5.2. Belastinggevallen - BG2	8
7.5.3. Belastinggevallen - BG3	9
7.5.4. Belastinggevallen - BG4	10
7.5.5. Belastinggevallen - BG5	11
7.6. Combinaties	12
7.7. Combinatiesleutel	-1
7.8. Resultaatklassen	12
8. Resultaten	13
8.1. Vervorming	13
8.2. PLaat - Verplaatsing van knopen; Uz	13
8.3. Balk - Vervormingen van staaf; uz	13
8.4. Paalreacties	14
8.4.1. Reacties - BGT's	14
8.4.2. Reacties - UGT's	14
8.4.3. Reacties; Rz - UGT's	16
8.5. Plaat - Snedekrachten	17
8.5.1. 2D element - Moment; mxD+	17
8.5.2. 2D element - Moment; myD+	17
8.5.3. 2D element - Moment; mxD-	18
8.5.4. 2D element - Moment; myD-	18
8.5.5. 2D element - Moment; vx	19
8.5.6. 2D element - Moment; vy	19
8.5.7. Ponskracht; Fd	20
8.6. Balk - Snedekrachten	20
8.6.1. Interne krachten in staaf; BGT's	20
8.6.2. Interne krachten in staaf; UGT's	20
8.6.3. Interne krachten in staaf; My	22
8.6.4. Interne krachten in staaf; Mx	23
8.6.5. Interne krachten in staaf; Vz	24



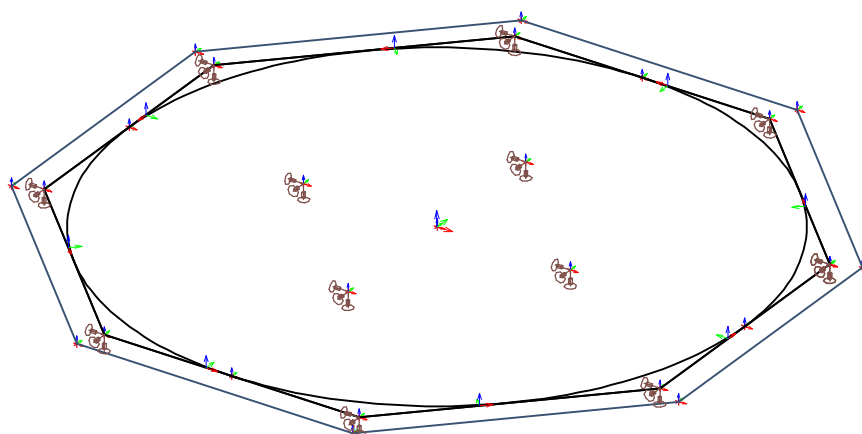
2. Project

Licentienaam	Iv-Groep
Project	Slibbuffer RWZI Elburg
Onderdeel	Fundatie
Omschrijving	Berekening Fundatie
Auteur	CPo
Datum	18. 10. 2017
Nationale norm	EC - EN
Nationale Bijlage	Standaard EN
Constructie	Algemeen XYZ
Functionaliteit	Initiële spanning, Constructiemodel, Document
Aantal knopen :	26
Aantal staven :	8
Aantal platen :	1
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	1
Aantal belastingsgevallen :	5
Aantal gebruikte materialen :	1
Projectbestandsnaam	Scia-model.esa
Project bestandspad	K:_WorkDocs\7. Constructie\Berekeningen\Scia\
Gravitatieversnelling [m/s ²]	10,000



3. Rekenmodel

3.1. Rekenmodel





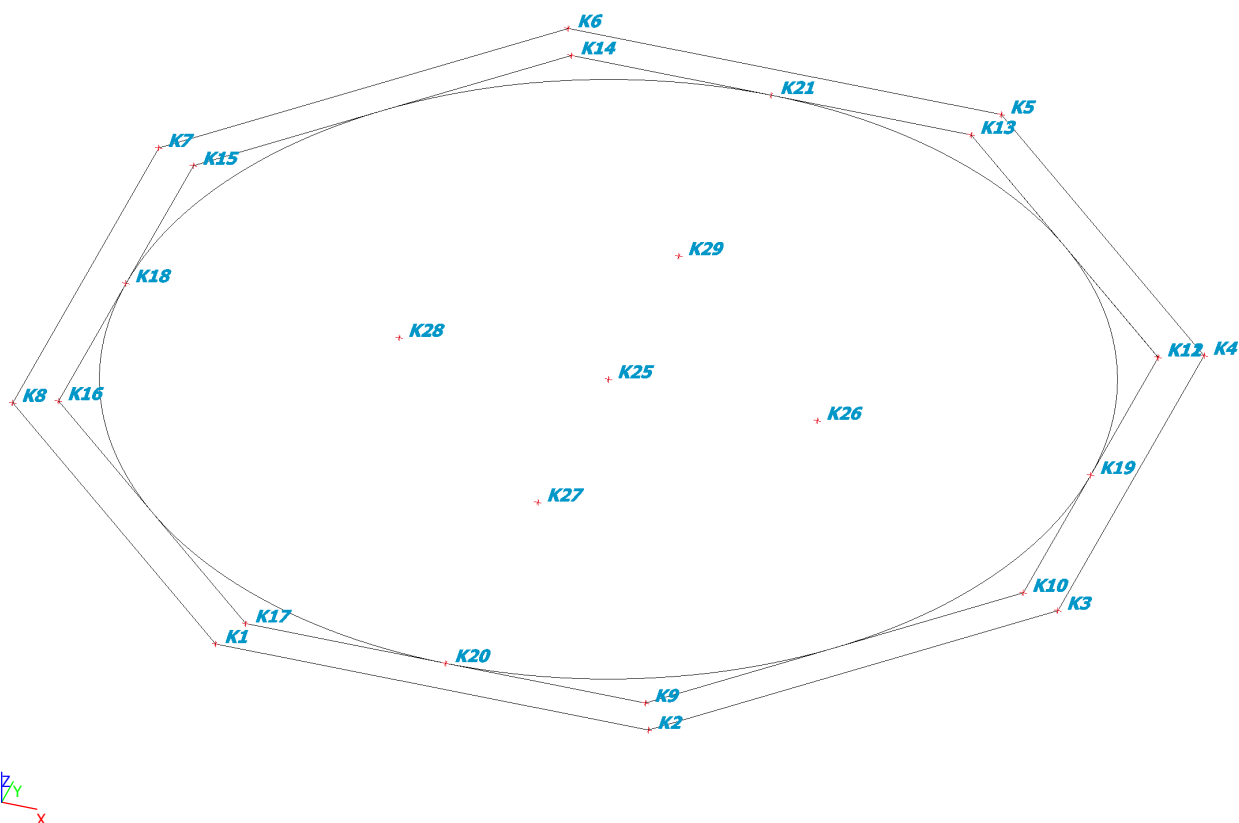
3.2. Materialen

Beton EC2

Beton EC2

Naam	Type	Massa eenheid [kg/m³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cylinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	2500,0	1,1000e+04	0.2	0,00	30,00

3.3. Knoopnummers



3.4. Knopen

Naam	Coördinaat X [mm]	Coördinaat Y [mm]	Coördinaat Z [mm]
K1	-1346	-3250	0
K2	1346	-3250	0
K3	3250	-1346	0
K4	3250	1346	0
K5	1346	3250	0
K6	-1346	3250	0
K7	-3250	1346	0
K8	-3250	-1346	0
K9	1243	-3000	0
K10	3000	-1243	0
K11	3000	1243	0
K12	2999	1243	0
K13	1243	3000	0
K14	-1243	3000	0
K15	-3000	1243	0
K16	-3000	-1243	0
K17	-1243	-3000	0
K18	-3000	0	0
K19	3000	0	0
K20	0	-3000	0
K21	0	3000	0
K25	0	0	0
K26	1300	0	0
K27	0	-1300	0
K28	-1300	0	0
K29	0	1300	0



4. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [mm]	Beginknoop	Eindknoop	Type
Balk-1	Randbalk - Rechthoek (800; 500)	C30/37	2485	K17	K9	Algemeen (0)
Balk-2	Randbalk - Rechthoek (800; 500)	C30/37	2485	K9	K10	Algemeen (0)
Balk-3	Randbalk - Rechthoek (800; 500)	C30/37	2485	K10	K11	Algemeen (0)
Balk-4	Randbalk - Rechthoek (800; 500)	C30/37	2485	K11	K13	Algemeen (0)
Balk-5	Randbalk - Rechthoek (800; 500)	C30/37	2485	K13	K14	Algemeen (0)
Balk-6	Randbalk - Rechthoek (800; 500)	C30/37	2485	K14	K15	Algemeen (0)
Balk-7	Randbalk - Rechthoek (800; 500)	C30/37	2485	K15	K16	Algemeen (0)
Balk-8	Randbalk - Rechthoek (800; 500)	C30/37	2485	K16	K17	Algemeen (0)

5. 2D-elementen

Naam	Laag	Type	Rekenmodel	Materiaal	Dikte type	D. [mm]
Plaats -1	Betonvloer	vloer (90)	Standaard	C30/37	constant	300

6. Knoopondersteuning

Naam	Restrictie	Type	X	Stijfheid X [kN/m]	Y	Stijfheid Y [kN/m]	Z	Stijfheid Z [kN/m]	Rx	Ry	Rz	Standaard a [mm]	Knoop	Systeem
Sn1	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K17	GCS
Sn2	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K9	GCS
Sn3	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K10	GCS
Sn4	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K11	GCS
Sn5	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K12	GCS
Sn6	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K13	GCS
Sn7	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K14	GCS
Sn8	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K15	GCS
Sn9	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K16	GCS
Sn10	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K26	GCS
Sn11	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K27	GCS
Sn12	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K28	GCS
Sn13	Gebruiker	Standaard	Verend	,2000e+03	Verend	,2000e+03	Verend	,8300e+04	Vrij	Vrij	Vrij	200	K29	GCS



7. Belastingen en combinaties

7.1. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Lastgroep	Actie type	Belastingtype	Richting	'Master' belastingsgeval
BG1	EG	LG1	Permanent	Eigen gewicht	-Z	
BG2	Perm.bel.	LG1	Permanent	Standaard		
BG3	Slib gewicht	LG1	Permanent	Standaard		
BG4	Ver.bel. dak	LG2	Variabel	Statisch		Geen
BG5	Windbel.	LG3	Variabel	Statisch		Geen

7.2. Lijnlast op 2D elementrand

Naam	Belastingsgeval	Type	Rich	Waarde - P ₁ [kN/m]	Pos x ₁	Loc	Rand
		Systeem	Verdeling	Waarde - P ₂ [kN/m]	Pos x ₂	Coör	Oors
stalen-tank.1	BG2 - Perm.bel.	Kracht LCS	Z Gelijkmatig	-5	0.000 1.000	Lengte Rela	1 Vanaf begin
stalen-tank.2	BG2 - Perm.bel.	Kracht LCS	Z Gelijkmatig	-5	0.000 1.000	Lengte Rela	1 Vanaf begin
wind.2	BG5 - Windbel.	Kracht LCS	Z Trapez	0 1	0.500 1.000	Lengte Rela	1 Vanaf begin
wind.1	BG5 - Windbel.	Kracht LCS	Z Trapez	1 0	0.000 0.500	Lengte Rela	1 Vanaf begin
wind.3	BG5 - Windbel.	Kracht LCS	Z Trapez	-1 0	0.000 0.500	Lengte Rela	1 Vanaf begin
wind.4	BG5 - Windbel.	Kracht LCS	Z Trapez	0 -1	0.500 1.000	Lengte Rela	1 Vanaf begin
LFS4	BG5 - Windbel.	Kracht LCS	X Gelijkmatig	7	0.000 0.500	Lengte Rela	1 Vanaf begin
LFS5	BG5 - Windbel.	Kracht LCS	X Gelijkmatig	7	0.500 1.000	Lengte Rela	1 Vanaf begin
LFS6	BG4 - Ver.bel. dak	Kracht LCS	Z Gelijkmatig	-2	0.000 1.000	Lengte Rela	1 Vanaf begin
LFS7	BG4 - Ver.bel. dak	Kracht LCS	Z Gelijkmatig	-2	0.000 1.000	Lengte Rela	1 Vanaf begin

7.3. Genereer vrije lasten

Naam	Belastingsgeval	2D-element	Rich	Belastingtype	Oorspronkelijke belasting	q [kN/m ²]	Systeem
			Verdeling	Type		Waarde - P [kN/m]	Locatie
GFF1	BG3 - Slib gewicht	Plaat -1	Z Gelijkmatig	Oppervlak Kracht	slib	-77	GCS Lengte

7.4. Vrije oppervlakte last

Naam	Belastingsgeval	Rich	Type	Verdeling	q [kN/m ²]	Geldigheid	Selecteer	Systeem	Locatie
slib	BG3 - Slib gewicht	Z	Kracht	Gelijkmatig	-77	Alle	Auto	GCS	Lengte

7.5. Belastingsgevallen

7.5.1. Belastingsgevallen - BG1

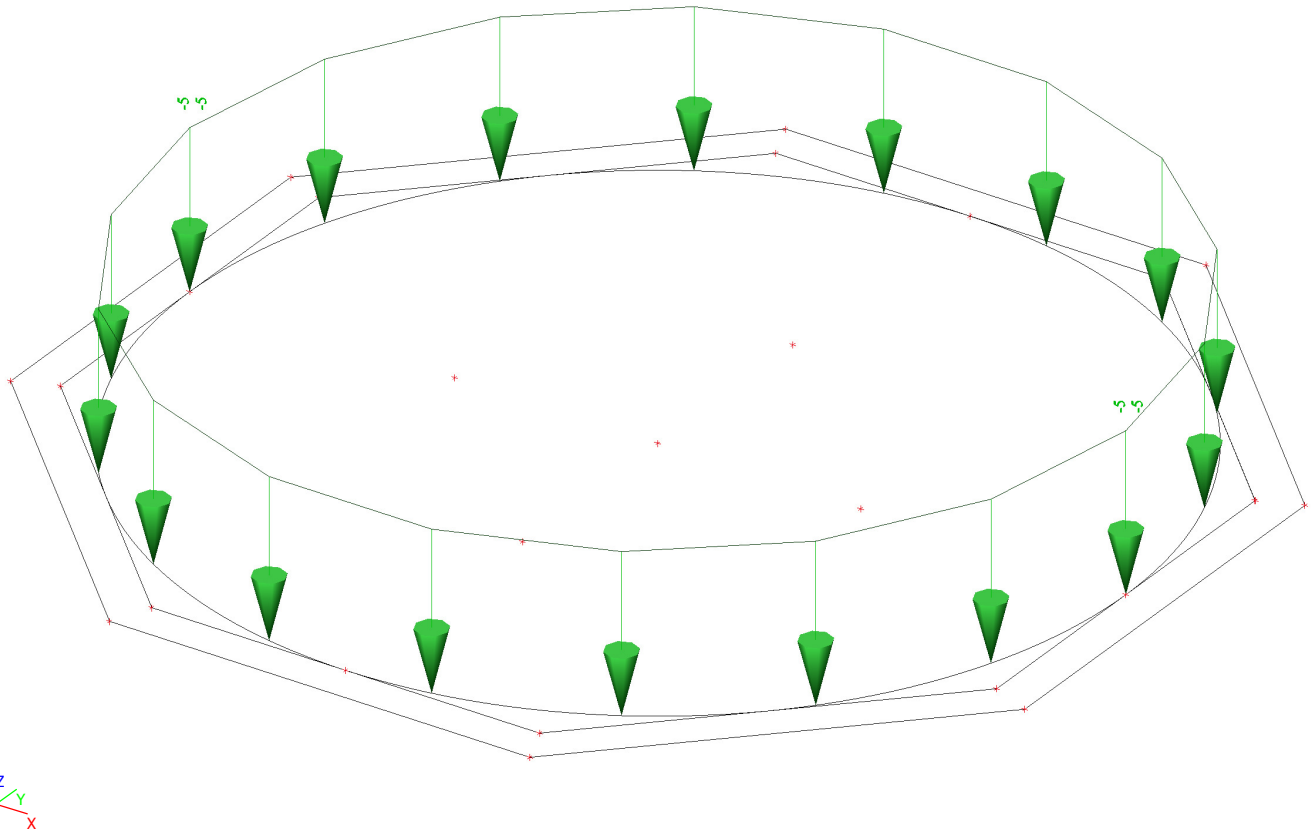
Naam	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Richting	Omschrijving
BG1	Permanent	LG1	Eigen gewicht	-Z	EG





7.5.2. Belastingsgevalen - BG2

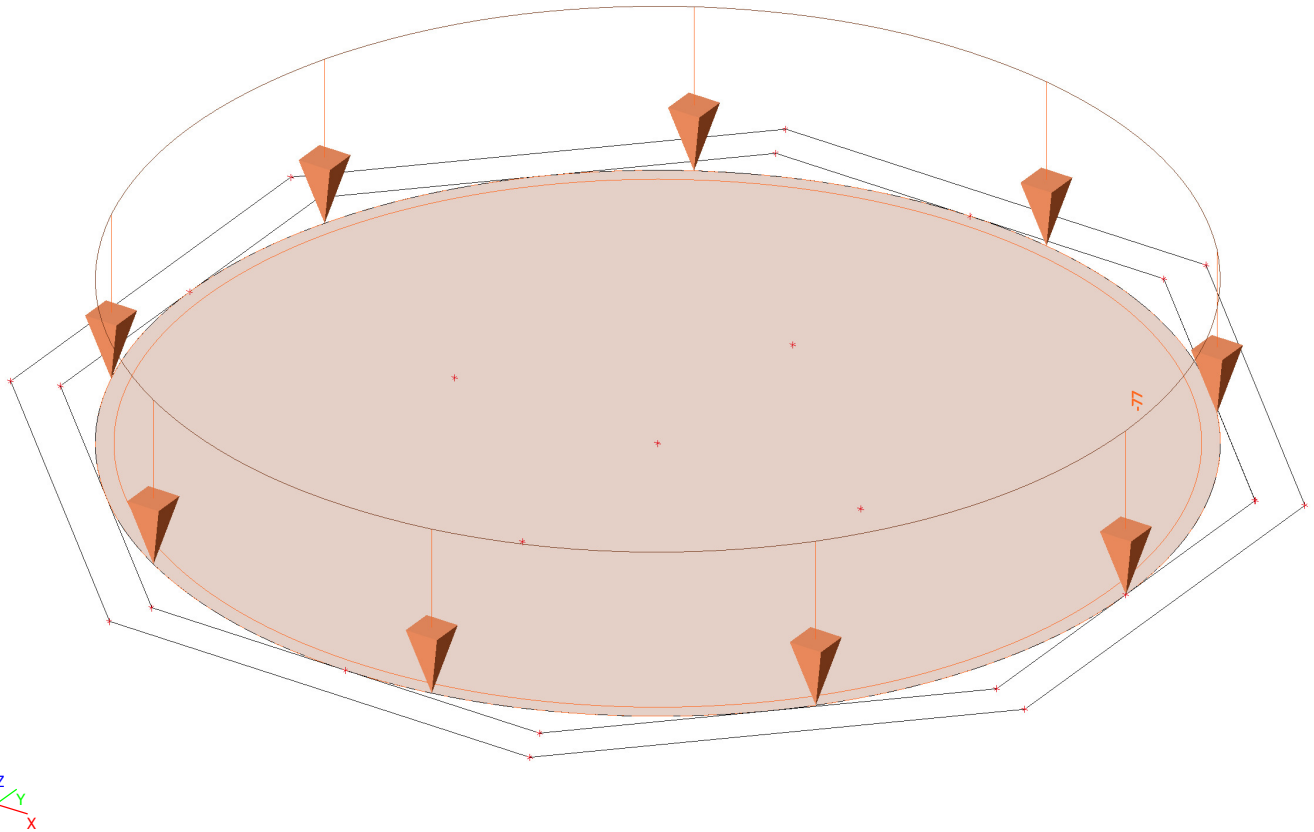
Naam	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Omschrijving
BG2	Permanent	LG1	Standaard	Perm.bel.





7.5.3. Belastingsgevallen - BG3

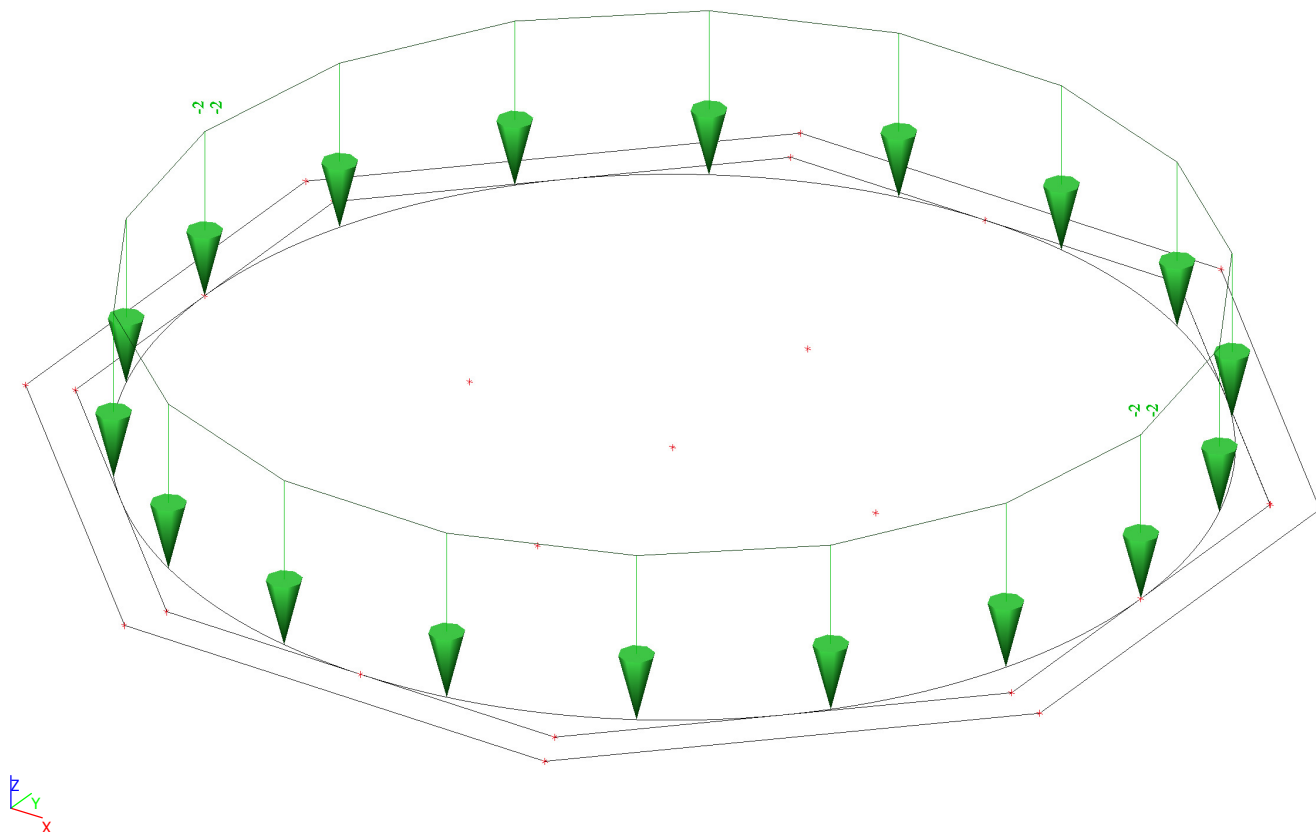
Naam	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Omschrijving
BG3	Permanent	LG1	Standaard	Slib gewicht





7.5.4. Belastingsgevallen - BG4

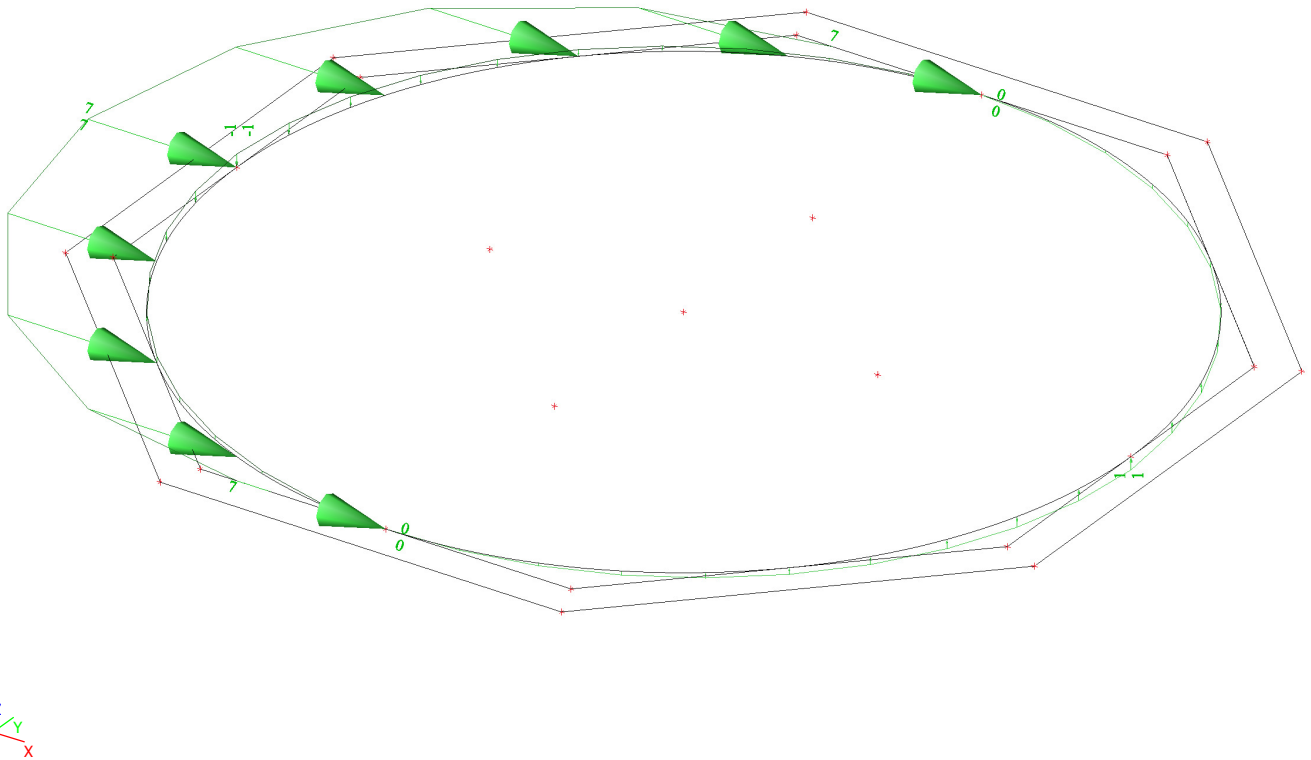
Naam	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	ster' belastingsge	Omschrijving
BG4	Variabel	LG2	Statisch	Standaard	Kort	Geen	Ver.bel. dak





7.5.5. Belastingsgevallen - BG5

Naam	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	ster' belastingsge	Omschrijving
BG5	Variabel	LG3	Statisch	Standaard	Kort	Geen	Windbel.





7.6. Combinaties

Naam	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
UGT-1	Lineair - UGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel.	1,35 1,35
UGT-2	Lineair - UGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel. BG3 - Slib gewicht	1,35 1,35 1,20
UGT-3	Lineair - UGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel. BG3 - Slib gewicht BG4 - Ver.bel. dak	1,20 1,20 1,20 1,50
UGT-4	Lineair - UGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel. BG3 - Slib gewicht BG4 - Ver.bel. dak BG5 - Windbel.	1,20 1,20 1,20 1,50 1,50
UGT-4a	Lineair - UGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel. BG3 - Slib gewicht BG4 - Ver.bel. dak BG5 - Windbel.	1,20 1,20 1,20 1,50 -1,50
UGT-5	Lineair - UGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel. BG3 - Slib gewicht BG4 - Ver.bel. dak	1,35 1,35 1,20 1,50
UGT-6	Lineair - UGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel. BG3 - Slib gewicht BG4 - Ver.bel. dak BG5 - Windbel.	1,35 1,35 1,20 1,50 1,50
UGT-6a	Lineair - UGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel. BG3 - Slib gewicht BG4 - Ver.bel. dak BG5 - Windbel.	1,35 1,35 1,20 1,50 -1,50
BGT-1	Lineair - BGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel.	1,00 1,00
BGT-2	Lineair - BGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel. BG3 - Slib gewicht	1,00 1,00 1,00
BGT-3	Lineair - BGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel. BG3 - Slib gewicht BG4 - Ver.bel. dak	1,00 1,00 1,00 1,00
BGT-4	Lineair - BGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel. BG3 - Slib gewicht BG4 - Ver.bel. dak BG5 - Windbel.	1,00 1,00 1,00 1,00 1,00
BGT-4a	Lineair - BGT	BG1 - EG BG2 - Perm.bel. BG3 - Slib gewicht BG4 - Ver.bel. dak BG5 - Windbel.	1,00 1,00 1,00 1,00 -1,00

7.8. Resultaatklassen

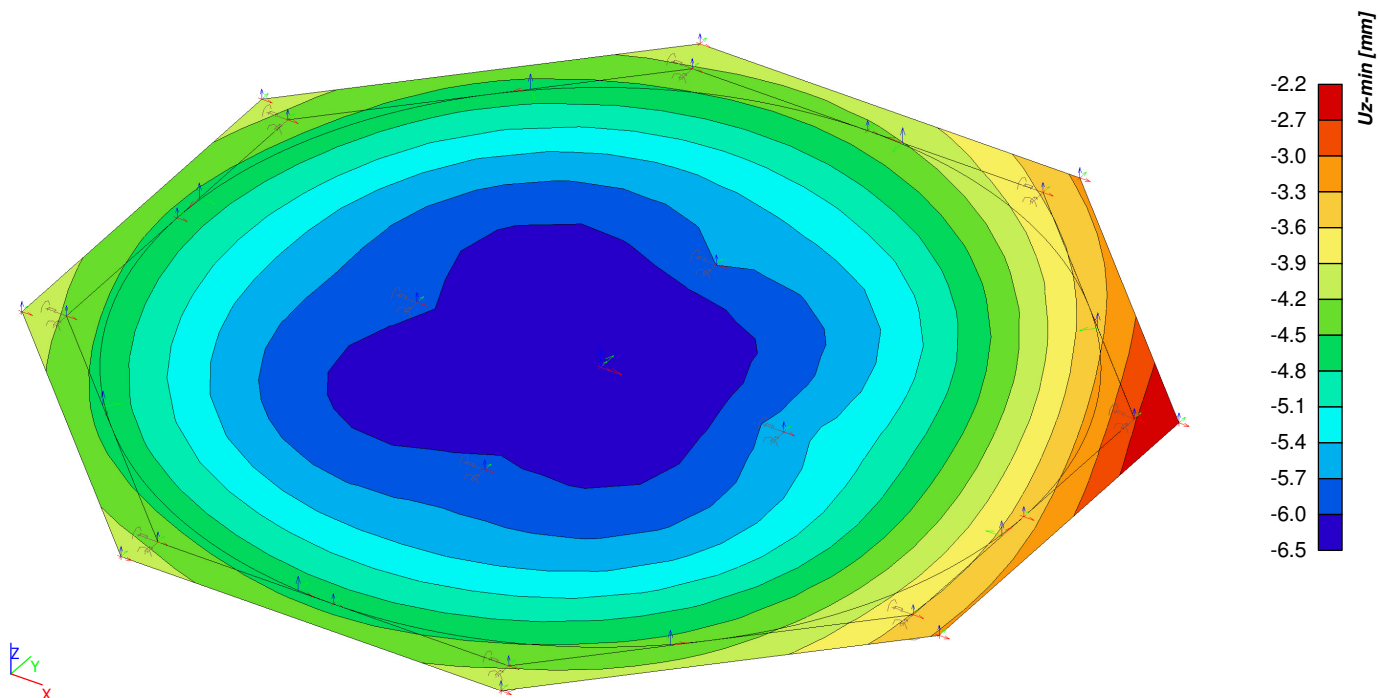
Naam	Lijst
Alle UGT	UGT-1 - Lineair - UGT UGT-2 - Lineair - UGT UGT-3 - Lineair - UGT UGT-4 - Lineair - UGT UGT-4a - Lineair - UGT UGT-5 - Lineair - UGT UGT-6 - Lineair - UGT UGT-6a - Lineair - UGT
Alle BGT	BGT-1 - Lineair - BGT BGT-2 - Lineair - BGT BGT-3 - Lineair - BGT BGT-4 - Lineair - BGT BGT-4a - Lineair - BGT



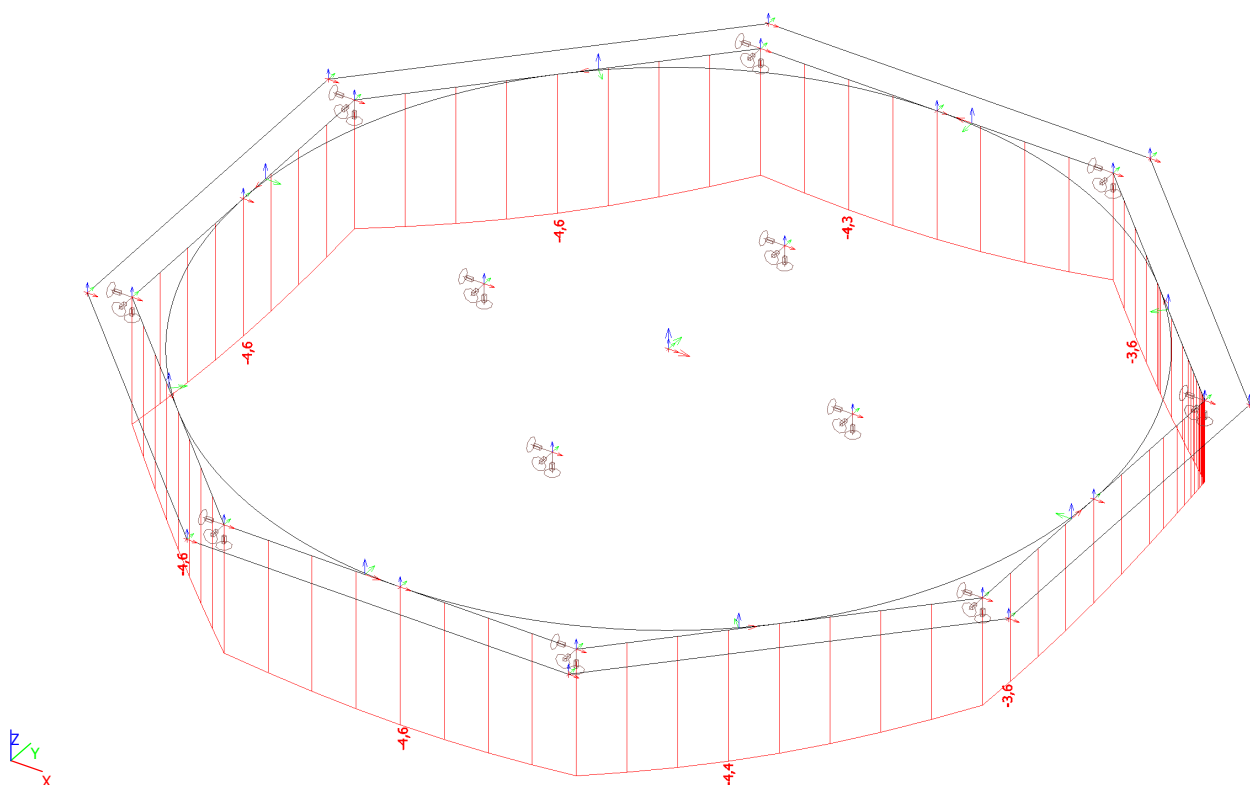
8. Resultaten

8.1. Vervorming

8.2. PLaat - Verplaatsing van knopen; Uz



8.3. Balk - Vervormingen van staaf; uz





8.4. Paalreacties

8.4.1. Reacties - BGT's

Naam	Hoofding
Reacties	Lineaire berekening, Extreem : Knoop Selectie : Alle Klasse : Alle BGT

Reacties

BG	Steunpunt	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
BGT-4/1	Sn1/K17	-5	0	207	0	0	0
BGT-4a/2	Sn1/K17	5	0	206	0	0	0
BGT-1/3	Sn1/K17	0	0	50	0	0	0
BGT-4/1	Sn2/K9	-5	0	203	0	0	0
BGT-4a/2	Sn2/K9	5	0	204	0	0	0
BGT-1/3	Sn2/K9	0	0	49	0	0	0
BGT-4/1	Sn3/K10	-5	0	172	0	0	0
BGT-4a/2	Sn3/K10	5	0	173	0	0	0
BGT-1/3	Sn3/K10	0	0	42	0	0	0
BGT-4/1	Sn4/K11	-5	0	130	0	0	0
BGT-4a/2	Sn4/K11	5	0	131	0	0	0
BGT-1/3	Sn4/K11	0	0	31	0	0	0
BGT-4/1	Sn5/K12	-5	0	130	0	0	0
BGT-4a/2	Sn5/K12	5	0	131	0	0	0
BGT-1/3	Sn5/K12	0	0	31	0	0	0
BGT-4/1	Sn6/K13	-5	0	172	0	0	0
BGT-4a/2	Sn6/K13	5	0	172	0	0	0
BGT-1/3	Sn6/K13	0	0	42	0	0	0
BGT-4/1	Sn7/K14	-5	0	204	0	0	0
BGT-4a/2	Sn7/K14	5	0	203	0	0	0
BGT-1/3	Sn7/K14	0	0	49	0	0	0
BGT-4/1	Sn8/K15	-5	0	208	0	0	0
BGT-4a/2	Sn8/K15	5	0	206	0	0	0
BGT-1/3	Sn8/K15	0	0	50	0	0	0
BGT-4/1	Sn9/K16	-5	0	205	0	0	0
BGT-4a/2	Sn9/K16	5	0	203	0	0	0
BGT-1/3	Sn9/K16	0	0	49	0	0	0
BGT-4/1	Sn10/K26	-5	0	266	0	0	0
BGT-4a/2	Sn10/K26	5	0	266	0	0	0
BGT-1/3	Sn10/K26	0	0	38	0	0	0
BGT-4/1	Sn11/K27	-5	0	282	0	0	0
BGT-4a/2	Sn11/K27	5	0	282	0	0	0
BGT-1/3	Sn11/K27	0	0	42	0	0	0
BGT-4/1	Sn12/K28	-5	0	285	0	0	0
BGT-4a/2	Sn12/K28	5	0	284	0	0	0
BGT-1/3	Sn12/K28	0	0	42	0	0	0
BGT-4/1	Sn13/K29	-5	0	275	0	0	0
BGT-4a/2	Sn13/K29	5	0	275	0	0	0
BGT-1/3	Sn13/K29	0	0	40	0	0	0

8.4.2. Reacties - UGT's

Naam	Hoofding
Reacties	Lineaire berekening, Extreem : Knoop Selectie : Alle Klasse : Alle UGT

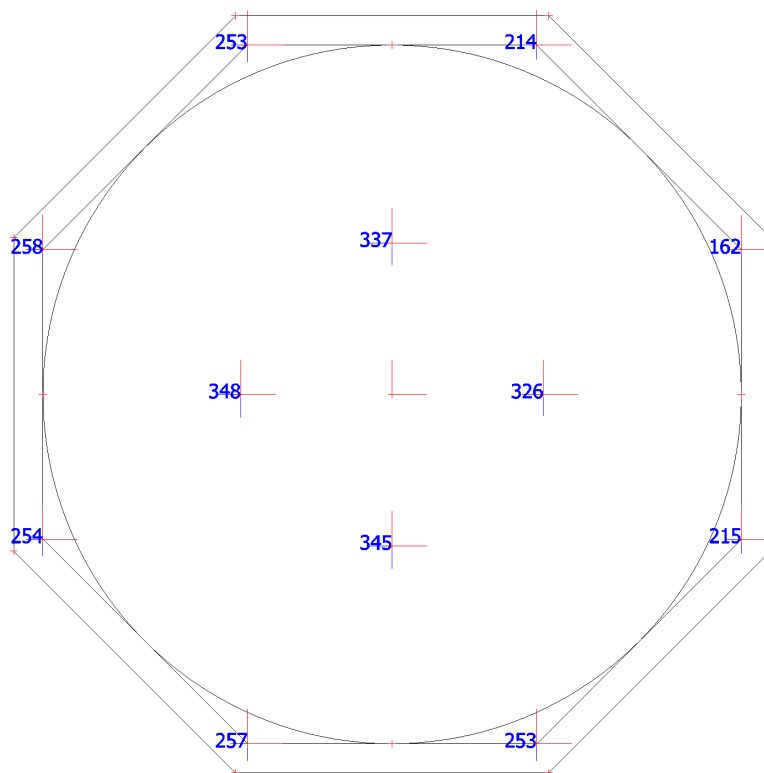
Reacties



BG	Steunpunt	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
UGT-4/2	Sn1/K17	-10	0	335	0	0	0
UGT-4a/3	Sn1/K17	10	0	334	0	0	0
UGT-1/1	Sn1/K17	0	0	83	0	0	0
UGT-6/4	Sn1/K17	-10	0	344	0	0	0
UGT-4/2	Sn2/K9	-10	0	332	0	0	0
UGT-4a/3	Sn2/K9	10	0	333	0	0	0
UGT-1/1	Sn2/K9	0	0	82	0	0	0
UGT-6a/5	Sn2/K9	10	0	342	0	0	0
UGT-4/2	Sn3/K10	-9	0	280	0	0	0
UGT-4a/3	Sn3/K10	9	0	282	0	0	0
UGT-1/1	Sn3/K10	0	0	70	0	0	0
UGT-6a/5	Sn3/K10	9	0	290	0	0	0
UGT-4/2	Sn4/K11	-9	0	202	0	0	0
UGT-4a/3	Sn4/K11	9	0	204	0	0	0
UGT-1/1	Sn4/K11	0	0	50	0	0	0
UGT-6a/5	Sn4/K11	9	0	209	0	0	0
UGT-4/2	Sn5/K12	-9	0	202	0	0	0
UGT-4a/3	Sn5/K12	9	0	204	0	0	0
UGT-1/1	Sn5/K12	0	0	50	0	0	0
UGT-6a/5	Sn5/K12	9	0	209	0	0	0
UGT-4/2	Sn6/K13	-9	0	281	0	0	0
UGT-4a/3	Sn6/K13	9	0	282	0	0	0
UGT-1/1	Sn6/K13	0	0	70	0	0	0
UGT-6a/5	Sn6/K13	9	0	289	0	0	0
UGT-4/2	Sn7/K14	-9	0	333	0	0	0
UGT-4a/3	Sn7/K14	9	0	332	0	0	0
UGT-1/1	Sn7/K14	0	0	82	0	0	0
UGT-6/4	Sn7/K14	-9	0	342	0	0	0
UGT-4/2	Sn8/K15	-9	0	336	0	0	0
UGT-4a/3	Sn8/K15	9	0	333	0	0	0
UGT-1/1	Sn8/K15	0	0	83	0	0	0
UGT-6/4	Sn8/K15	-9	0	345	0	0	0
UGT-4/2	Sn9/K16	-10	0	331	0	0	0
UGT-4a/3	Sn9/K16	10	0	329	0	0	0
UGT-1/1	Sn9/K16	0	0	82	0	0	0
UGT-6/4	Sn9/K16	-10	0	340	0	0	0
UGT-4/2	Sn10/K25	-9	0	661	0	0	0
UGT-4a/3	Sn10/K25	9	0	661	0	0	0
UGT-1/1	Sn10/K25	0	0	98	0	0	0
UGT-6/4	Sn10/K25	-9	0	672	0	0	0



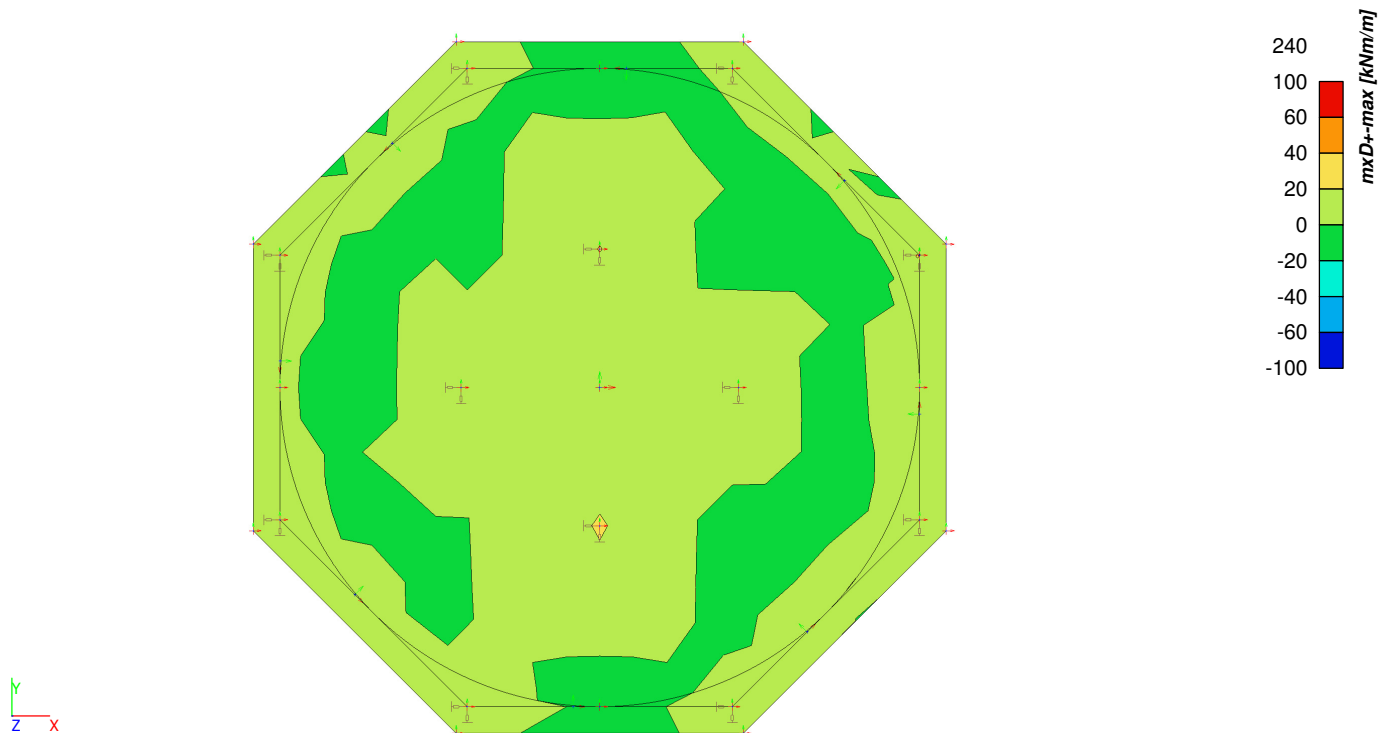
8.4.3. Reacties; Rz - UGT's



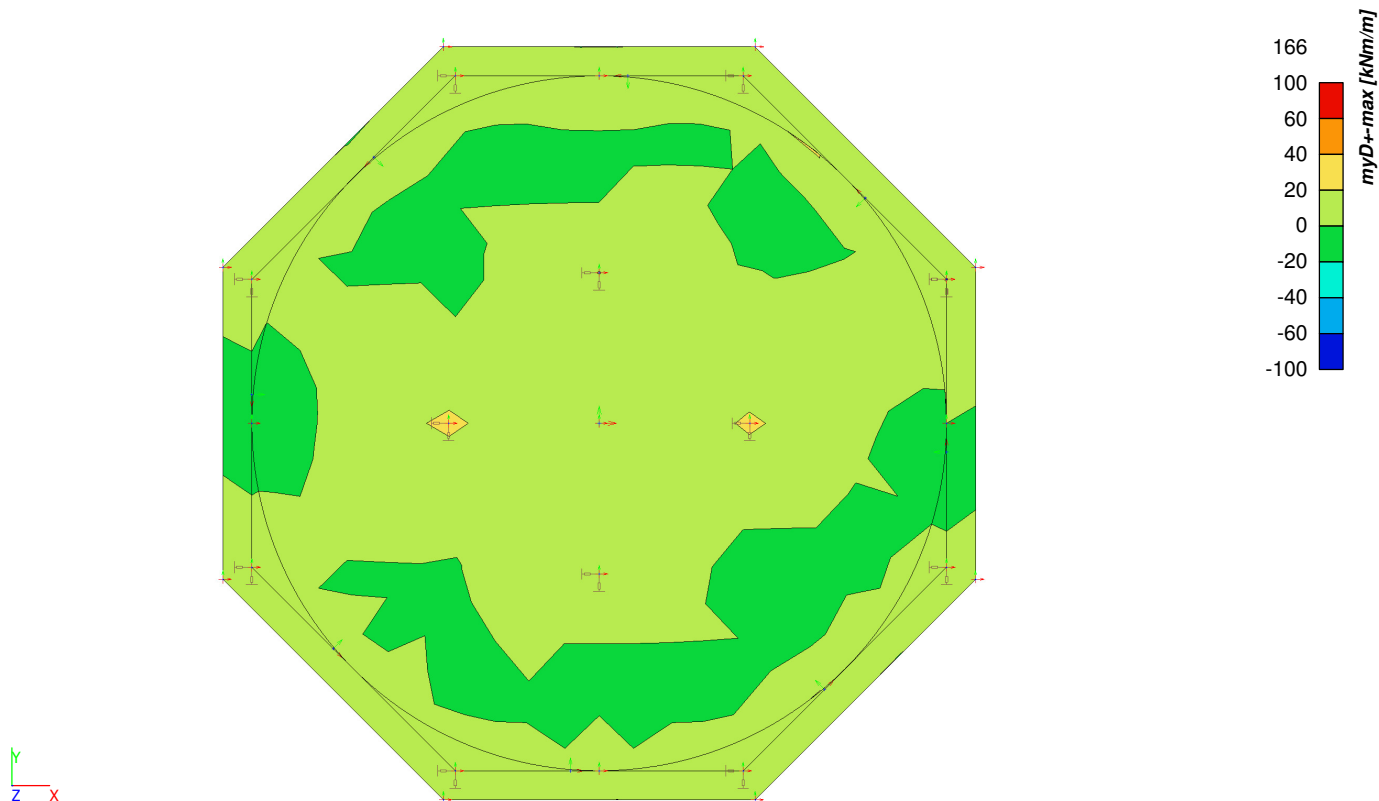


8.5. Plaat - Snedekrachten

8.5.1. 2D element - Moment; $mxD+$

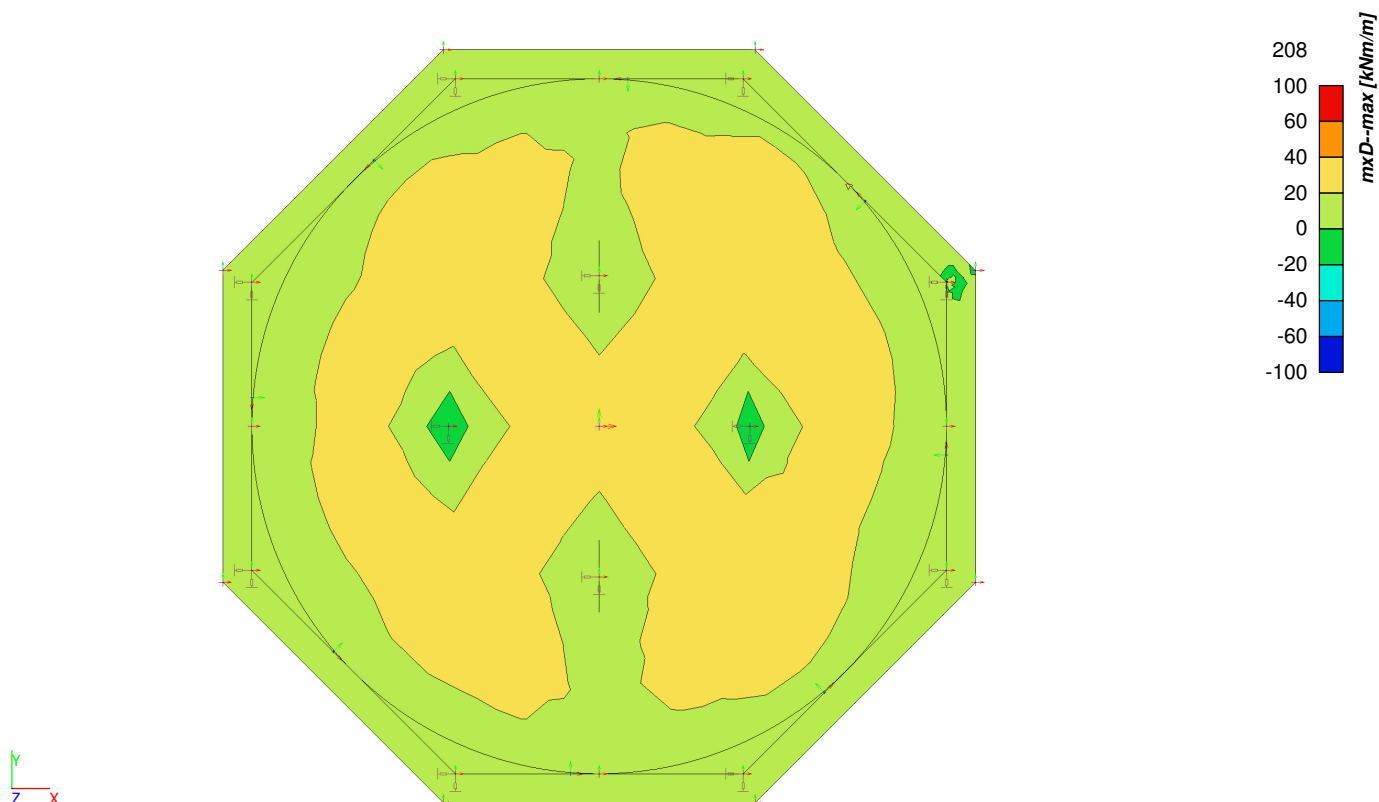


8.5.2. 2D element - Moment; $myD+$

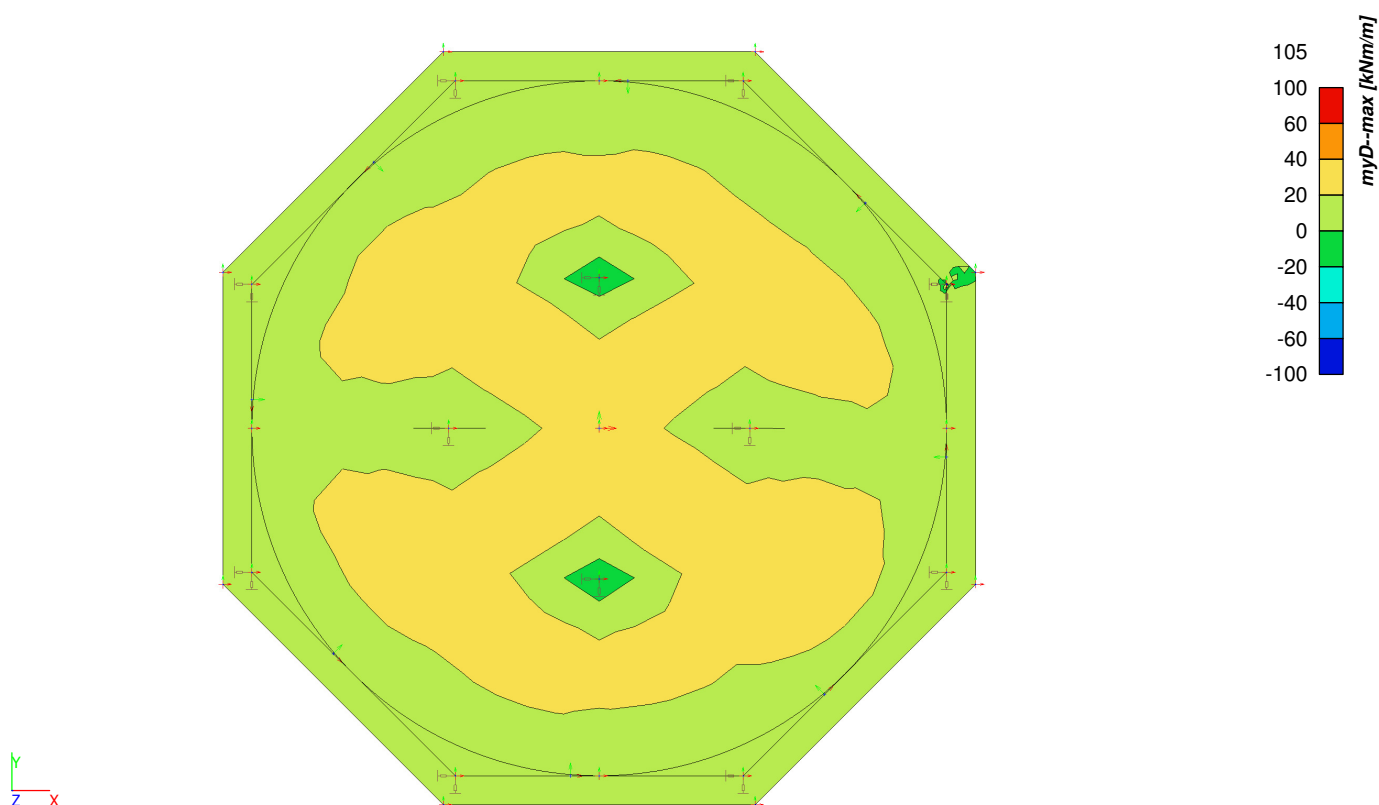




8.5.3. 2D element - Moment; mxD -

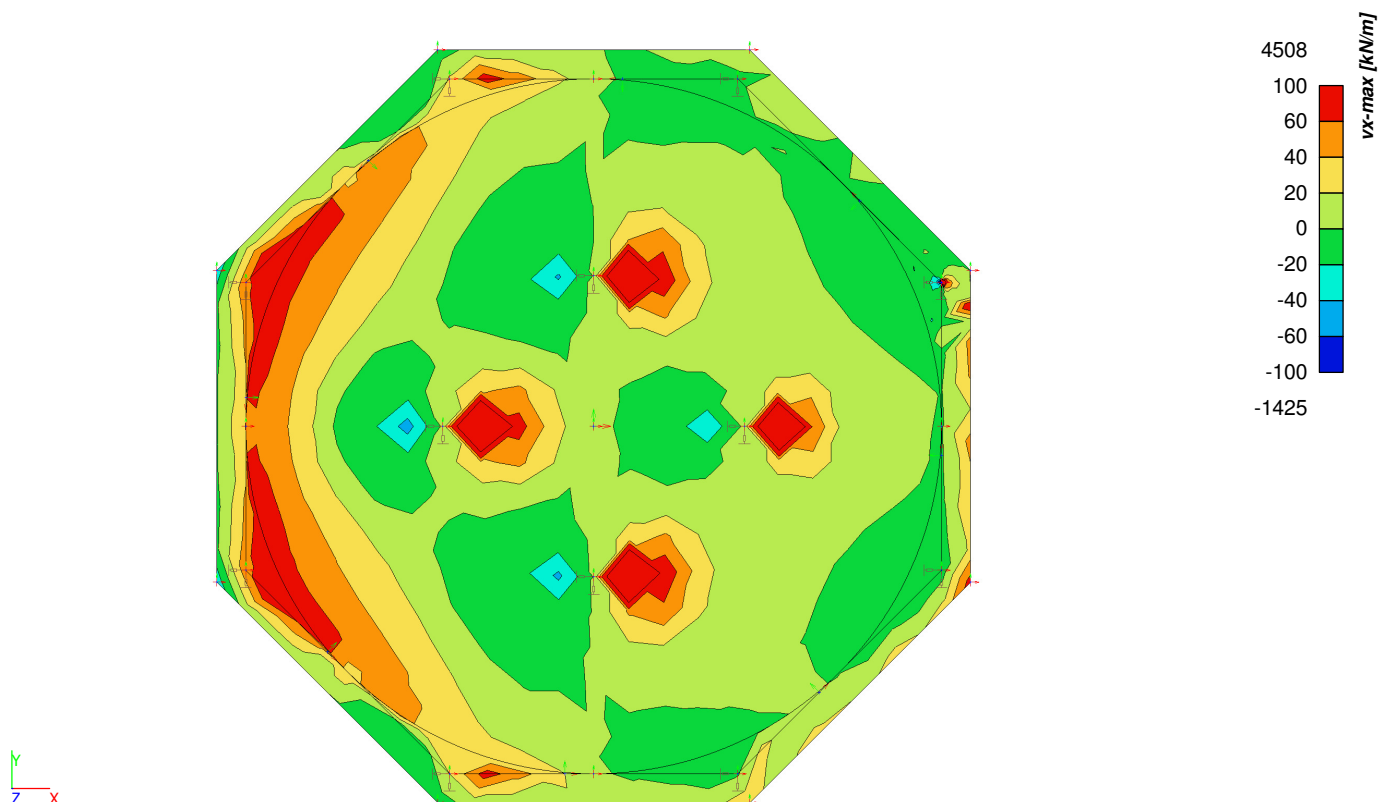


8.5.4. 2D element - Moment; myD -

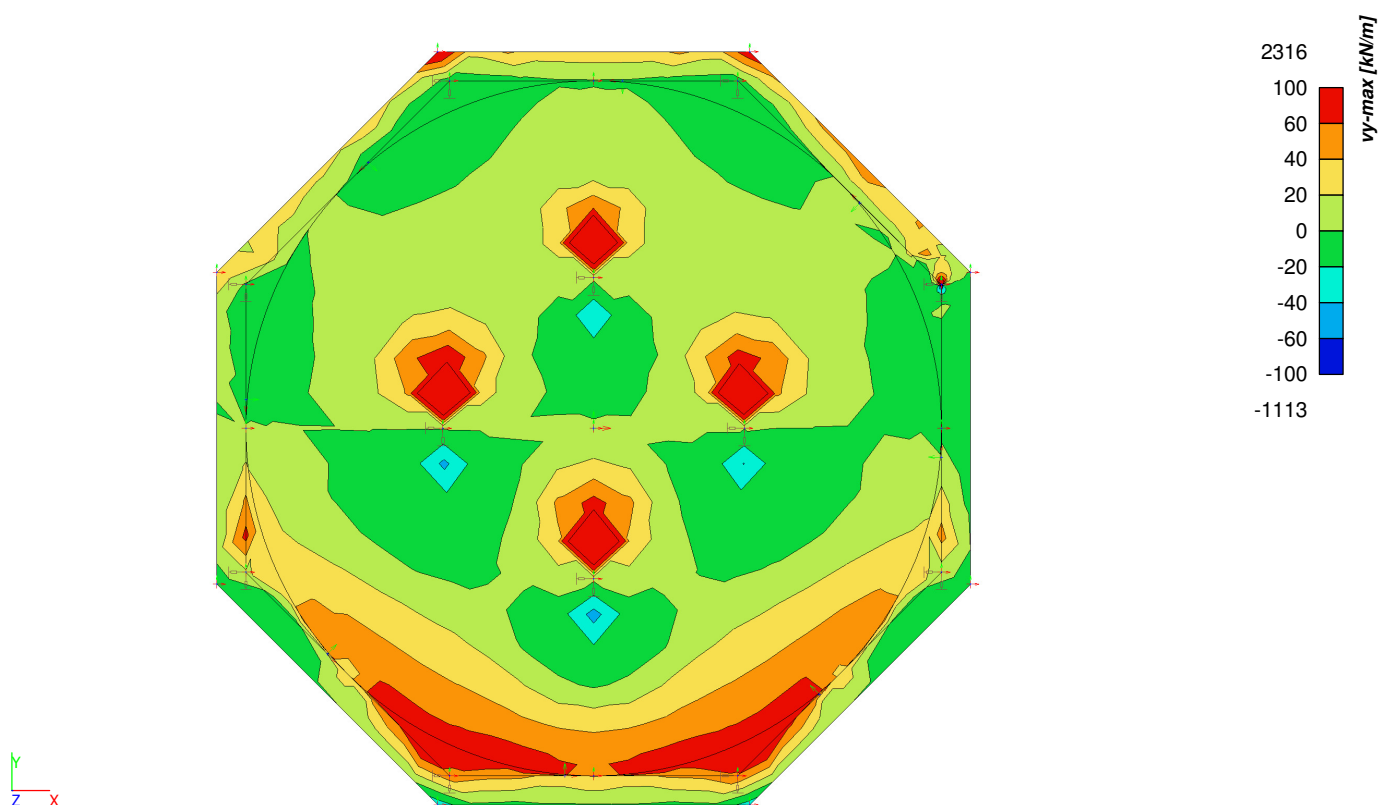




8.5.5. 2D element - Moment; vx

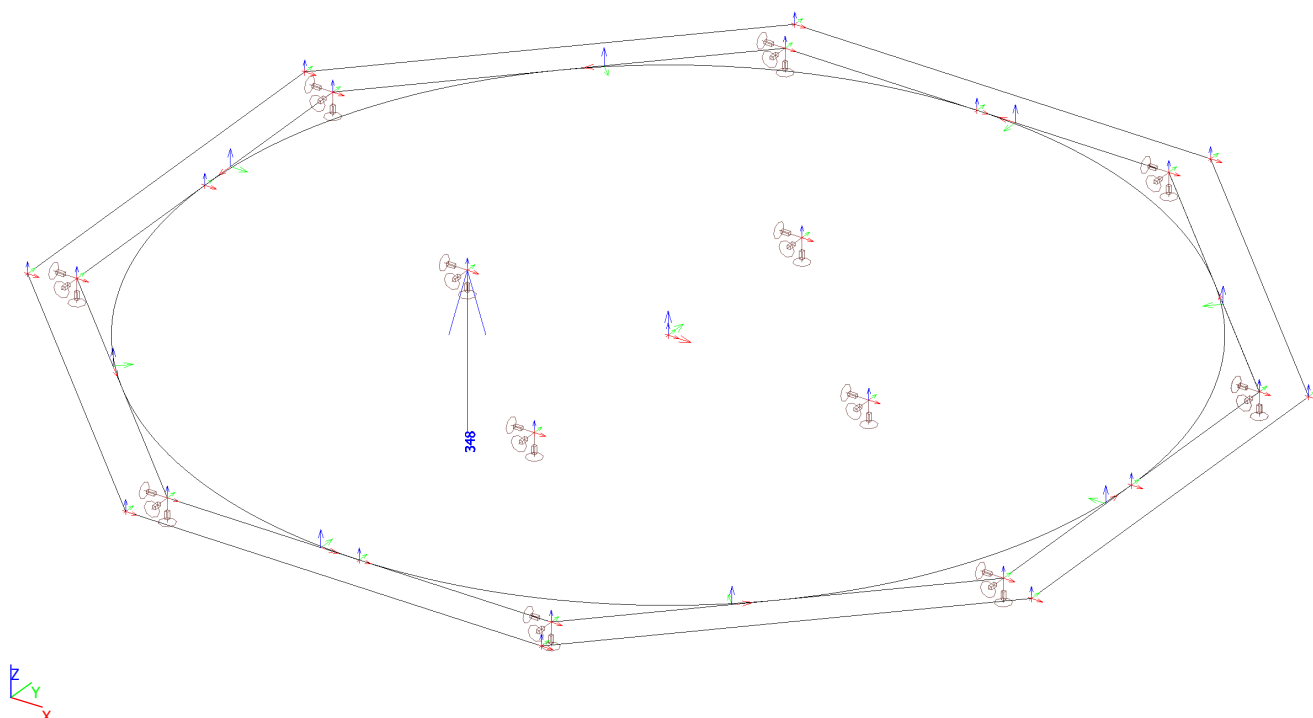


8.5.6. 2D element - Moment; vy





8.5.7. Ponskracht; F_d



8.6. Balk - Snedekrachten

8.6.1. Interne krachten in staaf; BGT's

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Klasse : Alle BGT

Staat	css	dx [mm]	BG	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1	BGT-4/1	122	2	2	-1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1	BGT-4a/2	123	2	2	1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	0	BGT-4/1	5	3	-1	-1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	0	BGT-4a/2	5	3	-1	1
Balk-3	Randbalk - Rechthoek	2485	BGT-4a/2	-114	1	3	1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	2485	BGT-2/4	-72	-33	59	0
Balk-3	Randbalk - Rechthoek	0	BGT-2/4	65	31	61	0
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1	BGT-1/3	28	-6	-14	0
Balk-2	Randbalk - Rechthoek	1243	BGT-4a/2	5	1	130	0
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1	BGT-4/1	5	3	-1	-1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1	BGT-4a/2	5	3	-1	1

8.6.2. Interne krachten in staaf; UGT's

Lineaire berekening, Extreem : Staaf, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Klasse : Alle UGT

Staat	css	dx [mm]	BG	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Balk-1	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-4/5	-99	-25	61	0
Balk-1	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-4a/6	-99	-25	61	0
Balk-1	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-4/5	109	14	48	0

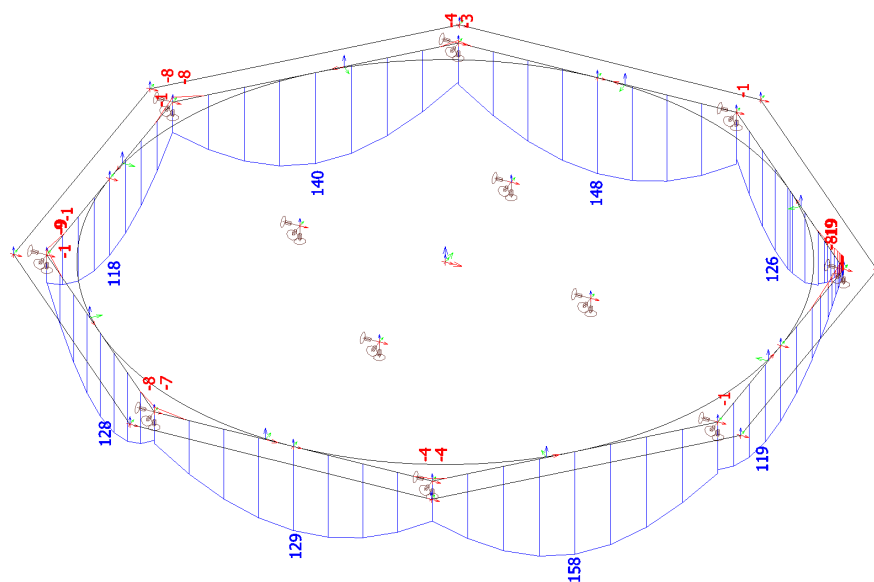


Staat	css	dx [mm]	BG	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Balk-1	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-4a/6	109	14	48	0
Balk-1	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-6a/7	-102	-25	61	0
Balk-1	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-6/8	112	14	47	0
Balk-1	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-2/9	-100	-25	62	0
Balk-1	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-1/10	28	-4	-7	0
Balk-1	Randbalk - Rechthoek	1243	UGT-6a/7	5	-5	129	0
Balk-2	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-4/5	-108	-25	78	0
Balk-2	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-4a/6	-109	-25	78	0
Balk-2	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-6a/7	-112	-25	78	0
Balk-2	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-6a/7	124	25	61	0
Balk-2	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-2/9	-110	-25	79	0
Balk-2	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-2/9	121	25	62	0
Balk-2	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-1/10	30	-2	-4	0
Balk-2	Randbalk - Rechthoek	1243	UGT-6a/7	6	1	158	0
Balk-3	Randbalk - Rechthoek	2175	UGT-4/5	-132	1	45	0
Balk-3	Randbalk - Rechthoek	2175	UGT-4a/6	-133	2	45	0
Balk-3	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-6a/7	-141	3	1	1
Balk-3	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-6a/7	82	37	73	0
Balk-3	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-2/9	81	37	73	0
Balk-3	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-1/10	-36	8	-19	0
Balk-3	Randbalk - Rechthoek	932	UGT-6a/7	4	21	119	0
Balk-3	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-4/5	-135	1	4	-1
Balk-3	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-4a/6	-137	2	3	1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1	UGT-4/5	146	2	2	-1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1	UGT-4a/6	148	2	2	1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-4/5	7	4	-1	-1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-4a/6	6	3	-1	1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-6a/7	-91	-40	70	0
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1	UGT-6a/7	152	1	0	1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-2/9	-89	-40	71	0
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1	UGT-1/10	38	-7	-19	0
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1588	UGT-6a/7	-12	-24	126	0
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1	UGT-4/5	7	4	-1	-1
Balk-4	Randbalk - Rechthoek	1	UGT-4a/6	6	3	-1	1
Balk-5	Randbalk - Rechthoek	932	UGT-4/5	21	4	143	0
Balk-5	Randbalk - Rechthoek	932	UGT-4a/6	21	4	143	0
Balk-5	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-4a/6	-110	-22	63	-1
Balk-5	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-4/5	-111	-21	63	1
Balk-5	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-6/8	-114	-21	63	1
Balk-5	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-6a/7	103	21	79	0
Balk-5	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-2/9	-112	-22	64	0
Balk-5	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-2/9	101	21	80	0
Balk-5	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-1/10	-29	2	-3	0
Balk-5	Randbalk - Rechthoek	1243	UGT-6a/7	-6	-1	148	0
Balk-6	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-4/5	109	29	60	1
Balk-6	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-4a/6	108	29	60	-1
Balk-6	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-6/8	-123	-18	46	0
Balk-6	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-6/8	112	29	59	1
Balk-6	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-2/9	-120	-18	47	0
Balk-6	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-2/9	110	29	60	0
Balk-6	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-1/10	-30	4	-8	0
Balk-6	Randbalk - Rechthoek	1243	UGT-6/8	-5	5	140	0
Balk-7	Randbalk - Rechthoek	1243	UGT-4a/6	-1	2	116	0
Balk-7	Randbalk - Rechthoek	1243	UGT-4/5	-1	2	117	0
Balk-7	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-4/5	102	20	45	0
Balk-7	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-4a/6	101	20	46	0
Balk-7	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-6/8	-108	-15	42	0
Balk-7	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-6/8	105	20	45	0
Balk-7	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-4a/6	-103	-16	43	0
Balk-7	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-2/9	103	20	46	0



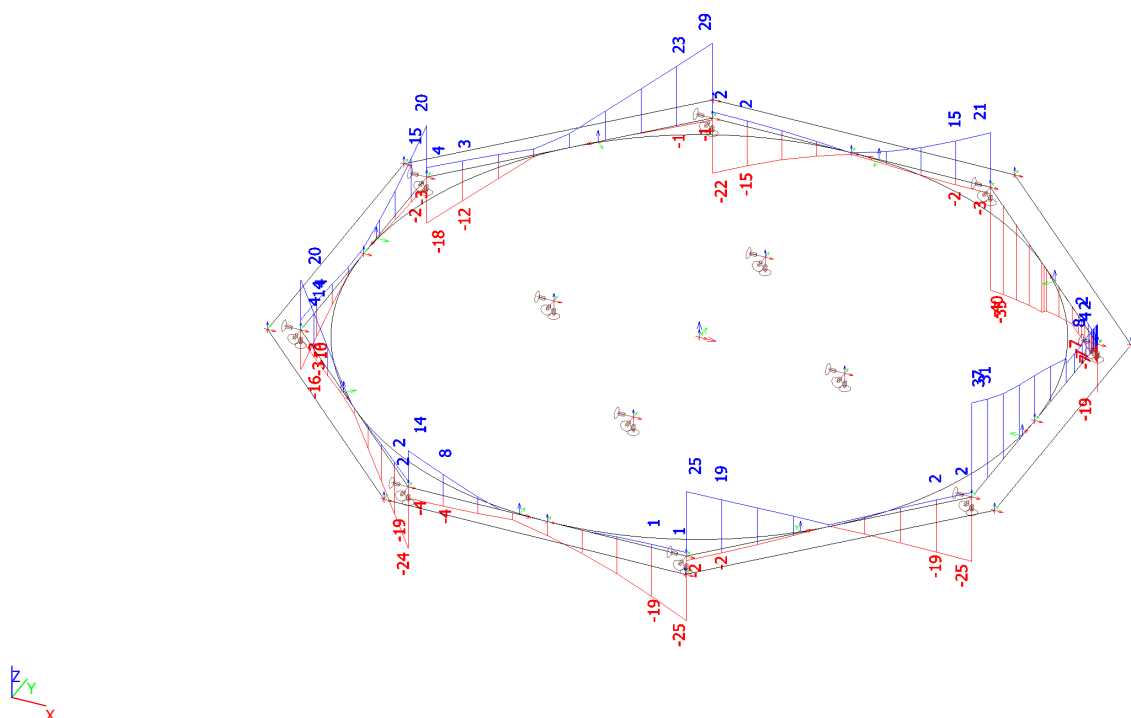
Staaf	css	dx [mm]	BG	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Balk-7	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-1/10	-27	4	-9	0
Balk-7	Randbalk - Rechthoek	1243	UGT-6/8	-1	2	118	0
Balk-8	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-4/5	-112	-24	44	0
Balk-8	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-4a/6	-111	-24	44	0
Balk-8	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-6/8	-115	-24	43	0
Balk-8	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-6/8	117	19	40	0
Balk-8	Randbalk - Rechthoek	2485	UGT-2/9	-113	-24	44	0
Balk-8	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-2/9	115	20	42	0
Balk-8	Randbalk - Rechthoek	0	UGT-1/10	28	-3	-9	0
Balk-8	Randbalk - Rechthoek	1243	UGT-6/8	1	-2	128	0

8.6.3. Interne krachten in staaf; My



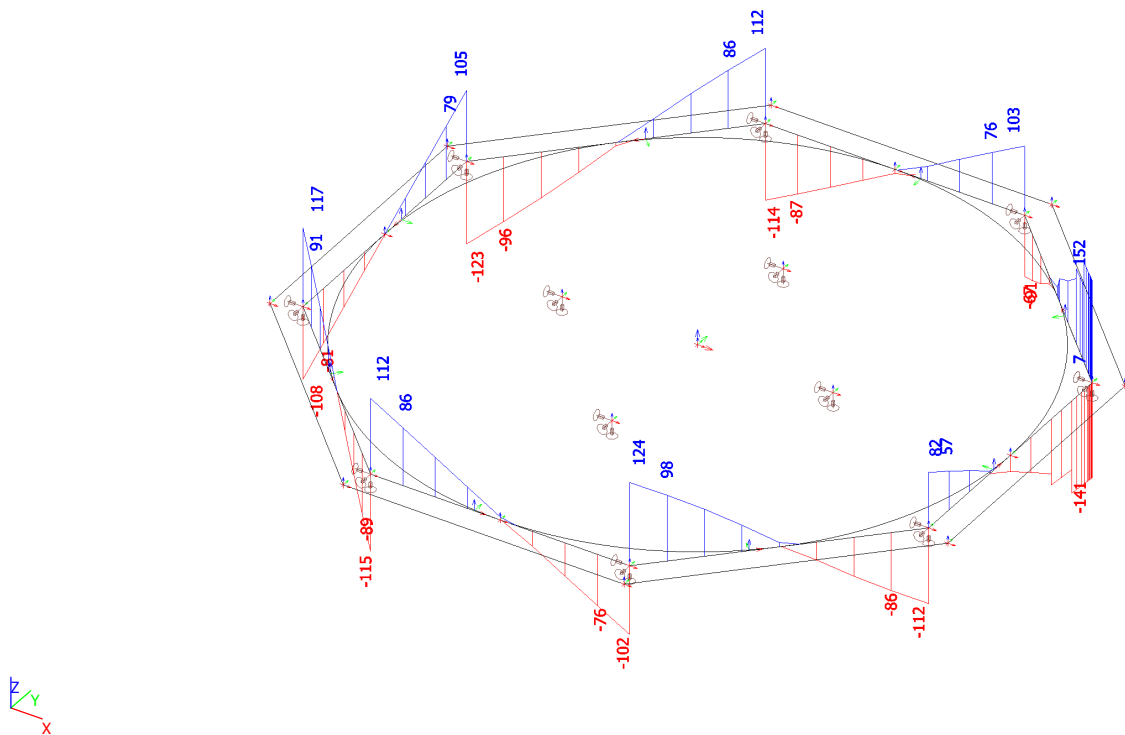


8.6.4. Interne krachten in staaf; M_x





8.6.5. Interne krachten in staaf; Vz





D. Wapeningsberekening



berekening buigwapening in een rechthoekige betondoorsnede: **1000 x 300**
volgens eurocode 1992-1-1 inclusief controle scheurwijdte en betondekking

algemene gegevens	werk	Slibbuffer RWZI Elburg
	werknnummer	WAPA170124
	onderdeel	Vloer: Bijlage D1
2.4.2.4	ontwerpsituatie	blijvend en tijdelijk
buigend moment in de doorsnede		
rekenwaarde moment voor hervredelen	$M_{Ed,elastisch}$	= 38 kNm
rekenwaarde moment na hervredelen	$M_{Ed,totaal} (= M_{Ed,elastisch})$	= 38 kNm
invloedsfactor minimum wapening	belang van het constructieonderdeel	secundair
doorsnedegegevens en wapening		
kwaliteit beton	betonklasse	= C30/37
kwaliteit staal	staalsoort	= B 500
wapeningsklasse	A, B of C	= B -
betonbreedte	b	= 1000 mm
betonhoogte	h	= 300 mm
betondekking gedrukte zijde	$C_{druktzijde}$ dekking op de buitenste wapening	= 40 mm
betondekking getrokken zijde	$C_{trektzijde}$	= 40 mm
betondekking zijkanten	$C_{zijkant}$	= 40 mm
wapening aan getrokken zijde	aantal n1	= 6,7 stuks
	diameter d_1	= 12 mm
	aantal n2	= 3 stuks
	diameter d_2	= 12 mm
wapening aan gedrukte zijde	aantal n3	= 6,7 stuks
	diameter d_3	= 12 mm
	aantal n4	= 0 stuks
	diameter d_4	= 0 mm
flankwapening per zijde	aantal n5	= 0 stuks
	diameter d_5	= 0 mm
beugels (of verdeelwapening in buitenste laag)	diameter d_{bg}	= 0 mm
scheurwijdte zonder berekening en betondekking		
verhouding tussen de frequente combinatie en uiterste grenstoestand:	M_{fr} / M_{Ed}	= 0,85 -
a ontwerpduur		= 50 jaar
b omgevingsfactoren	milieuklasse A (kies uit X0- XC- XD- of XS-serie)	= XC4 -
c soort constructie	soort constructie	= vloer -
d dekking verhogen bij oncontroleerbaarheid van de wapening (geen eis in eurocode)		= nee
e wordt de beton nabewerkt		= nee
f verhoging dekking bij toepassing grote grindkorrel (>32mm) tabel 4.2		= nee
g ondergrond waarop gestort wordt		= bekisting
h bundeling wapeningstaven (trekwapening)	worden staven d_1 gebundeld?	= nee
	worden staven d_2 gebundeld?	= nee
i kwaliteitsbeheersing	is specifieke kwaliteitsbeheersing gewaarborgd?	= nee
j luchtinsluiting	luchtinsluiting van meer dan 4% toegepast?	= nee
k verhoging dekking bij toepassing grote staafdiameter (>25mm) geen eis in eurocode		= nee
gegevens invloedsfactoren met berekende scheurwijdte		
k1 aanhechteigenschap	de aanhechting van de wapeningstaven is	goed
k2 wijze van belasting	de betondoorsnede wordt belast door	buiging
kt belastingduur (bij berekende scheurwijdte)	de belastingduur is	langdurend
milieuklasse	de milieuklasse van de beton is	b) buitenmilieu - RH=80%
belasten constructie na aantal dagen	de constructie wordt belast na t_0 is	30 dagen
cementklasse	de gekozen cementklasse is	N
omtrek dat bloot staat aan uitdroging	het aantal zijden dat aan uitdroging bloot staat is	2 zijden 2b

betondekking

berekening minimum betondekking op trekwapening

Vloer: Bijlage D1

tab4.3N correctie van de constructieklasse: uitgangspunt: constructieklasse bij 50 jaar

- a correctie tgv ontwerp levensduur
- b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse A of B)
- c correctie tgv geometrie
- i correctie tgv kwaliteitsbeheersing
- totale waarde constructieklasse
- b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse A)
- b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse B)

S	4	-
	0	-
	0	-
	-1	-
	0	+
S	3	
	0	
	0	

berekening van de nominale dekking voor hoofdwapening en beugels (in mm)

tabel 4.2 minimum dekking t.g.v. **aanhechting**

tab 4.4N minimum dekking tgv milieuklasse A

minimum dekking tgv milieuklasse B

resulterende minimum dekking

e correctie tgv nabewerking

gecorrigeerde min. dekking **duurzaamheid**

4.2 **minimum dekking**

toeslagen uitvoeringstoleranties

g storten op werkvloer / maaiveld / kist

d t.g.v. oncontroleerbaarheid

4.1 nominale waarde betondekking

k t.g.v. toegepaste hoofdwapening >25mm

equivalente staafdiameter

dekking op de buitenste wapening

resulterende waarde minimale dekking

$$c_{min,b} > d_n \quad c_{grindkorrel} = 0$$

$$c_{min,dur}$$

$$c_{min,dur}$$

$$c_{min,dur} \quad (\text{duurzaamheid})$$

$$c_{extra}$$

$$c_{min,dur} \text{ inclusief } c_{extra}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm})$$

$$\Delta c_{dev}$$

$$\Delta c_{dev}$$

$$\Delta c_{dev} \quad \text{geen eis in eurocode!}$$

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

$$c_{nom} = 1,5 d_n$$

$$d_n = \max(d_{1eq}; d_{2eq}) = 12,0 \quad d_{bg} = 0$$

$$\text{Hoofdwapening: } c_{nom} - d_{bg} \quad \text{Beugels: } c_{nom}$$

$$c_{nom} \quad \text{op de buitenste wapening}$$

	hoofdwapening	beugels
$c_{min,b} + c_{grindkorrel}$	12	0
=	25	25
=	35	35
=	35	35
=	0	0
=	35	35
=	35	35
=	5	5
=	0	0
=	0	0
=	40	40
=	0	0
=	40	40
=	40	

wapeninggegevens

totaal aantal staven in trekzone

totaal aantal staven in drukzone

gewogen gemiddelde diameter trekwapening

gewogen gemiddelde diameter drukwapening

doorsnede per staaf 1, trekwapening

doorsnede per staaf 2, trekwapening

doorsnede per staaf 3, drukwapening

doorsnede per staaf 4, drukwapening

doorsnede per staaf 5, flankwapening

doorsnede per beugel enkelsnedig

aantal snedige beugel bij dwarskracht

horizontale maat in breedte van de balk

aanwezige beugelwapening (n-snedig)

horizontale beugelmaat (hartmaat)

vertikale beugelmaat (hartmaat)

aanwezige trekwapening

aanwezige drukwapening

aanwezige drukwapening

aanwezige flankwapening

zwaartepunt staven vanaf de beugel

equivalente diameter wapening (buigwap)

equivalente diameter trekwapening (scheurw)

equivalente diameter drukwapening

$$\sum n_{trek} = n_1 + n_2$$

$$\sum n_{druk} = n_3 + n_4$$

$$d_{gem,trek} = (n_1 \cdot d_1 \cdot D_1 + n_2 \cdot d_2 \cdot D_2) / (n_1 \cdot D_1 + n_2 \cdot D_2) =$$

$$d_{gem,druk} = (n_3 \cdot d_3 \cdot D_3 + n_4 \cdot d_4 \cdot D_4) / (n_3 \cdot D_3 + n_4 \cdot D_4) =$$

$$D_1 = 0,25 \pi d_1^2$$

$$D_2 = 0,25 \pi d_2^2$$

$$D_3 = 0,25 \pi d_3^2$$

$$D_4 = 0,25 \pi d_4^2$$

$$D_5 = 0,25 \pi d_5^2$$

$$D_{bg} = 0,25 \pi d_{bg}^2$$

$$n_{sn}$$

$$s_{t,bg} = b_1 / (n_{sn} - 1)$$

$$A_{bgls} = n_{sn} \cdot D_{bg} \cdot 1000 / s_{aanwezig}$$

$$b_1 = b - 2 \cdot c_{zijkant} - d_{bg}$$

$$h_1 = h - c_{trekzijde} - c_{drukzijde} - d_{bg}$$

$$A_{aanw,trek}$$

$$A_{aanw,druk}$$

$$\rho_{druk} = 100 \cdot A_{aanw,druk} / bh \quad (\text{art. 9.2.1.1(3)})$$

$$A_{aanw,flank}$$

$$\text{per zijde}$$

$$z = (n_1 \cdot D_1 \cdot \frac{1}{2} d_1 + n_2 \cdot D_2 \cdot \frac{1}{2} d_2) / (n_1 \cdot D_1 + n_2 \cdot D_2)$$

$$d_{equi,trek} = 2 \cdot z \quad (\text{t.b.v. berekening van } d)$$

$$d_{equi,trek} = (n_1 \cdot d_1^2 + n_2 \cdot d_2^2) / (n_1 \cdot d_1 + n_2 \cdot d_2)$$

$$d_{equi,druk} = (n_3 \cdot d_3^2 + n_4 \cdot d_4^2) / (n_3 \cdot d_3 + n_4 \cdot d_4)$$

=	9,7	st
=	6,7	st
=	12,0	mm
=	12,0	mm
=	113,1	mm ²
=	113,1	mm ²
=	113,1	mm ²
=	0,0	mm ²
=	0,0	mm ²
A _{sw} =	0,0	mm ²
n _{sn} =	2	snedig
=	920	mm
=	0	mm ² /m'
=	920	mm
=	220	mm
=	1097	mm ²
=	758	mm ²
=	0,25	%
=	0	mm ²
=	6,0	mm
=	12,0	mm
=	12,0	mm
=	12,0	mm

buigwapening

Vloer: Bijlage D1

materiaalgegevens

materiaalfactor beton	γ_c	=	1,5	-
materiaalfactor wapeningstaal	γ_s	=	1,15	-
karacteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	30	N/mm ²
karacteristieke kubusdruksterkte	f_{ck}	=	37	N/mm ²
gemiddelde cilinderdruksterkte	$f_{cm}=f_{ck}+8$	=	38	N/mm ²
3.15 rekenwaarde betondruksterkte	$f_{cd}=f_{ck} / \gamma_c$	=	20,0	N/mm ²
3.4 gemiddelde cilindertreksterkte	$f_{ctm}=0,3f_{ck}^{(2/3)}$ als $f_{ck} \leq 50$ of $f_{ctm}=2,12 \ln(1+f_{cm}/10)$	=	2,90	N/mm ²
3.1.8(1) gemiddelde buigtreksterkte beton (3.23)	$f_{ctm,II} = \max (1,6 - h/1000) f_{ctm} ; f_{ctm})$	=	3,77	N/mm ²
karacteristieke ondergrens treksterkte	$f_{ctk0,05}=0,7f_{ctm}$	=	2,03	N/mm ²
3.16 rekenwaarde treksterkte	$f_{td}=f_{ctk0,05} / \gamma_c$	=	1,35	N/mm ²
elasticiteitsmodulus	$E_{cm}=22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3}$	=	32837	N/mm ²
3.5 elasticiteitsmodulus afgerond	E_{cm}	=	33000	N/mm ²
tabel 3.1 relatieve verkorting beton	$\varepsilon_{c3}=1,75+0,55 [(f_{ck} - 50) / 40]$ voor $f_{ck} \leq 50$; 1,75	=	1,750	‰
tabel 3.1 relatieve verkorting beton	$\varepsilon_{cu3}=2,6+35 [(90-f_{ck}) / 100]^4$ als $f_{ck} \geq 50$; 3,50	=	3,500	‰
elasticiteitsmodulus	$E=f_{cd}/\varepsilon_{c3}$	=	11429	N/mm ²
hoogte betondrukzone: $k_{xu,max}$ (*d)	$k_{xu,max} = \varepsilon_{cu} 10^6 / (\varepsilon_{cu} 10^6 + 7f_{yd})$	=	0,535	-
maximum wapeningspercentage	$\rho_{max} = \alpha k_{xu,max} f_{cd} / f_{yd}$	=	1,845	%
factor oppervlak betondrukzone	$\alpha = \{ \varepsilon_{cu3} - (\varepsilon_{c3} / 2) \} / \varepsilon_{cu3}$	=	0,750	-
factor zwaartepunt betondrukzone	$\beta = \{ \varepsilon_{cu3}^2 - (\varepsilon_{c3}^2 \cdot \varepsilon_{cu3}) + \varepsilon_{c3}^2 / 3 \} / \{ 2 \varepsilon_{cu3}^2 - \varepsilon_{c3} \varepsilon_{cu3} \}$	=	0,39	-
staaltrekspanning	f_{yk}	=	500	N/mm ²
rekenwaarde staaltrekspanning	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	=	435	N/mm ²
elasticiteitsmodulus wapeningstaal	E_s	=	200000	N/mm ²

berekening buigwapening (met trekwapening zonder drukwapening)

nuttige hoogte	$d=h-c-d_{bg}-0,5d_{equi,trek}$	=	254,0	mm
maximale hoogte betondrukzone	$x_{u,max} = k_{xu,max} \cdot d$	=	135,9	mm
hoogte betondrukzone	$x_u = [d - \sqrt{ d^2 - 4\beta M_{ED} / (\alpha b f_{cd}) }] / 2\beta$	=	10,1	mm
maatgevende waarde betondrukzone	$x_u =$	=	10,1	mm
grootte betondrukkracht	$N_c = \alpha x_u f_{cd} b 10^{-3}$	=	152,0	kN
grootte staaltrekkracht	$N_s = A_s f_{yd} 10^{-3}$	=	152,0	kN
relatieve verlenging betonstaal	$\varepsilon_s = (d-x_u) \cdot \varepsilon_{cu3} / x_u$	=	84,3	‰
verlenging volgens art. 3,2,7(2)	ε_{uk}	=	50	‰
maximaal toelaatbare verlenging	$\varepsilon_{ud}=0,9\varepsilon_{uk}$	=	45	‰
momentarm afhankelijk gekozen wapening	$z = d - \beta \cdot x = d - \beta \cdot A_{s,aanw} \cdot f_{yd} / \alpha \cdot f_{cd} \cdot b)$	=	241,6	mm
momentarm	$z = z / d \cdot d$	=	0,95	d
benodigde hoeveelheid wapening	$A_{s1} = \alpha b x_u f_{cd} / f_{yd}$	=	350	mm ²
opneembaar moment (zonder drukwap.)	$M_{Rd} = A_{aanw,trek} f_{yd} z 10^{-6}$	=	115	kNm
opneembaar moment (globale schatting.)	$M_{Rd} = A_{aanw,trek} f_{yd} z 10^{-6}$ met $z =$ 0,95 * d	=	115	kNm
benodigd wapeningspercentage	$\rho = A_{s1} / bd \cdot 100$	=	0,16	%
wapeningspercentage trekwapening	$\rho_{trek} = 100 \cdot A_{aanw,trek} / bd$	=	0,43	%
wapeningspercentage trekwapening	$\rho_{trek} = 100 \cdot A_{aanw,trek} / bh$ (art. 9.2.1.1 (3))	=	0,37	%
minimum wapening	$A_{min,1} = \rho_{min} b d / 100$	=	414	mm ²
minimum wapening	$A_{min,2} = x \cdot A_{s1}$	=	419	mm ²
factor	x afhankelijk van primaire of secundaire constructie	=	1,20	-
minimum wapening	A_{min}	=	414	mm ²
maximum wapening	$A_{max} = \rho_{max} b d / 100$	=	4687	mm ²
"traditionele" berekening A_s	$a = \beta f_{yd}^2 / (b f_{cd} \alpha)$	=	4,9	-
(oplossen vierkantsvergelijking)	$b = - f_{yd} \cdot d$	=	-110435	-
	$c = +M_{Ed}$	=	38	10 ⁶ Nmm
benodigde hoeveelheid wapening	$A_s = \{ -b - \sqrt{ b^2 - 4ac } \} / 2a$	=	349,5	mm ²

berekening buigwapening (met trek- en drukwapening)

specifieke verkorting drukwapening	$\varepsilon_{s,druk} \geq f_{yd} / E_s \cdot 1000$	=	2,17	‰
hart drukwapening tot uiterste vezel	eis: $d2 < x_u - \varepsilon_{s,druk} \cdot x_u / \varepsilon_{cu3}$	=	3,8	mm
hart drukwapening tot uiterste vezel	$d2 = c_{druktzijde} + d_{bg} + 0,5d_{gem,druk}$	=	46,0	mm
opneembaar moment tot $x_{u,max}$	$M_{Rd1} = \rho_{max} b d \cdot f_{yd} \cdot z \cdot 10^{-6}$	=	410	kNm
met als inwendige hefboomsarm	$z = d - \beta k_{xu,max} d$	=	201	mm
uitwendig moment zonder drukwapening	$M_{Ed1} = M_{Rd1}$	=	410	kNm
op te nemen moment met drukwapening	$M_{Ed2} = M_{Ed,totaal} - M_{Rd1}$	=	0,0	kNm
opneembaar moment met drukwapening	$M_{Rd2} = A_{aanw,druk} f_{yd} (d-d2) \cdot 10^{-6}$	=	68,5	kNm
totaal opneembaar moment incl. drukwap	$M_{Rd,totaal} = M_{Rd1} + M_{Rd2}$	=	478,5	kNm
benodigde hoeveelheid drukwapening	$A_{s2} = M_{Ed2} / \{ f_{yd} (d-d2) \} \cdot 10^6$	=	0	mm ²
benodigde hoeveelheid trekwapening	A_{s1} (zonder aandeel drukwapening)	=	414	mm ²
totaal benodigde trekwapening	$A_{s1,totaal} = A_{s1} + A_{s2}$	=	414	mm ²
maatgevende waarde opneembaar moment	$M_{Rd,totaal}$	=	115	kNm

Vloer: Bijlage D1

**berekening moment en wapening bij maximaal toegestane verlenging betonstaal**

minimale hoogte betondrukzone	$x_{\min} = \varepsilon_{cu3} * d / (\varepsilon_{ud} + \varepsilon_{cu3})$	= 18,3	mm
bijbehorende drukkracht in de beton	$N_{cd} = \alpha * b * x_{\min} * f_{cd} * 10^{-3}$	= 274,9	kN
inwendige hefboomsarm	$z = d - \beta * x_{\min}$	= 246,9	mm
opneembaar moment	$M_{Rd,d} = N_{cd} * z * 10^{-6}$	= 68	kNm
bijbehorende wapening	$A_s = N_{cd} * 10^3 / f_{y,d}$	= 632	mm ²
3.4 gemiddelde cilindertreksterkte beton	f_{ctm}	= 2,90	N/mm ²
scheurmoment in ongewapende doorsnede	$M_{E,min} = W_c * f_{ctm} * 10^{-3}$	= 43,4	kNm
weerstandsmoment ongescheurde doorsnede	$W_c = 1/6 * b * h^2 * 10^{-3}$	= 15000	cm ³
hierbij behorende (minimum) wapening	$A_{\min} = M_{E,min} * 10^6 / z * f_{y,d}$ met $z = 241,6$	= 414	mm ²
minimum wapeningspercentage	$\rho_{\min} = 100 * A_{\min} / b * d$ met $A_{\min} = 414$	= 0,163	%

lineaire berekening met beperkte herverdeling art 5.5 herverdelen

verhouding tussen momenten	$\delta_{her} = M_{Ed,herverdeeld} / M_{Ed,elastisch}$	= 1,000	-
5.5(4) maximaal toelaatbare verhouding	$\delta = \text{afhankelijk van de kubusdruksterkte } f_{ck}$	= 0,505	-
minimum afhankelijk van staalklasse	klasse A: $> k_6$, klasse B en C: $> k_5$	= 0,700	-
maatgevende waarde	δ	= 0,700	-
5.10.a maximale herverdeling $f_{ck} \leq 50 \text{ Mpa}$	$\delta > k_1 + k_2 * x_u / d$	= 0,505	-
5.10.b maximale herverdeling $f_{ck} > 50 \text{ Mpa}$	$\delta > k_3 + k_4 * x_u / d$	= 0,505	-
factoren volgens NB 2011	$k_1 = f / (500 + f)$	= 0,47	-
	k_2	= 1,00	-
	$k_3 = 7 * f / (\varepsilon_{cu} * 10^6 + 7 * f)$	= 0,47	-
	k_4	= 1,00	-
minimale waarde voor wapeningklasse B en C	k_5	= 0,7	-
minimale waarde voor wapeningklasse A	k_6	= 0,8	-
	e_{cu2}	= 3,50	‰
hoogte betondrukzone na herverdelen	x_u	= 10,1	mm
nuttige hoogte	d	= 254,0	mm

scheurwijdte

Vloer: Bijlage D1

controle scheurwijdte zonder directe berekening art.7.3.3

7.12	optredende staalspanning	$\sigma_s = M_{tr} / M_{Ed} * A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	= 139	N/mm ²
	diameter staven d1	d1	= 12,0	mm
	aantal staven	n_1	= 7	st
	diameter staven d2	d2	= 12,0	mm
	aantal staven	n_2	= 3	st
	equivalente staafdiameter	$d_{eq} = (n_1 * d_1^2 + n_2 * d_2^2) / (n_1 * d_1 + n_2 * d_2)$	= 12,0	mm
	werkelijke hart op hart afstand	$s = (b - 2 * c_{zij} - 2 * d_{bg} - d_{trek}) / (n - 1)$	= 104	mm
	gemiddelde h.o.h.- afstand staven	$s_{gem} = b / \sum n_{trek}$	= 103	mm
	toelaatbare scheurwijdte	w milieuklasse A	= 0,30	mm
	toelaatbare scheurwijdte	w milieuklasse B	= 0,20	mm
	toelaatbare scheurwijdte	w maatgevende waarde	= 0,20	mm
	toelaatbare staafdiameter	d_{max} zonder de invloed van k_x	= 25	mm
	toelaatbare hart op hart-afstand	s zonder de invloed van k_x	= 200	mm
	toegepaste dekking op buitenste wapening	$c_{applied} = c_{trekzijde}$	= 40	mm
	minimale betondekking	$c_{nom} = c_{min} + \sum \Delta c_{dev}$ (incl. correcties)	= 40	mm
	vergrotingsfactor	$k_x = c_{applied} / c_{nom} \leq 2,0$	= 1,00	-
	toelaatbare staafdiameter	d_{max} met de invloed van factor en k_x	= 16,3	mm
	toelaatbare hart op hart-afstand	s met de invloed van k_x	= 200	mm
	(7.6N) correctiefactor buiging (diameter)	factor = $f_{ct,eff} * k_c * h_{cr} / \{ 2,9 * 2 * (h-d) \}$	= 0,65	-
	(7.7N) correctiefactor trek (diameter)	factor = $f_{ct,eff} * h_{cr} / \{ 2,9 * 8 * (h-d) \}$	= 0,41	-
	gemiddelde axiale treksterkte	$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ tabel 3.1	= 2,90	N/mm ²
	coëfficiënt afhankelijk van spanningsverdeling	k_c = buiging = 0,4, trek = 1,0	= 0,40	-
	hoogte trekzone direct voor scheuren	h_{cr} = 0,5 h bij rechthoekige doorsnede	= 150	mm
	afstand hart wapening tot buitenkant beton	(h-d)	= 46	mm
	maatgevende correctiefactor	voor toelaatbare diameter	= 0,65	-

controle scheurwijdte met berekening art. 7.3,4

7.8 berekende scheurwijdte	$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$	=	0,11	mm
	$s_{r,max}$	=	271,9	mm
7.9	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \{ \sigma_s - k_t \cdot f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}) \} / E_s =$		0,000211	-
minimale waarde	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \geq 0,6 \sigma_s / E_s$	=	0,000418	-
maatgevende waarde	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$	=	0,000418	-
	$\sigma_s = M_{fr} / M_{Ed} \cdot A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} \cdot f_{yd}$	=	139	N/mm ²
gemiddelde waarde treksterkte op tijd t	$f_{ctm(t)}$	=	2,90	N/mm ²
gemiddelde waarde treksterkte	$f_{ct,eff}$ op tijdstip van eerste scheuren	=	2,90	N/mm ²
7.10	$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1 A_p) / A_{c,ef}$	=	0,015	-
doorsnede trekwapening	$A_s = A_{aanw,trek}$	=	1097	mm ²
7.3.2(3) doorsnede voorspanelementen	A_p	=	0	mm ²
	$A_{c,eff}$ minimum waarde onderstaande formules	=	73081	mm ²
meewerkend oppervlak	$A_{c,eff} = b \cdot 2,5 (h-d)$	=	115000	mm ²
	$A_{c,eff} = b \cdot (h-x) / 3$	=	73081	mm ²
van toepassing bij zuivere trek!	$A_{c,eff} = b \cdot h / 2$	=	150000	mm ²
7.5	ξ_1	=	0	-
factor	k_t	=	0,4	-
	E_s	=	200000	N/mm ²
7.11 +C2:2011-NB2016	$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 d_{eq} / \rho_{p,eff} < \max \{ (50 - 0,8 f_{ck})^\Phi \text{ en } 15^\Phi \}$	=	271,9	mm
	maximum van $(50 - 0,8 f_{ck})^\Phi$ en 15^Φ	=	312,0	mm
maximale hoh om 7.11 toe te mogen passen	$h.o.h. s_{gen} \leq 5 (c + \varphi / 2)$ met $\varphi = d_{eq}$	<=	230	mm
dekking op de beschouwde staaf	c	=	40	mm
7.12	$d_{eq} = (n_{b1} \cdot d_{eq}^2 + n_{b2} \cdot d_{eq}^2) / (n_{b1} \cdot d_{eq} + n_{b2} \cdot d_{eq}) =$	=	12,0	mm
	$k_1 =$	=	0,8	-
	$k_2 =$	=	0,5	-
7.13 tussenliggende waarden	$k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1$	=	n.t.b.	-
	$k_3 =$	=	3,4	-
	$k_4 =$	=	0,425	-
7.14 bovengrens als $s_{gen} > 5 (c + \varphi / 2)$	$s_{r,max} = 1,3 (h-x)$	=	285	mm
hoogte betondrukzone	$x =$	=	81	mm
7.15 bovengrens	$s_{r,max} = 1 / (\cos O / s_{r,max,y} + \sin O / s_{r,max,z})$	=	n.t.b.	mm
bij wapening onder een hoek O				
berekening van de betondrukzone x en kruipfactor	φ in de bruikbaarheidsgrenstoestand			
oppervlakte van de betondoorsnede	$A_c = b \cdot h$	=	300000	mm ²
omtrek dat bloot staat aan uitdroging	$u =$ 2 zijden 2b	=	2000	mm
fictieve dikte	$h_0 =$ 2 Ac / u (ho <= 1500)	=	300	mm
3.1.4 kruipfactor a.d.h.v. grafiek 3.1 (2)	φ bepaald volgens art. 3.1.4	=	1,83	-
7.20 gereduceerde elasticiteitsmodulus	$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi)$	=	11657	N/mm ²
effectieve verhouding elasticiteitsmodulus	$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$	=	17,2	-
hoogte betondrukzone x in BGT	$x = [- \alpha_e \rho + \sqrt{ \{ (\alpha_e \rho)^2 + 2 \alpha_e \rho \} }] d$	=	80,8	mm
7.3.2(2) minimum wapening vereist	$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s$	=	348	mm ²
coëfficiënt	$k =$ factor voor lijven en flenzen	=	1,00	-
oppervlakte beton binnen trekzone	$A_{ct} = 0,5 bh$ (vlak voor het scheuren)	=	150000	mm ²
maximaal toelaatbare spanning in staal	$\sigma_s = f_{yk}$ tbv berekening minimum wapening	=	500	N/mm ²

opmerking:

controle pons(-wapening)
berekening volgens eurocode : NEN-EN 1992

middenkolom rond 380 mm
348 kN

algemene gegevens

werk
werknummer
onderdeel
ontwerpsituatie (art. 2.4.2.4)

Slibbuffer RWZI Elburg
WAPA170124
Vloer: Bijlage D2
blijvend en tijdelijk

gegevens geometrie en belasting

kwaliteit beton
kwaliteit staal
soort poer

betonklasse
staalsoort
betreft deze berekening een funderingspoer op staal?

= C30/37
= B 500
= nee

vloerdikte
betondekking
diameter vloerwapening y-richting
diameter vloerwapening z-richting
rekenwaarde ponsbelasting
soort kolom
afmeting kolom

h
 $C_{hoofdwapening}$
 $d_{s,y}$ ligt in de eerste laag van buiten
 $d_{s,z}$ ligt in de tweede laag van buiten
V
middenkolom rond
diameter ronde kolom c

= 300 mm
= 40 mm
= 12 mm
= 12 mm
= 348 kN
middenkolom rond
= 380 mm

trekwapening in y-richting in de vloer
trekwapening in z-richting in de vloer
verhoging schuifsterkte t.g.v. toepassing staalvezels e.d.

$A_{s,y}$ ($6d_y = 1524$ mm)
 $A_{s,z}$ ($6d_z = 1452$ mm)

= 1131 mm²/m
= 1131 mm²/m
= 0 N/mm²

excentriciteit belasting en sparring in de buurt van de kolom

excentriciteit ponskracht in y-richting
excentriciteit ponskracht in z-richting
afstand zijkant kolom tot begin sparring
lengte sparring in richting naar kolom
breedte sparring loodrecht daarop

$e_y = e$ (in richting c2) met $M_{Ed,y} = V_{Ed} \cdot e$
 $e_z = e_{pm}$ (in richting evenwijdig plaatrand)
 a_{sp}
 $l_{sparring} = L1$
 $b_{sparring} = L2$

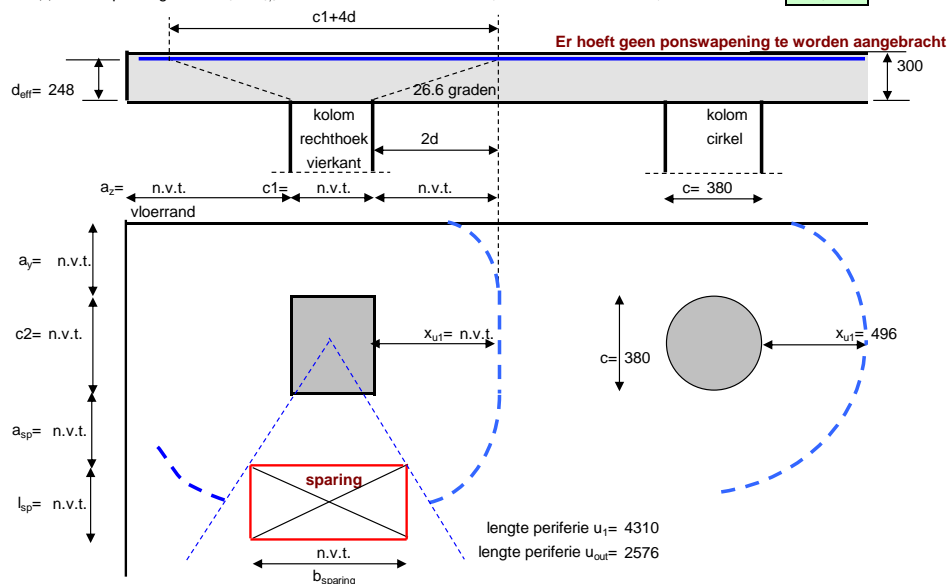
= 0 mm
= 0 mm
= 0 mm
= 0 mm
= 0 mm

de wijze waarop de factor β wordt berekend bij art 6.4.3 (6)

wijze van berekenen = nauwkeurig

unity-check pons zonder wapening

6.38 ponsbelasting $\beta V_{Ed} / V_{Rd,c} = 1,00$ 348 / 582 = 0,60
6.4.3(2)b schuifspanning $V_{Ed} / V_{Rd,c} = 0,33$ / 0,54 = 0,60



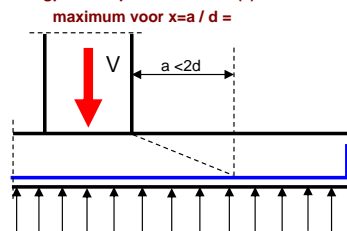
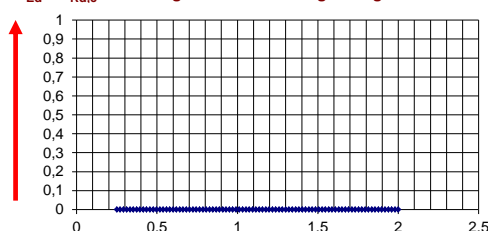
samenvatting resultaten zonder ponswapening

rekenwaarde ponsbelasting	V_{Ed}	=	348	kN
resulterende lengte periferie	u_1	=	4310	mm
opneembare schuifspanning	$V_{Rd,c}$	=	0,54	N/mm ²
opneembare belasting zonder wapening	$V_{Rd,c}$	=	582	kN

berekening ponscirkel, factor β , periferie

nuttige hoogte in y richting	d_y	=	254	mm
nuttige hoogte in z richting	d_z	=	242	mm
6,32 effectieve nuttige hoogte	$d = d_{gemiddeld} = d_{eff} = (d_y + d_z) / 2$	=	248	mm
afstand tot 1e periferie 2d of a	2d	=	496	mm

$y = V_{Ed} / V_{Rd,c}$ voor a geldt : $a < 2d$ deze grafiek geldt alleen voor funderingpoeren op staal art. 6.4.4(2)



in onderstaande formules geldt:	$d = d_{eff}$	=	248	mm
middenkolom rond	$A = \frac{1}{4} \pi * (c + 4d)^2$	=	1,48	m ²
middenkolom rechthoekig	$A = c_1 c_2 + \frac{1}{4} \pi (4d)^2 + 4d (c_1 + c_2)$	=	1,67	m ²
randkolom rechthoekig	$A = (a_y + c_2)(c_1 + 4d) + 2dc_1 + 0,125 \pi (4d)^2$	=	1,10	m ²
hoekkolom rechthoekig	$A = (a_y + c_2)(a_z + c_1 + 2d) + 2d(a_z + c_1) + \frac{1}{16} \pi (4d)^2$	=	0,71	m ²
maatgevend oppervlak	A	=	1,48	m ²
reductie ponsbelasting	$V_{red} = A \cdot p_d$	=	0,0	kN
6,48 rekenwaarde ponsbelasting	$V_{Ed} = V - V_{red}$	=	348	kN
6,38 rekenwaarde schuifspanning pons	$v_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} / u_1 \cdot d_{eff}$	=	0,33	N/mm ²
maatgevende correctiefactor	$\beta_{nauwkeurig} = 1,00$ $\beta_{benadering} = 1,15$	$\beta =$	1,00	-

berekening β

6,39 middenkolom rechthoekig	$\beta = 1 + k \cdot M_{Ed} / V_{Ed} \cdot u_1 / W_1$	=	1,00	ter info
(nauwkeurige berekening)	k factor uit tabel 6,1	=	0,60	-
met deze berekening wordt NIETS gedaan!	$M_{Ed,y} = V_{Ed} \cdot e_y$	=	0,00	kNm
periferie	u_1	=	4,31	m
6,41	$W_1 = c_1^2 / 2 + c_1 c_2 + 4c_2 d + 16 d^2 + 2 p \cdot dc_1$	=	1,580	m ²
	$c_1 =$ kolomafmeting evenwijdig aan excentriciteit	=	380	mm
	$c_2 =$ kolomafmeting loodrecht op excentriciteit	=	380	mm
	c_1 / c_2	=	1,00	-

verhouding tbv tabel 6,1

benaderingsformules β

in onderstaande formules geldt: $d = d_{eff} =$	248 mm	nauwkeurig	benadering
6,42 middenkolom rond	$\beta = 1 + 0,6 \pi \cdot e / (D + 4d)$	=	1,00 1,15
6,43 middenkolom rechthoekig	$\beta = 1 + 1,8 \sqrt{\{ (e_y / b_2)^2 + (e_z / b_1)^2 \}}$	=	1,00 1,15
6,44 randkolom rechthoekig	$\beta = u_1 / u_{1r} + k \cdot u_1 \cdot e_{par} / W_1$	=	1,16 1,40
6,46 hoekkolom rechthoekig	$\beta = u_1 / u_{1r}$	=	1,33 1,50

factoren om bovenstaande formules te berekenen

diameter ronde kolom	$D = c$	=	380	mm
excentriciteiten	e_y in richting c2 (kolomhoogte)	=	0	mm
excentriciteiten	e_z in richting c1 (kolombreedte)	=	0	mm
	$b_y = c_1 + 4d$	=	2364	mm
	$b_z = c_2 + 4d$	=	2364	mm
fig. 6,20 a randkolom rechthoekig	$u_{1r} = \min(3d \text{ of } c_1) + c_2 + 2 \pi d_{eff}$	=	2318	mm
	k	=	0,45	-
	$c_1 / 2 \cdot c_2$	=	0,50	-
	e_{par} (excentriciteit evenwijdig aan plaatrand)	=	0	mm
6,45	$W_1 = c_2^2 / 4 + c_1 c_2 + 4c_1 d + 8 d^2 + \pi \cdot dc_2$	=	1,346	m ²
fig. 6,20 b hoekkolom rechthoekig	$u_{1r} = \min(1,5d \text{ of } 0,5c_1) + \min(1,5d \text{ of } 0,5c_2) + \pi d_{eff}$	=	1159	mm

berekening periferie

in onderstaande formules geldt: $d=d_{eff}$	248 mm	
middenkolom rond	$u_1 = \pi \cdot (c+4 \cdot d_{eff})$	= 4310 mm
middenkolom rechthoekig	$u_1 = 2(c_1+c_2) + 4\pi d_{eff}$	= 4636 mm
randkolom rechthoekig	$u_1 = 2a_y+c_1+2c_2 + 2\pi d_{eff}$	= 2698 mm
hoekkolom rechthoekig	$u_1 = a_y+a_z+c_1+c_2+\pi d_{eff}$	= 1539 mm
lengte van de periferie	u maatgevende waarde	= 4310 mm
grenswaarde afstand sparing-kolom	$a_{grens}=6 \cdot d_{eff}$	= 1488 mm
effectieve breedte van de sparing	$L_{sp}=als L_2>L_1; L_2 ; \sqrt{L_1 \cdot L_2}$	= 0 mm
reductie ivm sparingen binnen 6d	$u_{1,red}=(0,5c_2+2d_{eff}) / (0,5c_2+a_{sp}) \cdot L_{sp}$	= 0 mm
resulterende lengte periferie	$u_1 = u - u_{1,red}$	= 4310 mm

berekening opneembare ponskracht zonder wapening en de maximale ponskracht

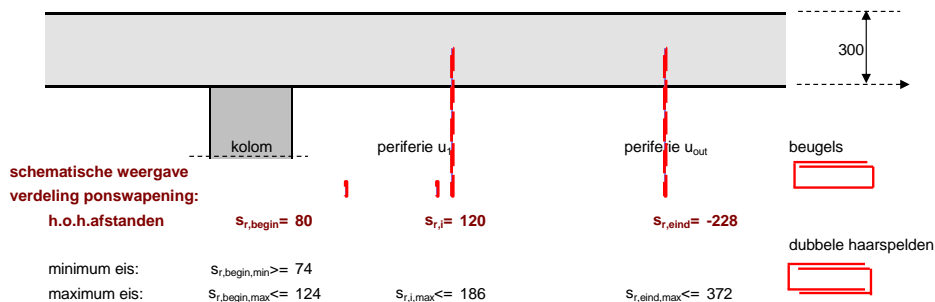
materiaalfactor beton	γ_c	= 1,50 -
materiaalfactor wapeningstaal	γ_s	= 1,15 -
		1,00 -
6.47 opneembare schuifsterkte	$V_{Rd,c}=C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3}$	= 0,54 N/mm ²
correctiefactor schuifsterkte	$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$	= 0,12
ondergrens schuifsterkte	$V_{Rd,c,min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$	= 0,50 N/mm ²
opneembare schuifsterkte	$V_{Rd,c} = 0,54 + 0,00$	= 0,54 N/mm ²
schaalfactor	$k=1 + \sqrt{(200/d_{eff})} \leq 2,0$	= 1,90 -
karacteristieke kubusdruksterkte	f_{ck}	= 37,0
karacteristieke cilinderdruksterkte	$f_{cd}=f_{ck} / \gamma_c$	= 30,0 N/mm ²
3.15 rekenwaarde betondruksterkte	$f_{cd}=f_{ck} / \gamma_c$	= 20,0 N/mm ²
wapeningsverhouding in z richting	$\rho_{1,y} = A_{s,y} / b \cdot d_y$ met $b=1000mm$	= 0,0045 -
wapeningsverhouding in y richting	$\rho_{1,z} = A_{s,z} / b \cdot d_z$ met $b=1000mm$	= 0,0047 -
gemiddelde wapeningsverhouding	$\rho_1 = \sqrt{\rho_{1,y} \cdot \rho_{1,z}} \leq 0,02$	= 0,0046 -
maximaal opneembare schuifspanning	$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$	= 4,22 N/mm ²
	$v=0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$	= 0,528
opneembare belasting zonder wapening	$V_{Rd,c} = v \cdot V_{Rd,c} \cdot u_1 \cdot d_{eff} \cdot 10^{-3}$	= 582 kN
maximaal toelaatbare ponsbelasting	$V_{Rd,max} = v \cdot V_{Rd,max} \cdot u_1 \cdot d_{eff} \cdot 10^{-3}$	= 4515 kN
6.51 schuifspanning bij excentrische belasting	$V_{Ed} = V_{Ed,red} / u \cdot d \cdot (1 + k \cdot M_{Ed} \cdot u / V_{Ed,red} \cdot W)$	= 0,33 N/mm ²

invoergegevens berekening ponswapening

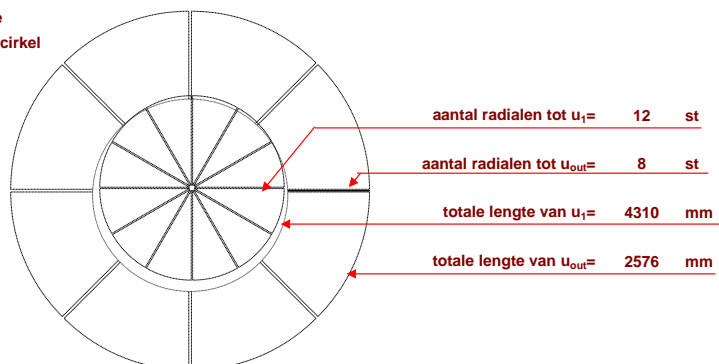
soort ponswapening (beugels / haarspelden / neegebogen staven)	neergebogen wapening (2-snedig)	
hoek van ponswapening	α	45 graden
diameter ponswapening	d_{sw} (alle wapening werkt dubbelsnedig)	= 10 mm
hoeveelheid toe te passen ponswapening	n_1 (per ponscirkel tot periferie u_1)	= 12 st
(beugels, dubbele haarspelden, neegebogen)	n_{out} (per ponscirkel tot periferie u_{out})	= 8 st
	n_2 (per radiaal)	= 2 st
radiaalafstand 1e perimeter ponswapening	$s_{r,begin}$ afstand 1e ponswapening tot kolom	= 80 mm
radiaalafstand perimeters ponswapening	$s_{r,i} < 0,75 \cdot d$ afstand overige ponswapening	= 120 mm

unity-check pons met wapening

grootste waarde van de unitychecks	ponswapening mag stoppen op $u_{out} - 1,5 \cdot d$	= n.v.t. -
------------------------------------	---	------------



schematische weergave
verdeling radialen ponscirkel



benodigde ponswapening per ponscirkel	A_{sw}	enkelsnedig	=	0	mm ²
maatgevende waarde "straal" periferie	x_{out}	maat vanaf kolom met ponswapening	=	220	mm
tussenafstand beugels / haarspelden	$s_{bgl,min}$	in periferie u_{min}	=	150	mm
tussenafstand beugels / haarspelden	$s_{bgl,max}$	in periferie u_{max}	=	126	mm

onderstaande unity-checks zijn NIET VAN TOEPASSING, er is GEEN ponswapening nodig

gekozen ponswapening	$A_{sw} / A_{sw,aanw,u1}$	0	/	1885	=	0,00	-
gekozen ponswapening	$A_{sw} / A_{sw,aanw,u_{out}}$	0	/	1257	=	0,00	-
maximum ponsweerstand (6,53)	$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	1,18	/	4,22	=	0,28	-
beginafstand radiaal, minimum	$s_{r,begin,min} / s_{r,begin}$	74	/	80	=	0,93	-
beginafstand radiaal, maximum	$s_{r,begin} / s_{r,begin,max}$	80	/	124	=	0,65	-
tussenafstand radiaal, maximum	$s_{r,i} / s_{r,i,max}$	120	/	186	=	0,65	-
eindafstand radiaal, maximum	$s_{r,eind} / s_{r,eind,max}$	-228	/	372	=	-0,61	-
hart op hart tangentiaal u_1	$s_{t,1} / s_{t,1,min}$	180	/	372	=	0,48	-
hart op hart tangentiaal u_{out}	$s_{t,out} / s_{t,out,min}$	180	/	496	=	0,36	-
minimum doorsnede ponswap.	$A_{s,w,min} / A_{s,w}$	8,9	/	79	=	0,11	-

art. 6.4.5 berekening ponswapening met beugels dubbele haarspelden of neergebogen staven

op te nemen ponskracht met wapening		$V_{Rd,s}=V_{Rd,s} \cdot u_1 \cdot d_{eff} \cdot 10^{-3}$	=	0,0	kN
schuifspanning met ponswapening		$V_{Rd,cs}=V_{Ed} - 0,75 \cdot V_{Rd,c}$	=	0,00	N/mm ²
toelaatbare staalspanning		$f_{y,wd,el}=250 + 0,25 \cdot d \leq f_{y,wd}$	=	312,0	N/mm ²
staaltrekspanning		f_{yk}	=	500	N/mm ²
rekenwaarde staaltrekspanning		$f_{y,wd}=f_{yd}$ met $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	=	435	N/mm ²
benodigde ponswapening per mm (radiaal)		$A_{sw,r} = A_{sw} / s_{r,i,max}$	=	0,0	mm ² /mm
6.52	benodigde ponswapening per ponscirkel	$A_{sw}=[V_{Rd,cs} \cdot u_1 \cdot d_{eff} / (1,5 \cdot (d/s_r) \cdot f_{y,wd,el}) / \sin \alpha$	=	0	mm ²
verhoudingsgetal		(d/s_r)	=	2,07	-
doorsnede neergebogen wapening (2-snedig)		$A_{p,sw} = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d_{sw}^2$	=	157	mm ² /bgl
aanwezige ponswapening tot ponscirkel u_1		$A_{sw,aanw}=n_1 \cdot A_{p,sw}$	=	1885,0	mm ²
aanwezige ponswapening tot ponscirkel u_{out}		$A_{sw,aanw}=n_{out} \cdot A_{p,sw}$	=	1256,6	mm ²
6.53	direct langs de kolom is de ponsweerstand begrenst tot de maximum waarde:	$v_{Ed}=\beta V_{Ed} / u_0 d \leq v_{Rd,max}$	=	1,18	N/mm ²
waarin		$V_{Rd,max} = 4,22$	$\beta = 1,00$	$V_{Ed}= 348$	$d= 248$ mm
middenkolom		$u_0 =$ minimale omtrek kolom			= 1194 mm
randkolom		$u_0 = c_2 + 3d \leq c_2+2 \cdot c_1$	met	$c_2+2 \cdot c_1 = 1140$	= 1124 mm
hoekkolom		$u_0 = 3d \leq c_1 + c_2$	met	$c_1 + c_2 = 760$	= 744 mm
$V_{Ed}= 348$		$0,113$	$0 = 348$	maatgevende waarde voor $u_0= 1194$ mm	



eisen te stellen aan ponswapening

kleinste afstand 1e ponswap v.a.kolom	$S_{r,begin,min} \geq 0,3d$	radiaal afstand	=	74	mm
grootste afstand 1e ponswap v.a.kolom	$S_{r,begin,max} \leq 0,5d$		=	124	mm
maximale radiaalafstand	$S_{r,i,max} \leq 0,75 d_{eff}$		=	186	mm
grootste afstand laatste ponswap tot u_{out}	$S_{r,eind,max} \leq 1,5d$		=	372	mm
9.4.3 max. afstand binnen 1e periferie ($\leq 2d$)	$S_{t,i} \leq 1,5d$	tangentiaal afstand	=	372	mm
max. afstand buiten 1e periferie ($> 2d$)	$S_{t,out} \leq 2d$	tangentiaal afstand	=	496	mm
9.11 minimum oppervlak enkele ponswapening	$A_{sw,min} = 0,08 s_r \cdot s_t \cdot \sqrt{f_{ck}} / (1,5 \sin(\alpha) + \cos(\alpha)) f_{yk}$ met $s_r = 120$ en $s_t = 150$		=	8,9	mm ² /staaf

benodigde periferie u_{out} zonder ponswapening

6.54 lengte periferie zonder ponswapening	$u_{out} = \beta \cdot V_{Ed} / V_{Rd,c} \cdot d_{eff}$		=	2576	mm
middenkolom rond	$X_{out} = \{ u_{out} - \pi \cdot c \} / 2\pi$		=	220	mm
middenkolom rechthoekig	$X_{out} = \{ u_{out} - 2(c_1 + c_2) \} / 2\pi$		=	168	mm
randkolom rechthoekig	$X_{out} = \{ u_{out} - 2a_y - 2c_2 - c_1 \} / \pi$		=	457	mm
hoekkolom rechthoekig	$X_{out} = \{ u_{out} - a_y - a_z - c_2 - c_1 \} \cdot 2 / \pi$		=	1156	mm
maatgevende waarde "straal" periferie	X_{out} maat vanaf kolom tot u_{out}		=	220	mm

verdeling ponswapening

afstand eerste ponswapening tot kolom	$S_{r,begin}$		=	80	mm
tussenafstand overige ponswapening	$s = (n_2 - 1) S_{r,i}$		=	120	mm
afstand laatste ponswapening tot u_{out}	$S_{r,eind} = X_{out} - S_{r,begin} - (n_2 - 1) S_{r,i} - d$		=	-228	mm
		totaal =	=	-28	mm

breedte en tussenafstand beugels / haarspelden in laatste periferie van 1e ponscirkel

afstand zijkant kolom tot u_1	$x_{u1} = 2d_{eff}$		=	496	mm
max aantal ponswapeningstaven tot u_1	$n_3 = 1 + (X_{u1} - S_{r,begin}) / S_{r,i}$		=	4,5	st
max aantal ponswapeningstaven tot u_1	n_3 afgerond		=	4	st
straal vanaf kolom	$x_{min} = S_{r,begin} + (n_3 - 1) \cdot S_{r,i}$		=	440	mm

berekening omtrek en minimale breedte laatste ponswapening voor u_1

middenkolom rond	$u_{min} = \pi \cdot (c + 2 \cdot x_{min})$		=	3958	mm
middenkolom rechthoekig	$u_{min} = 2(c_1 + c_2) + 2\pi \cdot x_{min}$		=	4285	mm
randkolom rechthoekig	$u_{min} = 2a_y + c_1 + 2c_2 + \pi \cdot x_{min}$		=	2522	mm
hoekkolom rechthoekig	$u_{min} = a_y + a_z + c_1 + c_2 + 0,5\pi \cdot x_{min}$		=	1071	mm
maatgevende waarde	u_{min}		=	3958	mm
tussenafstand beugels / haarspelden	$u_{min} / n_1 - b_{hrsp}$ met $b_{hrsp} = 180$		=	150	mm
gemiddelde breedte ponsbeugel in u_1	$S_{t,1} = b_{hrsp, in u,1} = 0,5 \cdot u_{min} / n_1$		=	165	mm

berekening breedte en tussenafstand beugels / haarspelden in laatste periferie (vlak bij u_{out})

straal vanaf kolom	$x_{max} = S_{r,begin} + s$		=	200	mm
--------------------	-----------------------------	--	---	-----	----

berekening omtrek en minimale breedte laatste ponswapening voor u_{out}

middenkolom rond	$u_{max} = \pi \cdot (c + 2 \cdot x_{max})$		=	2450	mm
middenkolom rechthoekig	$u_{max} = 2(c_1 + c_2) + 2\pi \cdot x_{max}$		=	2777	mm
randkolom rechthoekig	$u_{max} = 2a_y + c_1 + 2c_2 + \pi \cdot x_{max}$		=	1768	mm
hoekkolom rechthoekig	$u_{max} = a_y + a_z + c_1 + c_2 + 0,5\pi \cdot x_{max}$		=	1074	mm
maatgevende waarde	u_{max}		=	2450	mm
tussenafstand beugels / haarspelden	$u_{max} / n_{out} - b_{hrsp}$ met $b_{hrsp} = 180$		=	126	mm
gemiddelde breedte ponsbeugel in u_{out}	$S_{t,out} = b_{hrsp, in u,out} = 0,5 \cdot u_{max} / n_{out}$		=	153	mm

opmerking:



berekening buigwapening in een rechthoekige betondoorsnede: **500 x 1100**
volgens eurocode 1992-1-1 inclusief controle scheurwijdte en betondekking

algemene gegevens	werk	Slibbuffer RWZI Elburg
	werknnummer	WAPA170124
	onderdeel	Randbalk: Bijlage D3
2.4.2.4	ontwerpsituatie	blijvend en tijdelijk
buigend moment in de doorsnede		
rekenwaarde moment voor hervredelen	$M_{Ed, elastisch}$	= 158 kNm
rekenwaarde moment na hervredelen	$M_{Ed, totaal} (= M_{Ed, hervredeeld})$	= 158 kNm
invloedsfactor minimum wapening	belang van het constructieonderdeel	secundair
doorsnedegegevens en wapening		
kwaliteit beton	betonklasse	= C30/37
kwaliteit staal	staalsoort	= B 500
wapeningsklasse	A, B of C	= B -
betonbreedte	b	= 500 mm
betonhoogte	h	= 1100 mm
betondekking gedrukte zijde	$C_{drukszijde}$ dekking op de buitenste wapening	= 45 mm
betondekking getrokken zijde	$C_{trekszijde}$	= 45 mm
betondekking zijkanten	$C_{zijkant}$	= 45 mm
wapening aan getrokken zijde	aantal n1	= 2 stuks
	diameter d_1	= 20 mm
	aantal n2	= 2 stuks
	diameter d_2	= 16 mm
wapening aan gedrukte zijde	aantal n3	= 4 stuks
	diameter d_3	= 12 mm
	aantal n4	= 0 stuks
	diameter d_4	= 0 mm
flankwapening per zijde	aantal n5	= 4 stuks
	diameter d_5	= 8 mm
beugels (of verdeelwapening in buitenste laag)	diameter d_{bg}	= 8 mm
scheurwijdte zonder berekening en betondekking		
verhouding tussen de frequente combinatie en uiterste grenstoestand:	M_{fr} / M_{Ed}	= 0,82 -
a ontwerpduur		= 50 jaar
b omgevingsfactoren	milieuklasse A (kies uit X0- XC- XD- of XS-serie)	= XC4 -
b	milieuklasse B (kies uit X0- XC- XD- of XS-serie)	= XD3 -
c soort constructie	soort constructie	= balk
d dekking verhogen bij oncontroleerbaarheid van de wapening (geen eis in eurocode)		= nee
e wordt de beton nabewerkt		= nee
f verhoging dekking bij toepassing grote grindkorrel (>32mm) tabel 4.2		= nee
g ondergrond waarop gestort wordt		= bekisting
h bundeling wapeningstaven (trekwapening)	worden staven d_1 gebundeld?	= nee
h	worden staven d_2 gebundeld?	= nee
i kwaliteitsbeheersing	is specifieke kwaliteitsbeheersing gewaarborgd?	= nee
j luchtinsluiting	luchtinsluiting van meer dan 4% toegepast?	= nee
k verhoging dekking bij toepassing grote staafdiameter (>25mm) geen eis in eurocode		= nee
gegevens invloedsfactoren met berekende scheurwijdte		
k1 aanhechteigenschap	de aanhechting van de wapeningstaven is	goed
k2 wijze van belasting	de betondoorsnede wordt belast door	buiging
kt belastingduur (bij berekende scheurwijdte)	de belastingduur is	langdurend
milieuklasse	de milieuklasse van de beton is	b) buitenmilieu - RH=80%
belasten constructie na aantal dagen	de constructie wordt belast na t_0 is	30 dagen
cementklasse	de gekozen cementklasse is	N
omtrek dat bloot staat aan uitdroging	het aantal zijden dat aan uitdroging bloot staat is	3 zijden b+2h

resultaten

opneembaar moment

maatgevende waarde opneembaar moment $M_{Rd,totaal}$ bij gekozen wapening = 455 kNm

buigwapening

totale hoeveelheid trekwapening benodigd $A_{s1,totaal} = A_{s1} + A_{s2}$ = 423 mm²
totale hoeveelheid drukwapening benodigd $A_{s2} = M_{Ed2} / (f_{y,d} \cdot (d-d_2)) \cdot 10^6$ = 0 mm²
minimum wapening ρ_{min1} = 423 mm²

scheurwijdte

toelaatbare scheurwijdte $w \cdot k_x$ = 0,20 mm
scheurwijdtecontrole zonder berekening maximum staafdiameter = 44,1 mm
scheurwijdtecontrole zonder berekening maximum hart op hart afstand = 200,0 mm
optredende scheurwijdte met berekening w_k = 0,18 mm

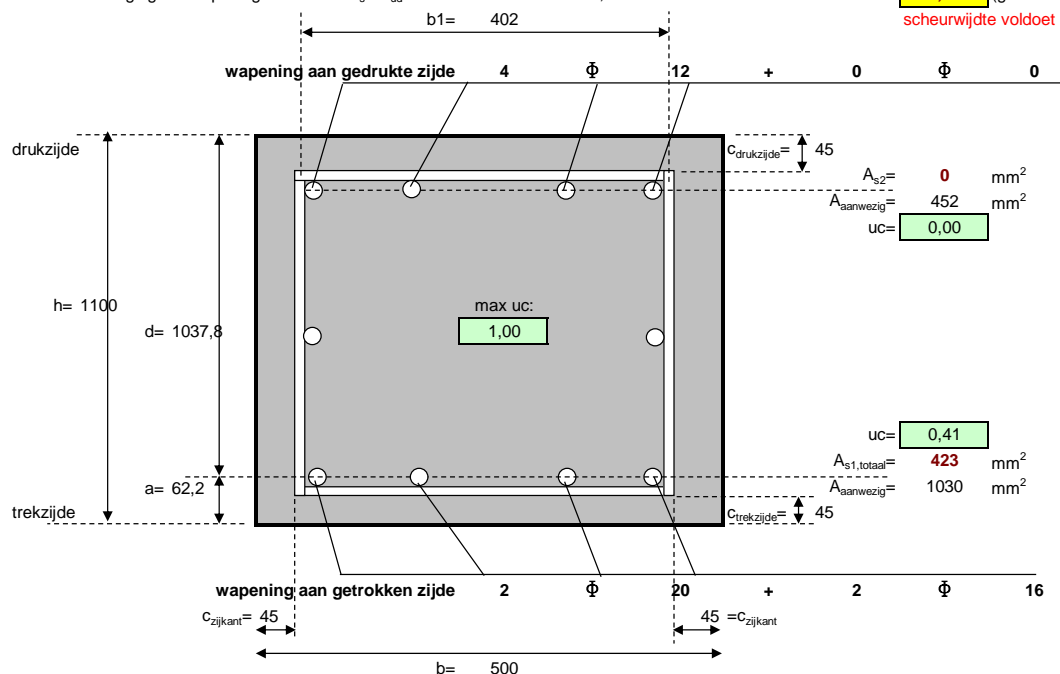
betondekking

minimum betondekking c_{nom} op de buitenste wapening = 45 mm
constructieklasse (betondekking) S 4

unity-checks buigwapening, scheurwijdte en dekking, herverdeling

buigend moment	$M_{Ed,totaal} / M_{Rd,totaal}$	158	/	455	= 0,35
trekwapening benodigd	$A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek}$	423	/	1030	= 0,41
drukwapening benodigd	$A_{s2} / A_{aanw,druk}$	0	/	452	= 0,00
herverdeling momenten	δ / δ_{her}	0,70	/	1,00	= 0,70
positie drukwapening	$d_2 / d_{2,max}$	59,0	/	7,8	= 0,00
minimum wapeningspercentage	ρ_{min} / ρ_{trek}	0,13	/	0,20	= n.v.t.
9.2.1.1(3) maximum percentage trekwap.	ρ_{trek} / ρ_{max}	0,19	/	4,0	= 0,05
maximum percentage drukwap.	ρ_{druk} / ρ_{max}	0,08	/	4,0	= 0,02
scheurwijdte zonder berekening	diameter of hoh afstand	0,41	of	0,63	= 0,41
scheurwijdte met berekening	$w_k / w \cdot k_x$	0,18	/	0,20	= 0,91
min. wapening bij scheurwijdte	$A_{s,min} / A_{aanw,trek}$	637	/	1030	= 0,62
minimale betondekking	$c_{nom} / c_{trekzijde}$	45	/	45	= 1,00
moment ongescheurde doorsnede	$M_{Ed,totaal} / M_f$ (ongewapend)	158	/	292	= 0,54 (geen eis)
verlenging trekwapening	$\varepsilon_s / \varepsilon_{ud}$	174,1	/	45	= 3,87 (geen eis)

scheurwijdte voldoet



betondekking

berekening minimum betondekking op trekwapening

Randbalk: Bijlage D3

tab4.3N correctie van de constructieklasse: uitgangspunt: constructieklasse bij 50 jaar

- a correctie tgv ontwerp levensduur
- b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse A of B)
- c correctie tgv geometrie
- i correctie tgv kwaliteitsbeheersing
- totale waarde constructieklasse
- b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse A)
- b, j correctie tgv betonsterkteklasse (afhankelijk van milieuklasse B)

berekening van de nominale dekking voor hoofdwapening en beugels (in mm)

tabel 4.2 minimum dekking t.g.v. **aanhechting**

tab 4.4N minimum dekking tgv milieuklasse A

minimum dekking tgv milieuklasse B

resulterende minimum dekking

e correctie tgv nabewerking

gecorrigeerde min. dekking **duurzaamheid**

4.2 **minimum dekking**

toeslagen uitvoeringstoleranties

g storten op werkvloer / maaiveld / kist

d t.g.v. oncontroleerbaarheid

4.1 nominale waarde betondekking

k t.g.v. toegepaste hoofdwapening >25mm

equivalente staafdiameter

dekking op de buitenste wapening

resulterende waarde minimale dekking

$$c_{min,b} > d_n \quad c_{grindkorrel} = 0$$

$$c_{min,dur}$$

$$c_{min,dur}$$

$$c_{min,dur} \quad (\text{duurzaamheid})$$

$$c_{extra}$$

$$c_{min,dur} \text{ inclusief } c_{extra}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm})$$

$$\Delta c_{dev}$$

$$\Delta c_{dev}$$

$$\Delta c_{dev}$$

geen eis in eurocode!

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

$$c_{nom} = 1,5 d_n$$

geen eis in eurocode!

$$d_n = \max(d_{1eq}; d_{2eq}) = 20,0$$

$$d_{bg} = 8$$

$$\text{Hoofdwapening: } c_{nom} - d_{bg} \quad \text{Beugels: } c_{nom}$$

$$c_{nom} \quad \text{op de buitenste wapening}$$

S	4	-
	0	-
	0	-
	0	-
	0	+
S	4	
	0	
	0	

	hoofdwapening	beugels
$c_{min,b} + c_{grindkorrel} =$	20	8
$=$	30	30
$=$	40	40
$=$	40	40
$=$	0	0
$=$	40	40
$=$	40	40
$=$	5	5
$=$	0	0
$=$	0	0
$=$	45	45
$=$	0	0
$=$	37	45
$=$	45	

wapeninggegevens

- totaal aantal staven in trekzone
- totaal aantal staven in drukzone
- gewogen gemiddelde diameter trekwapening
- gewogen gemiddelde diameter drukwapening
- doorsnede per staaf 1, trekwapening
- doorsnede per staaf 2, trekwapening
- doorsnede per staaf 3, drukwapening
- doorsnede per staaf 4, drukwapening
- doorsnede per staaf 5, flankwapening
- doorsnede per beugel enkelsnedig
- aantal snedige beugel bij dwarskracht
- horizontale maat in breedte van de balk
- aanwezige beugelwapening (n-snedig)
- horizontale beugelmaat (hartmaat)
- vertikale beugelmaat (hartmaat)
- aanwezige trekwapening
- aanwezige drukwapening
- aanwezige drukwapening
- aanwezige flankwapening
- zwaartepunt staven vanaf de beugel
- equivalente diameter wapening (buigwap)
- equivalente diameter trekwapening (scheurw)
- equivalente diameter drukwapening

$$\sum n_{trek} = n_1 + n_2$$

$$\sum n_{druk} = n_3 + n_4$$

$$d_{gem,trek} = (n_1 \cdot d_1 + n_2 \cdot d_2) / (n_1 + n_2)$$

$$d_{gem,druk} = (n_3 \cdot d_3 + n_4 \cdot d_4) / (n_3 + n_4)$$

$$D_1 = 0,25 \pi d_1^2$$

$$D_2 = 0,25 \pi d_2^2$$

$$D_3 = 0,25 \pi d_3^2$$

$$D_4 = 0,25 \pi d_4^2$$

$$D_5 = 0,25 \pi d_5^2$$

$$D_{bg} = 0,25 \pi d_{bg}^2$$

$$A_{sw} = 50,3 \text{ mm}^2$$

$$n_{sn}$$

$$n_{sn} = 2 \text{ snedig}$$

$$s_{t,bg} = b_1 / (n_{sn} - 1)$$

$$A_{bgls} = n_{sn} \cdot D_{bg} \cdot 1000 / s_{aanwezig}$$

$$b_1 = b - 2 c_{zijkant} - d_{bg}$$

$$h_1 = h - c_{trekzijde} - c_{drukzijde} - d_{bg}$$

$$A_{aanw,trek}$$

$$A_{aanw,druk}$$

$$\rho_{druk} = 100 \cdot A_{aanw,druk} / (b \cdot h \text{ (art. 9.2.1.1(3))})$$

$$A_{aanw,flank} \text{ per zijde}$$

$$z = (n_1 D_1 + n_2 D_2 + n_3 D_3 + n_4 D_4) / (n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

$$d_{equi,trek} = 2 \cdot z \text{ (t.b.v. berekening van d)}$$

$$d_{equi,trek} = (n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2) / (n_1 + n_2)$$

$$d_{equi,druk} = (n_3 d_3^2 + n_4 d_4^2) / (n_3 + n_4)$$

$=$	4,0	st
$=$	4,0	st
$=$	18,4	mm
$=$	12,0	mm
$=$	314,2	mm ²
$=$	201,1	mm ²
$=$	113,1	mm ²
$=$	0,0	mm ²
$=$	50,3	mm ²
$A_{sw} =$	50,3	mm ²
$n_{sn} =$	2	snedig
$=$	402	mm
$=$	670	mm ² /m'
$=$	402	mm
$=$	1002	mm
$=$	1030	mm ²
$=$	452	mm ²
$=$	0,08	%
$=$	201	mm ²
$=$	9,2	mm
$=$	18,4	mm
$=$	18,2	mm
$=$	12,0	mm

7.12

7.12

buigwapening

Randbalk: Bijlage D3

materiaalgegevens

materiaalfactor beton	γ_c	=	1,5	-
materiaalfactor wapeningstaal	γ_s	=	1,15	-
karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	30	N/mm ²
karakteristieke kubusdruksterkte	f_{ck}	=	37	N/mm ²
gemiddelde cilinderdruksterkte	$f_{cm}=f_{ck}+8$	=	38	N/mm ²
3.15 rekenwaarde betondruksterkte	$f_{cd}=f_{ck} / \gamma_c$	=	20,0	N/mm ²
3.4 gemiddelde cilindertreksterkte	$f_{ctm}=0,3f_{ck}^{(2/3)}$ als $f_{ck} \leq 50$ of $f_{ctm}=2,12 \ln(1+f_{cm}/10)$	=	2,90	N/mm ²
3.1.8(1) gemiddelde buigtreksterkte beton (3.23)	$f_{ctm,II} = \max (1,6 - h/1000) f_{ctm} ; f_{ctm})$	=	2,90	N/mm ²
karakteristieke ondergrens treksterkte	$f_{ctk0,05}=0,7f_{ctm}$	=	2,03	N/mm ²
3.16 rekenwaarde treksterkte	$f_{td}=f_{ctk0,05} / \gamma_c$	=	1,35	N/mm ²
elasticiteitsmodulus	$E_{cm}=22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3}$	=	32837	N/mm ²
3.5 elasticiteitsmodulus afgerond	E_{cm}	=	33000	N/mm ²
tabel 3.1 relatieve verkorting beton	$\varepsilon_{c3}=1,75+0,55 [(f_{ck} - 50) / 40]$ voor $f_{ck} \leq 50$; 1,75	=	1,750	‰
tabel 3.1 relatieve verkorting beton	$\varepsilon_{cu3}=2,6+35 [(90-f_{ck}) / 100]^4$ als $f_{ck} \geq 50$; 3,50	=	3,500	‰
elasticiteitsmodulus	$E=f_{cd}/\varepsilon_{c3}$	=	11429	N/mm ²
hoogte betondrukzone: $k_{xu,max} (*d)$	$k_{xu,max} = \varepsilon_{cu} 10^6 / (\varepsilon_{cu} 10^6 + 7f_{yd})$	=	0,535	-
maximum wapeningspercentage	$\rho_{max} = \alpha k_{xu,max} f_{cd} / f_{yd}$	=	1,845	%
factor oppervlak betondrukzone	$\alpha = \{ \varepsilon_{cu3} - (\varepsilon_{c3} / 2) \} / \varepsilon_{cu3}$	=	0,750	-
factor zwaartepunt betondrukzone	$\beta = \{ \varepsilon_{cu3}^2 - (\varepsilon_{c3}^2 * \varepsilon_{cu3}) + \varepsilon_{c3}^2 / 3 \} / \{ 2 \varepsilon_{cu3}^2 - \varepsilon_{c3} \varepsilon_{cu3} \}$	=	0,39	-
staaltrekspanning	f_{yk}	=	500	N/mm ²
rekenwaarde staaltrekspanning	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	=	435	N/mm ²
elasticiteitsmodulus wapeningstaal	E_s	=	200000	N/mm ²

berekening buigwapening (met trekwapening zonder drukwapening)

nuttige hoogte	$d=h-c-d_{bg}-0,5d_{equi,trek}$	=	1037,8	mm
maximale hoogte betondrukzone	$x_{u,max} = k_{xu,max} * d$	=	555,1	mm
hoogte betondrukzone	$x_u = [d - \sqrt{ d^2 - 4\beta M_{Ed} / (\alpha b f_{cd}) }] / 2\beta$	=	20,5	mm
maatgevende waarde betondrukzone	$x_u =$	=	20,5	mm
grootte betondrukkracht	$N_c = \alpha x_u f_{cd} b 10^{-3}$	=	153,4	kN
grootte staaltrekkracht	$N_s = A_s f_{yd} 10^{-3}$	=	153,4	kN
relatieve verlenging betonstaal	$\varepsilon_s = (d-x_u) * \varepsilon_{cu3} / x_u$	=	174,1	‰
verlenging volgens art. 3,2,7(2)	ε_{uk}	=	50	‰
maximaal toelaatbare verlenging	$\varepsilon_{ud}=0,9\varepsilon_{uk}$	=	45	‰
momentarm afhankelijk gekozen wapening	$z = d - \beta_s x = d - \beta_s A_{s,aanw} \cdot f_{yd} / \alpha \cdot f_{cd} \cdot b)$	=	1014,5	mm
momentarm	$z = z / d * d$	=	0,98	* d
benodigde hoeveelheid wapening	$A_{s1} = \alpha b x_u f_{cd} / f_{yd}$	=	353	mm ²
opneembaar moment (zonder drukwap.)	$M_{Rd} = A_{aanw,trek} f_{yd} z 10^{-6}$	=	455	kNm
opneembaar moment (globale schatting.)	$M_{Rd} = A_{aanw,trek} f_{yd} z 10^{-6}$ met $z =$ 0,98 * d	=	455	kNm
benodigd wapeningspercentage	$\rho = A_{s1} / b d * 100$	=	0,08	%
wapeningspercentage trekwapening	$\rho_{trek} = 100 * A_{aanw,trek} / b d$	=	0,20	%
wapeningspercentage trekwapening	$\rho_{trek} = 100 * A_{aanw,trek} / b h$ (art. 9.2.1.1 (3))	=	0,19	%
minimum wapening	$A_{min,1} = \rho_{min} b d / 100$	=	662	mm ²
minimum wapening	$A_{min,2} = x * A_{s1}$	=	423	mm ²
factor	x afhankelijk van primaire of secundaire constructie	=	1,20	-
minimum wapening	A_{min}	=	423	mm ²
maximum wapening	$A_{max} = \rho_{max} b d / 100$	=	9575	mm ²
"traditionele" berekening A_s	$a = \beta f_{yd}^2 / (b f_{cd} \alpha)$	=	9,8	-
(oplossen vierkantsvergelijking)	$b = - f_{yd} * d$	=	-451209	-
	$c = + M_{Ed}$	=	158	10 ⁶ Nmm
benodigde hoeveelheid wapening	$A_s = \{ -b - \sqrt{ (b^2 - 4ac) } \} / 2a$	=	352,9	mm ²

berekening buigwapening (met trek- en drukwapening)

specifieke verkorting drukwapening	$\varepsilon_{s,druk} \geq f_{yd} / E_s * 1000$	=	2,17	‰
hart drukwapening tot uiterste vezel	eis: $d2 < x_u - \varepsilon_{s,druk} * x_u / \varepsilon_{cu3}$	=	7,8	mm
hart drukwapening tot uiterste vezel	$d2 = c_{druktzijde} + d_{bg} + 0,5d_{gem,druk}$	=	59,0	mm
opneembaar moment tot $x_{u,max}$	$M_{Rd1} = \rho_{max} b d * f_{yd} * z * 10^{-6}$	=	3422	kNm
met als inwendige hefboomsarm	$z = d - \beta k_{xu,max} d$	=	822	mm
uitwendig moment zonder drukwapening	$M_{Ed1} = M_{Rd1}$	=	3422	kNm
op te nemen moment met drukwapening	$M_{Ed2} = M_{Ed,totaal} - M_{Rd1}$	=	0,0	kNm
opneembaar moment met drukwapening	$M_{Rd2} = A_{aanw,druk} f_{yd} (d-d2) * 10^{-6}$	=	192,5	kNm
totaal opneembaar moment incl. drukwap	$M_{Rd,totaal} = M_{Rd1} + M_{Rd2}$	=	3614,3	kNm
benodigde hoeveelheid drukwapening	$A_{s2} = M_{Ed2} / \{ f_{yd} (d-d2) \} * 10^6$	=	0	mm ²
benodigde hoeveelheid trekwapening	A_{s1} (zonder aandeel drukwapening)	=	423	mm ²
totaal benodigde trekwapening	$A_{s1,totaal} = A_{s1} + A_{s2}$	=	423	mm ²
maatgevende waarde opneembaar moment	$M_{Rd,totaal}$	=	455	kNm

Randbalk: Bijlage D3

**berekening moment en wapening bij maximaal toegestane verlenging betonstaal**

minimale hoogte betondrukzone	$x_{\min} = \varepsilon_{cu3} * d / (\varepsilon_{ud} + \varepsilon_{cu3})$	= 74,9	mm
bijbehorende drukkracht in de beton	$N_{cd} = \alpha * b * x_{\min} * f_{cd} * 10^{-3}$	= 561,7	kN
inwendige hefboomsarm	$z = d - \beta * x_{\min}$	= 1008,7	mm
opneembaar moment	$M_{Rd,d} = N_{cd} * z * 10^{-6}$	= 567	kNm
bijbehorende wapening	$A_s = N_{cd} * 10^3 / f_{y,d}$	= 1292	mm ²
3.4 gemiddelde cilindertreksterkte beton	f_{ctm}	= 2,90	N/mm ²
scheurmoment in ongewapende doorsnede	$M_{E,min} = W_c * f_{ctm} * 10^{-3}$	= 292,1	kNm
weerstandsmoment ongescheurde doorsnede	$W_c = 1/6 * b * h^2 * 10^{-3}$	= 100833	cm ³
hierbij behorende (minimum) wapening	$A_{\min} = M_{E,min} * 10^6 / z * f_{y,d}$ met $z = 1014,5$	= 662	mm ²
minimum wapeningspercentage	$\rho_{\min} = 100 * A_{\min} / b * d$ met $A_{\min} = 423$	= 0,128	%

lineaire berekening met beperkte herverdeling art 5.5 herverdelen

verhouding tussen momenten	$\delta_{her} = M_{Ed,herverdeeld} / M_{Ed,elastisch}$	= 1,000	-
5.5(4) maximaal toelaatbare verhouding	$\delta = \text{afhankelijk van de kubusdruksterkte } f_{ck}$	= 0,485	-
minimum afhankelijk van staalklasse	klasse A: $> k_6$, klasse B en C: $> k_5$	= 0,700	-
maatgevende waarde	δ	= 0,700	-
5.10.a maximale herverdeling $f_{ck} \leq 50$ Mpa	$\delta > k_1 + k_2 * x_u / d$	= 0,485	-
5.10.b maximale herverdeling $f_{ck} > 50$ Mpa	$\delta > k_3 + k_4 * x_u / d$	= 0,485	-
factoren volgens NB 2011	$k_1 = f / (500 + f)$	= 0,47	-
	k_2	= 1,00	-
	$k_3 = 7 * f / (\varepsilon_{cu} * 10^6 + 7 * f)$	= 0,47	-
	k_4	= 1,00	-
minimale waarde voor wapeningklasse B en C	k_5	= 0,7	-
minimale waarde voor wapeningklasse A	k_6	= 0,8	-
	e_{cu2}	= 3,50	‰
hoogte betondrukzone na herverdelen	x_u	= 20,5	mm
nuttige hoogte	d	= 1037,8	mm

scheurwijdte

Randbalk: Bijlage D3

controle scheurwijdte zonder directe berekening art.7.3.3

7.12	optredende staalspanning	$\sigma_s = M_{fr} / M_{Ed} * A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} * f_{yd}$	= 147	N/mm ²
	diameter staven d1	d1	= 20,0	mm
	aantal staven	n_1	= 2	st
	diameter staven d2	d2	= 16,0	mm
	aantal staven	n_2	= 2	st
	equivalente staafdiameter	$d_{eq} = (n_1 * d_1^2 + n_2 * d_2^2) / (n_1 * d_1 + n_2 * d_2)$	= 18,2	mm
	werkelijke hart op hart afstand	$s = (b - 2 * c_{zij} - 2 * d_{bg} - d_{trek}) / (n - 1)$	= 125	mm
	gemiddelde h.o.h.- afstand staven	$s_{gem} = b / \sum n_{trek}$	= 125	mm
	toelaatbare scheurwijdte	w milieuklasse A	= 0,30	mm
	toelaatbare scheurwijdte	w milieuklasse B	= 0,20	mm
	toelaatbare scheurwijdte	w maatgevende waarde	= 0,20	mm
	toelaatbare staafdiameter	d_{max} zonder de invloed van k_x	= 25	mm
	toelaatbare hart op hart-afstand	s zonder de invloed van k_x	= 200	mm
	toegepaste dekking op buitenste wapening	$C_{applied} = C_{trekzijde}$	= 45	mm
	minimale betondekking	$C_{nom} = C_{min} + \sum \Delta C_{dev}$ (incl. correcties)	= 45	mm
	vergrotingsfactor	$k_x = C_{applied} / C_{nom} \leq 2,0$	= 1,00	-
	toelaatbare staafdiameter	d_{max} met de invloed van factor en k_x	= 44,1	mm
	toelaatbare hart op hart-afstand	s met de invloed van k_x	= 200	mm
	(7.6N) correctiefactor buiging (diameter)	factor = $f_{ct,eff} * k_c * h_{cr} / \{ 2,9 * 2 * (h-d) \}$	= 1,77	-
	(7.7N) correctiefactor trek (diameter)	factor = $f_{ct,eff} * h_{cr} / \{ 2,9 * 8 * (h-d) \}$	= 1,10	-
	gemiddelde axiale treksterkte	$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ tabel 3.1	= 2,90	N/mm ²
	coëfficiënt afhankelijk van spanningsverdeling	k_c = buiging = 0,4, trek = 1,0	= 0,40	-
	hoogte trekzone direct voor scheuren	h_{cr} = 0,5 h bij rechthoekige doorsnede	= 550	mm
	afstand hart wapening tot buitenkant beton	(h-d)	= 62	mm
	maatgevende correctiefactor	voor toelaatbare diameter	= 1,77	-

controle scheurwijdte met berekening art. 7,3,4

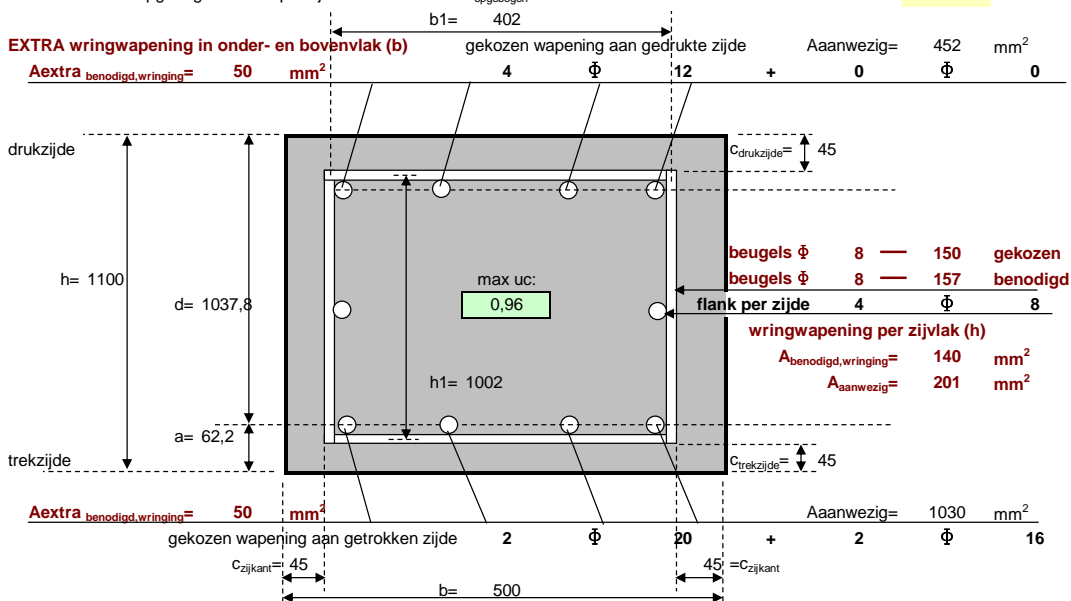
7.8 berekende scheurwijdte	$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$	=	0,18	mm
	$s_{r,max}$	=	414,0	mm
7.9	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \{ \sigma_s - k_t \cdot f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}) \} / E_s =$		0,000197	-
minimale waarde	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \geq 0,6 \sigma_s / E_s$	=	0,00044	-
maatgevende waarde	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$	=	0,00044	-
	$\sigma_s = M_{fr} / M_{Ed} \cdot A_{s1,totaal} / A_{aanw,trek} \cdot f_{yd}$	=	147	N/mm ²
gemiddelde waarde treksterkte op tijd t	$f_{ctm(t)}$	=	2,90	N/mm ²
gemiddelde waarde treksterkte	$f_{ct,eff}$ op tijdstip van eerste scheuren	=	2,90	N/mm ²
7.10	$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1 A_p) / A_{c,ef}$	=	0,013	-
doorsnede trekwapening	$A_s = A_{aanw,trek}$	=	1030	mm ²
7.3.2(3) doorsnede voorspanelementen	A_p	=	0	mm ²
	$A_{c,eff}$ minimum waarde onderstaande formules	=	77774	mm ²
meewerkend oppervlak	$A_{c,eff} = b \cdot 2,5 (h-d)$	=	77774	mm ²
	$A_{c,eff} = b \cdot (h-x) / 3$	=	143902	mm ²
van toepassing bij zuivere trek!	$A_{c,eff} = b \cdot h / 2$	=	275000	mm ²
7.5	ξ_1	=	0	-
factor	k_t	=	0,4	-
	E_s	=	200000	N/mm ²
7.11 +C2:2011-NB2016	$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 d_{eq} / \rho_{p,eff} < \max \{ (50 - 0,8 f_{ck})^\Phi \text{ en } 15^\Phi \}$	=	414,0	mm
	maximum van $(50 - 0,8 f_{ck})^\Phi$ en 15^Φ	=	473,8	mm
maximale hoh om 7.11 toe te mogen passen	$h.o.h. s_{gen} \leq 5 (c + \varphi / 2)$ met $\varphi = d_{eq}$	<=	311	mm
dekking op de beschouwde staaf	c	=	53	mm
7.12	$d_{eq} = (n_{b1} \cdot d_{eq}^2 + n_{b2} \cdot d_{eq}^2) / (n_{b1} \cdot d_{eq} + n_{b2} \cdot d_{eq}) =$	=	18,2	mm
	k1=	=	0,8	-
	k2=	=	0,5	-
7.13 tussenliggende waarden	k2= $(e1 + e2) / 2e1$	=	n.t.b.	-
	k3=	=	3,4	-
	k4=	=	0,425	-
7.14 bovengrens als $s_{gen} > 5 (c + \varphi / 2)$	$s_{r,max} = 1,3 (h-x)$	=	1122	mm
hoogte betondrukzone	x=	=	237	mm
7.15 bovengrens	$s_{r,max} = 1 / (\cos O / s_{r,max,y} + \sin O / s_{r,max,z})$	=	n.t.b.	mm
bij wapening onder een hoek O				
berekening van de betondrukzone x en kruipfactor	φ in de bruikbaarheidsgrenstoestand			
oppervlakte van de betondoorsnede	$A_c = b \cdot h$	=	550000	mm ²
omtrek dat bloot staat aan uitdroging	u= 3 zijden b+2h	=	2700	mm
fictieve dikte	$h_0 = 2 A_c / u$ ($h_0 \leq 1500$)	=	407	mm
3.1.4 kruipfactor a.d.h.v. grafiek 3.1 (2)	φ bepaald volgens art. 3.1.4	=	1,80	-
7.20 gereduceerde elasticiteitsmodulus	$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi)$	=	11800	N/mm ²
effectieve verhouding elasticiteitsmodulus	$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$	=	16,9	-
hoogte betondrukzone x in BGT	$x = [- \alpha_e \rho + \sqrt{ \{ (\alpha_e \rho)^2 + 2 \alpha_e \rho \} }] d$	=	236,6	mm
7.3.2(2) minimum wapening vereist	$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s$	=	637	mm ²
coëfficiënt	k=factor voor lijven en flenzen	=	1,00	-
oppervlakte beton binnen trekzone	Act= 0,5 bh (vlak voor het scheuren)	=	275000	mm ²
maximaal toelaatbare spanning in staal	$\sigma_s = f_{yk}$ tbv berekening minimum wapening	=	500	N/mm ²

opmerking:

berekening dwarskracht en wrijving op rechthoekige doorsnede volgens eurocode 2

500 x 1100

algemene gegevens	werk	Slibbuffer RWZI Elburg
	werknummer	WAPA170124
	onderdeel	Randbalk: Bijlage D3
	ontwerpsituatie	blijvend en tijdelijk
2.4.2.4		
doorsnedegegevens		
kwaliteit beton	betonklasse	= C30/37
kwaliteit staal	staalsoort	= B 500
betonbreedte	b	= 500 mm
betonhoogte	h	= 1100 mm
betondekking gedrukte zijde	C _{drukzijde}	= 45 mm
betondekking getrokken zijde	C _{trekzijde}	= 45 mm
betondekking zijkanten	C _{zijkant}	= 45 mm
wapening aan getrokken zijde	aantal	n ₁ = 2 stuks
	diameter	d ₁ = 20 mm
	aantal	n ₂ = 2 stuks
	diameter	d ₂ = 16 mm
wapening aan gedrukte zijde	aantal	n ₃ = 4 stuks
	diameter	d ₃ = 12 mm
	aantal	n ₄ = stuks
	diameter	d ₄ = mm
flankwapening per zijde	aantal	n ₅ = 4 stuks
	diameter	d ₅ = 8 mm
gegevens tbv berekening dwarskrachtwapening		
rekenwaarde dwarskracht	V _{Ed}	= 152 kN
rekenwaarde wringend moment	T _{Ed}	= 40 kNm
rekenwaarde moment in doorsnede	M _{Ed}	= 158 kNm
normaalkracht in doorsnede	N _{Ed}	= 0 kN
verhoging afschuifsterkte t.g.v. toepassing staalvezels e.d.		= 0 N/mm ²
gelijkmatig verdeelde belasting op ligger	q _d	= 0 kN/m
afstand rand oplegging tot begin belasting	a _v	= 0 mm
lengte van de oplegging	c	= 0 mm
helling betondrukdiagonaal	θ	= 45 graden
wapening in verankeringsgebied	A _{sl}	= 1005 mm ²
helling dwarskrachtbeugels	α	= 90 graden
beugels	diameter	d _{bg} = 8 mm
aantal sneden per beugel	n _{sn}	= 2 snedig
gekozen hart op hart afstand basisbeugels	s _{l, bg}	= 150 mm
diameter opgebogen staven	d _{opgebogen}	= 0 mm
hoh maat rijen van opgebogen staven	s _{b, opgb}	= 0 mm
aantal opgebogen staven per rij	n _{opgebogen}	= 0 stuks
		z wordt nauwkeurig berekend





resultaten

Randbalk: Bijlag

rekenwaarde schuifspanning	V_{Ed}	door uitwendige belasting	=	0,29	N/mm ²
maatgevende waarde schuifsterkte	$V_{Rd,c}$	door beton	=	0,33	N/mm ²
6.9 bovengrens schuifsterkte	$V_{Rd,max}$	door beton	=	5,24	N/mm ²
rekenwaarde dwarskrachtweerstand	$V_{Rd,c}$	door beton	=	171,7	kN
rekenwaarde dwarskrachtweerstand	$V_{Rd,s}$	door wapening	=	300	kN
rekenwaarde max. dwarskrachtweerstand	$V_{Rd,max}$	door beton	=	2719	kN

wapening tbv dwarskracht

benodigde beugelwapening per m'	$A_{bg}=1000/s \cdot A_{sw} \cdot n_{bg}$ (n - snedig)	=	0	mm ² /m'
minimum dwarskrachtwapening	$A_{bgl,min}=f_{w,min} \cdot b \cdot 1000 / 100$ per m'	=	438	mm ² /m'
benodigde h.o.h.-afstand beugels	$S_{benodigd}$	=	n.v.t.	mm
lengte gevaarlijk gebied (alleen bij q-last)	$y = (V_{Ed} - V_{Rd,s}) / q_d$ naast basisbeugels	=	n.v.t.	mm

wapening tbv wrijving en dwarskracht

benodigde h.o.h.-afstand beugels	$S_{benodigd}$	=	157	mm
langwapening per zijvlak (h)	tgw wrijving	=	140	mm ²
langwapening onder/boven (b)	tgw wrijving	=	50	mm ²
benodigde beugelwapening	$A_{s,w,bgl} = 1000 / S_{bgl} \cdot A_{sw}$	=	642	mm ² / m'

unity-checks dwarskracht

maximum dwarskracht	$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	152,0	/	2718,7	=	0,06	-
dwarskracht gewapend	$(V_{Ed} - V_{Ed,red}) / V_{Rd,s}$	152,0	/	300,1	=	0,51	-
helling betondrukgebied	$21,8 \leq \theta \leq 45$	=	1,00	-			
betondrukdiagonaal	$V_{Ed} / V_{Ed,max}$	152,0	/	2739,7	=	0,06	-
minimum beugelwapening	$A_{bgl,min} / A_{bgl}$	438,2	/	670	=	n.v.t.	-
dwarskracht ongewapend	$(V_{Ed} - V_{Ed,red}) / V_{Rd,c}$	152,0	/	171,7	=	0,89	-

unity-checks wrijving + dwarskracht

maximum wrijvingmoment	$T_{Ed} / T_{Rd,max}$	40	/	553	=	0,07	-
6.29 wrijving+dwarskracht	$T_{Ed} / T_{Rd,max} + V_{Ed} / V_{Rd,max}$	0,07	+	0,06	=	0,13	-
wrijving+dwarskracht beugels	$S_{aanwezig} / S_{benodigd}$	150	/	157	=	0,96	-
wrijving ongewapend	$T_{Ed} / T_{Rd,c}$	40	/	141,5	=	0,28	-
6.31 wrijving+dwarskracht ongew.	$T_{Ed} / T_{Rd,c} + (V_{Ed} - V_{Ed,red}) / V_{Rd,c}$	0,28	+	0,89	=	1,17	-
wrijving hoeveelheid langswapening in de zijvlakken (h)		140	/	201	=	0,70	-
wrijving hoeveelheid langswapening in de onder- en bovenzijden (b) moet worden opgeteld bij de buigwapening							

toelaatbare afstanden van dwarskrachtwapening

dwarskracht- en of wrijvingwapening toepassen !!

9.2.2(6) toelaatbare hoh afstand	$S_{t,bg} / S_{t,max}$	150	/	300	=	n.v.t.	-
9.2.2(7) afstand opgebogen wapening	$S_{b,opbg} / S_{b,max}$	0	/	623	=	n.v.t.	-
9.2.2(8) max beugelmaat in de breedte	$S_{t,bg} / S_{t,max}$	402	/	500	=	n.v.t.	balken
9.3.2(5) max beugelmaat in de breedte	$S_{t,bg} / S_{t,max}$	402	/	1557	=	n.v.t.	vloeren

wapeninggegevens

totaal aantal staven in trekzone	$\sum n_{trek} = n_1 + n_2$	=	4,0	st
totaal aantal staven in drukzone	$\sum n_{druk} = n_3 + n_4$	=	4,0	st
gewogen diameter trekwapening	$d_{gem,trek} = (n_1 \cdot d_1 \cdot D_1 + n_2 \cdot d_2 \cdot D_2) / (n_1 \cdot D_1 + n_2 \cdot D_2)$	=	18,4	mm
gewogen diameter drukwapening	$d_{gem,druk} = (n_3 \cdot d_3 \cdot D_3 + n_4 \cdot d_4 \cdot D_4) / (n_3 \cdot D_3 + n_4 \cdot D_4)$	=	12,0	mm
doorsnede per staaf 1, trekwapening	$D_1 = 0,25 \pi d_1^2$	=	314	mm ²
doorsnede per staaf 2, trekwapening	$D_2 = 0,25 \pi d_2^2$	=	201	mm ²
doorsnede per staaf 3, drukwapening	$D_3 = 0,25 \pi d_3^2$	=	113	mm ²
doorsnede per staaf 4, drukwapening	$D_4 = 0,25 \pi d_4^2$	=	0	mm ²
doorsnede per staaf 5, flankwapening	$D_5 = 0,25 \pi d_5^2$	=	50	mm ²
doorsnede per beugel enkelsnedig	$D_{bg} = 0,25 \pi d_{bg}^2$	$A_{sw} =$	50	mm ²
aantal snedige beugel bij dwarskracht	n_{sn}	=	2	snedig
horizontale maat in breedte van de balk	$S_{t,bg} = b_1 / (n_{sn} - 1)$	=	402	mm
aanwezige beugelwapening (n-snedig)	$A_{bgl} = n_{sn} \cdot D_{bg} \cdot 1000 / S_{aanwezig}$	=	670	mm ² /m'
horizontale beugelmaat (hartmaat)	$b_1 = b - 2 C_{zijkant} \cdot d_{bg}$	=	402	mm
vertikale beugelmaat (hartmaat)	$h_1 = h - C_{trekzijde} \cdot C_{drukzijde} \cdot d_{bg}$	=	1002	mm
zwaartepunt staven vanaf de beugel	$z = (n_1 D_1 \cdot \frac{1}{2} d_1 + n_2 D_2 \cdot \frac{1}{2} d_2) / (n_1 D_1 + n_2 D_2)$	=	9,2	mm
equivalente diameter wapening	$d_{equi,trek} = 2 \cdot z$ (t.b.v. berekening van d)	=	18,4	mm

**materiaalgegevens**

materiaalfactor beton	γ_c	=	1,50	-
materiaalfactor wapeningstaal	γ_s	=	1,15	-
karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	30	N/mm ²
karakteristieke kubusdruksterkte	f_{ck}	=	37	N/mm ²
gemiddelde cilinderdruksterkte	$f_{cm}=f_{ck}+8$	=	38	N/mm ²
3.15 rekenwaarde betondruksterkte	$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$	=	20,0	N/mm ²
3.4 gemiddelde cilindertreksterkte	$f_{ctm}=0,3f_{ck}^{(2/3)}$	als $f_{ck}=50$: $f_{ctm}=2,12\ln(1+f_{cm}/10)=$	2,90	N/mm ²
3.1.8(1) gemiddelde buigtreksterkte beton (3.23)	$f_{ctm,II}=\max(1,6-h/1000)f_{ctm}; f_{ctm})$	=	2,90	N/mm ²
karakteristieke ondergrens treksterkte	$f_{ctk0,05}=0,7f_{ctm}$	=	2,03	N/mm ²
3.16 rekenwaarde treksterkte	$f_{ctd}=f_{ctk0,05}/\gamma_c$	=	1,35	N/mm ²
tabel 3.1 relatieve verkorting	$\varepsilon_{c3}=1,75+0,55[(f_{ck}-50)/40]$ voor $f_{ck}\geq 50$; 1,75	=	1,750	$\sigma_{/00}$
tabel 3.1 relatieve verkorting	$\varepsilon_{cu3}=2,6+35[(90-f_{ck})/100]^4$ als $f_{ck}\geq 50$; 3,50	=	3,500	$\sigma_{/00}$
hoogte betondrukzone: $k_{xu,max}$ (*d)	$k_{xu,max}=(1-x)/1,25(0,6+1,4/\varepsilon_{cu3})$	=	0,448	-
factor in formule	x	=	0,44	-
factor oppervlak betondrukzone	$\alpha=\{\varepsilon_{cu3}-(\varepsilon_{c3}/2)\}/\varepsilon_{cu3}$	=	0,750	-
factor zwaartepunt betondrukzone	$\beta=\{\varepsilon_{cu3}^2-(\varepsilon_{c3}^2/\varepsilon_{cu3})+\varepsilon_{c3}^2/3\}/\{2\varepsilon_{cu3}^2-\varepsilon_{c3}\varepsilon_{cu3}\}$	=	0,39	-
staaltrekspanning	f_{yk}	=	500	N/mm ²
rekenwaarde staaltrekspanning	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_m$	=	435	N/mm ²
elasticiteitsmodulus wapeningstaal	E_s	=	200000	N/mm ²
nuttige hoogte	$d=h-c-d_{bg}-0,5d_{equi,trek}$	=	1037,8	mm
hoogte betondrukzone	$x_u=[d-\sqrt{d^2-4\beta M_{ED}/(\alpha b f_{cd})}]/2\beta$	=	20,5	mm
momentarm	$z=d-\beta x_u$ als $M_{ED}=0$ rekenen met $z=0,9d$	=	1029,8	mm

Randbalk: Bijlage D3**berekening dwarskrachtwapening (beugels)**

aantal snedige beugel	n_{sn}	=	2	snedig
reductiefactor belasting in gebied 2d	$\beta=a_u/2d \geq 0,25$	=	0,25	-
reductie dwarskracht	$V_{Ed,red}=0,5 q_d c + 1,25 q_d d$	=	0,0	kN
gereduceerde dwarskracht	$V_{Ed}=V_{Ed,red}$ (op afstand d uit oplegging)	=	152,0	kN
rekenwaarde schuifspanning	$V_{Ed}=(V_{Ed}-V_{Ed,red})/bd$	=	0,29	N/mm ²
6.2.b ondergrens schuifsterkte	of $V_{Rd,c}=V_{min}=0,035k^{3/2}f_{ck}+k_1\sigma_{cp}$	=	0,33	N/mm ²
6.2.a rekenwaarde schuifsterkte	of $V_{Rd,c}=C_{Rd,c} * k * (100\rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp}$	=	0,31	N/mm ²
maatgevende waarde schuifsterkte	$V_{Rd,c}=0,33 + 0,00$	=	0,33	N/mm ²
correctiefactor schuifsterkte	$C_{Rd,c}=0,18/\gamma_c$	=	0,12	-
factor	$k=1+\sqrt{(200/d)} \leq 2,0$	=	1,44	-
wapeningspercentage	$\rho_1=A_{sl}/bd*100 < 2\%$	=	0,19	%
factor	k_1 waarde volgens NB	=	0,15	-
normaaldrukspanning in doorsnede	$\sigma_{cp}=N_{cd}/bh$	=	0,00	N/mm ²
rekenwaarde dwarskrachtweerstand	$V_{Rd,c}=V_{Rd,c} b d 10^{-3}$ met beton	=	171,7	kN
minimum dwarskrachtwapening	$\rho_{w,min}=0,08\sqrt{f_{ck}}/f_{yk}$	=	0,09	%
minimum dwarskrachtwapening	$A_{bgl,min}=\rho_{w,min} * b 1000/100$ per m'	=	438,2	mm ² /m'
6.5 betondrukdiagonaal	$V_{Ed}\leq V_{Ed,max}=0,5 b_w d v f_{cd}$	$V_{Ed,max}=$	2739,7	kN
6.9 bovengrens schuifsterkte	$V_{Rd,max}=\alpha_{cw}(z/d) v_1 f_{cd}/(\cot\theta + \tan\theta)$	=	5,24	N/mm ²
voor niet-voorgespannen constructies	α_{cw}	=	1,0	-
sterktereductiefactor	of $v_1=v=0,6(1-f_{ck}/250)$ als $\sigma_{yd}>0,8f_{yk}$	=	0,53	-
	of $v_1=0,6; \sigma_{yd}\leq 0,8f_{yk}; f_{ck}\leq 60$	=	0,60	-
	of $v_1=0,9-f_{ck}/200 > 0,5; \sigma_{yd}\leq 0,8f_{yk}; f_{ck}>60$	=	0,75	-
maatgevende waarde factor	v_1	=	0,53	-
staalspanning in (dwarskracht)beugels	$\sigma_s bgl = s_{aanw}/s_{bgl} V_{T} * f_{yd}$	=	416	N/mm ²
sinus helling betondrukdiagonaal	$\sin\theta$	=	0,707	-
cosinus helling betondrukdiagonaal	$\cos\theta$	=	0,707	-
tangens helling betondrukdiagonaal	$\tan\theta$	=	1,000	-
cotangens helling betondrukdiagonaal	$\cot\theta$	=	1,000	-
cotangens helling dwarskrachtwapening	$\cot\alpha = 1/\tan\alpha$	=	0,000	-
rekenwaarde max. dwarskrachtweerstand	$V_{Rd,max}=V_{Rd,max} b d 10^{-3}$	=	2718,7	kN
afstand verschoven M-lijn	of $a_1=z(\cot\theta - \cot\alpha)/2 \geq d$	=	514,9	mm
9.2.1.3 verschuivingsregel	of $a_1=d$	=	1037,8	mm
6.8 opneembare schuifspanning (n-snedig)	$V_{Rd,s}=A_{sw} * f_{yd} * z * \cot\theta / (s * b * d)$	=	0,58	N/mm ²
verhouding	z/d (in tabellen wordt 0,9 aangehouden!)	=	0,99	-
rekenwaarde dwarskrachtweerstand	$V_{Rd,s}=V_{Rd,s} b d 10^{-3}$ (met beugels)	=	300,1	kN
benodigde h.o.h-afstand beugels	$s=n_{sn} * A_{sw} f_{yd} z \cot\theta / (V_{Ed} b d)$ (n_{sn} -snedig)	=	0	mm
9.2.2(6) maximaal toelaatbare hoh afstand	$s_{l,max}=0,75 d (1 + \cot\alpha)$ en ≤ 300 mm	=	300	mm
9.2.2(7) max. afstand opgebogen wapening langsrichting	$s_{b,max}=0,6 d (1 + \cot\alpha)$	=	623	mm
9.2.2(8) max beugelmaat in de breedte (balken)	als $V_{Ed}\leq 0,5 V_{Rd,max}$	$s_{l,max}=$	500	mm
+C2:2011-NB2016	als $V_{Ed}>0,5 V_{Rd,max}$ $s_{l,max}=0,75 d < 500$	$s_{l,max}=$	500	mm
	maatgevende waarde	$s_{l,max}=$	500	mm
9.3.2(5) max beugelmaat in de breedte (vloeren)	$s_{l,max}=1,5 d$	=	1557	mm
benodigde beugelwapening per m'	$A_{bg}=1000/s * A_{sw} * n_{sn}$ (n - snedig)	=	0	mm ² /m'
directe berekening (alternatief)	$A_{bg}=(V_{Ed}-V_{Ed,red}) * 1000 / (f_{yd} * z * \cot\theta)$	=	339	mm ² /m'

**berekening dwarskrachtwapening met alleen opgebogen staven (zonder beugelwapening)**

Randbalk: Bijlage D3

doorsnede opgebogen wapening	$D_{opgebogen}$	=	1	mm ²
opgebogen wapening (zonder beugels)	$A_{opgebogen} = V_{Ed} b d^{1/2} y \sqrt{2} / (z f_{yd})$	=	0	mm ² /m/b
wapening per afstand $s_{opgebogen}$	$A_{opgeb,s} = A_{opgebogen} * s_{opgebogen} / 1000$	=	0	mm ² /s _{opgeb}

de gekozen afstand s voldoet

benodigd aantal staven per breedte	$n_{opgebogen} = A_{opgeb,s} / d_{opgebogen}$	=	0,00	stuks
benodigde h.o.h. afstand in de breedte	$a_{breedte} = b / n_{opgebogen}$	=	n.v.t.	mm
maximaal toelaatbare afstand	$s_{max} \text{ (kleinste waarde } s_{max} \text{ en } d_a)$	=	500	mm
	$d_a = h - c_{trek} - c_{druk} - 2 * d_{bgl} - (d_{gem,trek} + d_{gem,druk}) / 2$	=	979	mm
	$s_{max} =$	=	500	mm
aanwezig opgebogen wapening	$A_{opgebogen,aanw} = 1000 * D_{opgebogen} * n_{opgebogen} / s_{opgebogen}$	=	0	mm ² /m/b
rekenwaarde dwarskrachtweerstand	$V_{Rd,s,opgeb} = A_{opgebogen,aanw} z f_{yd} / (1/2 y \sqrt{2})$	=	0	kN

berekening dwarskrachtwapening met opgebogen staven (45 graden) en met beugelwapening

diameter opgebogen staven	$d_{opgebogen}$	=	1	mm
hoh maat rijen van opgebogen staven	$s_{b,opgb}$	=	1	mm
aantal opgebogen staven per rij	$n_{opgebogen}$	=	0	stuks
doorsnede opgebogen wapening	$D_{opgebogen}$	=	1	mm ²
opgebogen wapening (zonder beugels)	$A_{opgebogen} = (V_{Ed} - V_{Rd,s}) b d^{1/2} y \sqrt{2} / (z f_{yd})$	=	0	mm ² /m/b
wapening per afstand $s_{opgebogen}$	$A_{opgeb,s} = A_{opgebogen} * s_{b,opgb} / 1000$	=	0	mm ² /s _{opgeb}

de gekozen afstand s voldoet

benodigd aantal staven per breedte	$n_{opgebogen} = A_{opgeb,s} / d_{opgebogen}$	=	0,00	stuks
benodigde h.o.h. afstand in de breedte	$a_{breedte} = b / n_{opgebogen}$	=	n.v.t.	mm
max. toelaatbare afstand opgebogen wap.	$s_{max} \text{ (kleinste waarde } s_{max} \text{ en } d_a)$	=	500	mm
	$d_a = h - c_{trek} - c_{druk} - 2 * d_{bgl} - (d_{gem,trek} + d_{gem,druk}) / 2$	=	979	mm
	$s_{max,500} =$ maximale waarde	=	500	mm
aanwezig opgebogen wapening	$A_{opgebogen,aanw} = 1000 * D_{opgebogen} * n_{opgebogen} / s_{b,opgb}$	=	0	mm ² /m/b
rekenwaarde dwarskrachtweerstand	$V_{Rd,s,opgeb} = A_{opgebogen,aanw} z f_{yd} / (1/2 y \sqrt{2})$	=	0	kN
rekenwaarde dwarskrachtweerstand	$V_{Rd,s,bgls} = V_{Rd,s} b d 10^{-3}$	=	300	kN
rekenwaarde dwarskrachtweerstand	$V_{Rd,s} =$ totaal van beugels + opgebogen wapening	=	300	kN

9.2.2 (4) minimaal 50% van de dwarskracht moet met beugels worden opgenomen

berekening wrijvingwapening (hier wordt altijd met een 2-snedige beugel gerekend)

scheurmoment wrijving	$T_{Rd,c} = f_{ctd} t_{ef,i} 2 A_k 10^{-6}$	=	141,5	kNm
	$t_{ef,i} = A / u$	=	171,9	mm
	$A = bh$	=	550000	mm ²
	$u = 2 (b + h)$	=	3200	mm
horizontale beugelmaat (hartmaat)	$b1 = b - 2c_{zijkant} - d_{bg}$	=	402	mm
vertikale beugelmaat (hartmaat)	$h1 = h - c_{trekzijde} - c_{drukzijde} - d_{bg}$	=	1002	mm
minimum waarde meewerkende wanddikte	$t_{ef,i,min} = (c_{druk} + d_{bg} + 0,5d_{gem,druk}) * 2$	=	118,0	mm
aan gedrukte zijde	$t_{ef,i,min} = (c_{trek} + d_{bg} + 0,5d_{gem,trek}) * 2$	=	124,4	mm
aan getrokken zijde	$t_{ef,i,min} = (c_{zij} + d_{bg} + 0,5d_{gem,trek}) * 2$	=	124,4	mm
maatgevende waarde meewerkende breedte				
aan gedrukte zijde	$t_{ef,i,druk}$	=	171,9	mm
aan getrokken zijde	$t_{ef,i,trek}$	=	171,9	mm
aan de zijanten	$t_{ef,i,zij}$	=	171,9	mm
effectieve hoogte	$z_{i,h} = h1_{eff} = h - 0,5t_{ef,i,druk} - 0,5t_{ef,i,trek}$	=	928,1	mm
effectieve breedte	$z_{i,b} = b1_{eff} = b - t_{ef,i,zij}$	=	328,1	mm
kleinste waarde maatgevende breedte	$t_{ef,i,min} =$	=	171,9	mm
	$A_k = b1_{eff} h1_{eff}$	=	304541	mm ²
	$u_k = 2 (b1_{eff} + h1_{eff})$	=	2513	mm

6.30 grenswaarde wrijngmoment

	$T_{Rd,max} = 2 v f_{ctd} t_{ef,i} A_k \sin \theta \cos \theta$	=	552,7	kNm
	$v = 0,6 (1 - f_{ck}/250)$	=	0,53	-
totale langswapening	$A_{s,langs} = T_{Ed} \cot \theta u_k / (2 A_k f_{yd})$	=	380	mm ²
langswapening per zijvlak (h)	$A_{s,langs} * h1_{eff} / u_k$	=	140	mm ²
langswapening onder/boven (b)	$A_{s,langs} * b1_{eff} / u_k$	=	50	mm ²
maximale beugelsafstand	$s_{w,max} = 2 A_{s,bgl} b1_{eff} h1_{eff} f_{yd} \cot \theta / T_{Ed}$	=	333	mm

berekening wrijving en dwarskracht

aantal beugels per m' tbv wrijving	$n_{bgl,Ted} = 1000 / s_{w,max}$	=	3,0	st per m'
benodigde h.o.h.-afstand beugels(dwarskracht)	$s = n_{sn} * A_{sw} f_{yd} z \cot \theta / (V_{Ed} b d) \text{ (} n_{sn} \text{-snedig)}$	=	296	mm
aantal beugels per m' tbv dwarskracht	$n_{bgl,VEd} = 1000 / s$	=	3,4	st per m'
totaal aantal beugels per m'	$n_{bgl} = n_{bgl,VEd} + n_{bgl,Ted}$	=	6,4	st per m'
benodigde hart op hart afstand beugels	$s_{bgl,V+T} = 1000 / n_{bgl}$	=	157	mm
9.2.2(6) maximaal toelaatbare hoh afstand (dwarskracht)	$s_{max} = 3/4 d (1 + \cot \alpha) \text{ met } \alpha = 90 \text{ graden}$	=	778	mm
benodigde beugelwapening	$A_{s,w,bgl} = n_{sn} * 1000 / s_{bgl} * A_{sw}$	=	642	mm ² / m'
9.2.3(3) maximaal toelaatbare hoh afstand (wrijving)	$s_{max} = \text{minimum (} u / 8 ; b ; h \text{)}$	=	400	mm
optredende staalspanning in de beugels	$\sigma_{s,bgl} = s_{aanw} / s_{bgl} V+T * f_{yd}$	=	416	N/mm ²

opmerking:



Iv-Water b.v.

Trapezium 322
3364 DL Sliedrecht

Postbus 135
3360 AC Sliedrecht
Nederland

Telefoon +31 88 943 3900
www.iv-water.nl