

2018/06/28 - Versie 1.0

Titel- en Autorisatieblad

Onderdoorgang Voormeerpassage

DO Berekening - Pompkelder

Naam kunstwerk Onderdoorgang Voormeerpassage
Traject Weesp aansluiting – Hilversum
Lijncode 087
Kilometer 20.650

Projectnummer RA004109
Kenmerk 1706445-00721
Datum 2018/06/28
Versie 1.0
Status Vrijgegeven

Opdrachtgever Dura Vermeer Rail infra B.V.

Deze tabel wordt automatisch ingevuld met gegevens vanuit ProjectWise.

- **Opgesteld door:** naam van de eerste auteur die het rapport opstelt. De datum is de datum waarop de laatste wijziging is aangebracht.
- **Gecontroleerd door:** naam van de controleur die het rapport heeft goedgekeurd. De datum is de goedkeuringsdatum.
- **Vrijgegeven door:** naam van de vrijgever. De datum is de datum van vrijgave.

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	Gritter, MW	✓	28-06-2018
Gecontroleerd door	Vromans, M	✓	28-06-2018
Vrijgegeven door	Boersma, PT	✓	28-06-2018

Op dit autorisatieblad ontbreken de handtekeningen wegens de digitale verwerking van ons vrijgaveproces. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Documenthistorie

Versie	Datum	Status	Toelichting
0.2	27-06-2018	Concept	T.b.v. interne controle
1.0	28-06-2018	Vrijgegeven	Verstrekking naar Dura Vermeer t.b.v. review

Inhoudsopgave

Documenthistorie	1
Inleiding	4
1 Specificaties en Uitgangspunten	5
1.1 Specificaties	5
1.2 Uitgangspunten	5
2 Bij de berekening behorende tekeningen/documenten	6
2.1 Bij de berekening behorende tekeningen	6
2.2 Bij de berekening behorende documenten	6
3 Berekeningsplan	7
3.1 Omschrijving van het kunstwerk	7
3.2 Geometrie en situatie	7
3.3 Toegepaste materialen	9
3.4 Geotechnische gegevens	10
3.5 Omschrijving van de bouwmethode	10
3.6 Modellen/schematisering	10
3.7 Uit te voeren controles	10
3.8 Geautomatiseerde hulpmiddelen	10
4 Schematisering	11
4.1 Geometrie en schematisering	11
5 Belastingen en belastingcombinaties	13
5.1 Belastinggevallen	13
5.1.1 PB - Eigen Gewicht (BG1)	13
5.1.2 PB - Rustende belasting (BG2)	13
5.1.3 Grond- en waterdruk (BG3)	13
5.1.4 VB Wegverkeer - Maaiveldbelasting (BG4)	15
5.1.5 VB Wegverkeer - Dienstvoertuig (BG5)	15
5.1.6 VB Inspectiepad (BG6)	15
5.1.7 VB Gronddruk t.g.v. spoorbelasting (BG7)	15
5.2 Belastingcombinaties	16
6 Krachtswerking	18
6.1 Dak	18
6.2 Vloer	18
6.3 Wanden	18
6.4 Resumé	19
7 Controle opdrijven en funderingsdrukken	20
7.1 Controle opdrijven	20
7.2 Controle funderingsdrukken	20
8 Bepaling wapening	21
8.1 Algemeen	21

Colofon	22
Bijlage I: Gronddruk t.g.v. spoorbelasting	1

Inleiding

Voorliggend document betreft de DO berekening van de betonconstructie van de pompkelder van de Onderdoorgang Voormeerpassage. De basis van voorliggend document is:

- 1706445-00716: Uitgangspuntenrapport DO - Voormeerpassage

Het uitgangspuntenrapport geeft constructieve uitgangspunten die in algemene zin van toepassing zijn op de betonconstructie. In voorliggend document zijn de uitgangspunten, indien relevant, verder uitgewerkt en toegespitst op het ontwerp van de betonconstructie van de pompkelder. Dit document dient derhalve gelezen te worden in samenhang met het bovengenoemde uitgangspuntenrapport.

Het doel van deze DO berekening is de bepaling van de krachtswerking in de hoofddraagconstructie voor de eindsituatie en de controle van de fundering. Aan bod komen de controle van opdrijven en funderingsdrukken. In afwijking van het vigerende Uitgangspuntenrapport wordt de wapening bepaald door prefab leverancier.

DO berekening toeritmoten hoofdstuk:

- 3) Berekeningsplan;
- 4) Schematisering;
- 5) Belastingen en belastingcombinaties;
- 6) Krachtswerking
- 7) Controle opdrijven en funderingsdrukken;

De spoorkruisende moot en toeritmoten zijn in een afzonderlijke DO berekeningsdocumenten uitgewerkt.

1 Specificaties en Uitgangspunten

1.1 Specificaties

Zie document Uitgangspuntenrapport DO – Onderdoorgang Voormeerpassage met documentnummer 1706445-00716.

1.2 Uitgangspunten

Het Uitgangspuntenrapport bevat diverse uitgangspunten, o.a.:

- Ontwerplevensduur (spoorbelaste en niet-spoorbelaste deel) = 100 jaar.
- Referentieperiode = 100 jaar.
- Gevolgklasse = CC3
- Grondwaterstanden:
De volgende waterstanden zijn gehanteerd t.b.v. het ontwerp:
 - Hoogste grondwaterstand (HGWS) = NAP – 0,55m
 - Laagste grondwaterstand (LGWS) = NAP – 1,40m
 - Gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) = NAP – 0,89m
- In afwijking van eis [VSR-1.3.6.9.5] wordt de waterkelder niet constructief verbonden met de onderdoorgang. Dura Vermeer dient hiervoor een VTW op te stellen.

Wijzigingen t.o.v. Uitgangspuntenrapport:

- de kelder in prefab beton uitgevoerd i.p.v. in-situ betonwerk.

Transport en hijsvoorzieningen:

- Aspecten ten aanzien van het transport (hijsvoorzieningen, transportbelastingen) van de prefab elementen worden beschouwd door de leverancier.

2 Bij de berekening behorende tekeningen/documenten

2.1 Bij de berekening behorende tekeningen

Tekeningnummer	Titel	Versie	Datum
1706445-00717	DO tekening – Bovenaanzicht en langsdoorsneden	1.0	1-6-2018
1706445-00718	DO tekening – Dwarsdoorsneden en details	1.0	1-6-2018

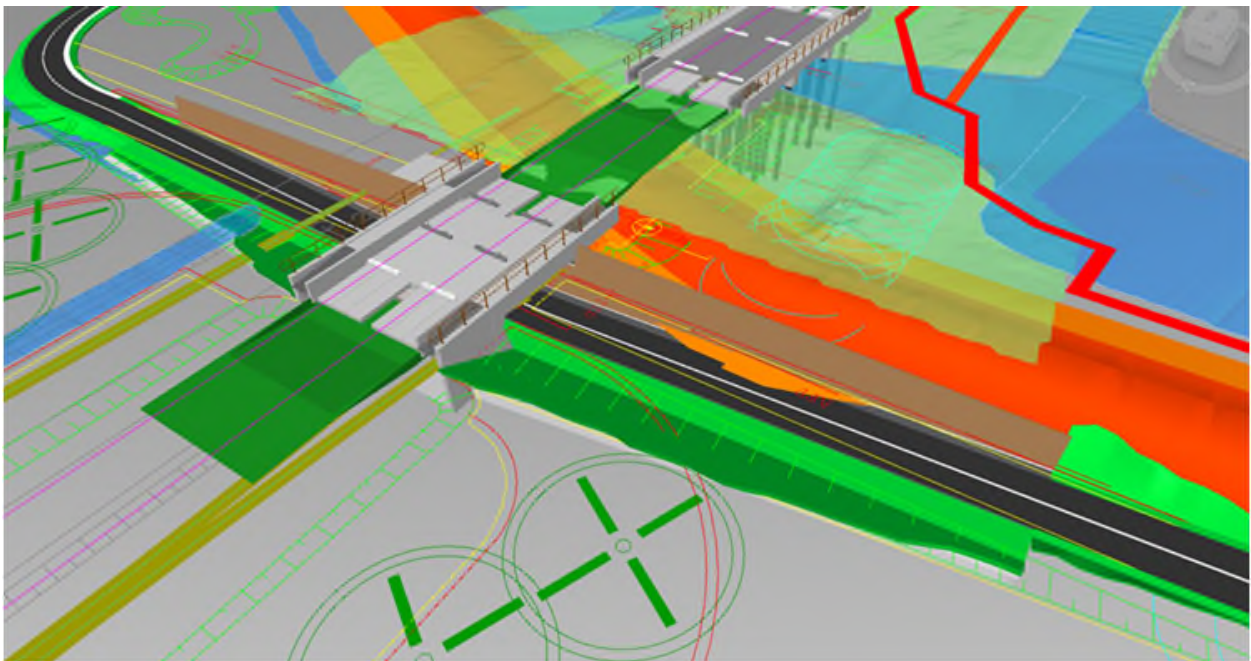
2.2 Bij de berekening behorende documenten

Code	Kenmerk	Titel	Versie	Datum
[1]	1706445-00716	Uitgangspuntenrapport DO Kunstwerken – Onderdoorgang Voormeerpassage	2.0	25-05-2018
[2]	1706445-00719	DO-berekening gesloten deel	1.0	25-05-2018
[3]	1706445-00722	Geotechnisch advies kunstwerken	0.1	-

3 Berekeningsplan

3.1 Omschrijving van het kunstwerk

Als onderdeel van het project "Snelheidsverbetering en Beveiliging Naarden-Bussum (SNdb / PVT)", wordt de Onderdoorgang Voormeerpassage gerealiseerd. De railinfrastructuur tussen het station Naarden-Bussum en het Naardermeer dient te worden aangepast i.v.m. vergroting van de baanvaksnelheid. In het kader daarvan dient er een veilige ongelijkvloerse kruising tussen railverkeer (bovenlangs) en langzaam verkeer en fauna (beide onderlangs) te worden gerealiseerd tussen het noordelijk en zuidelijk deel van het Naardermeer. Een impressie van de onderdoorgang is weergegeven in Figuur 1.



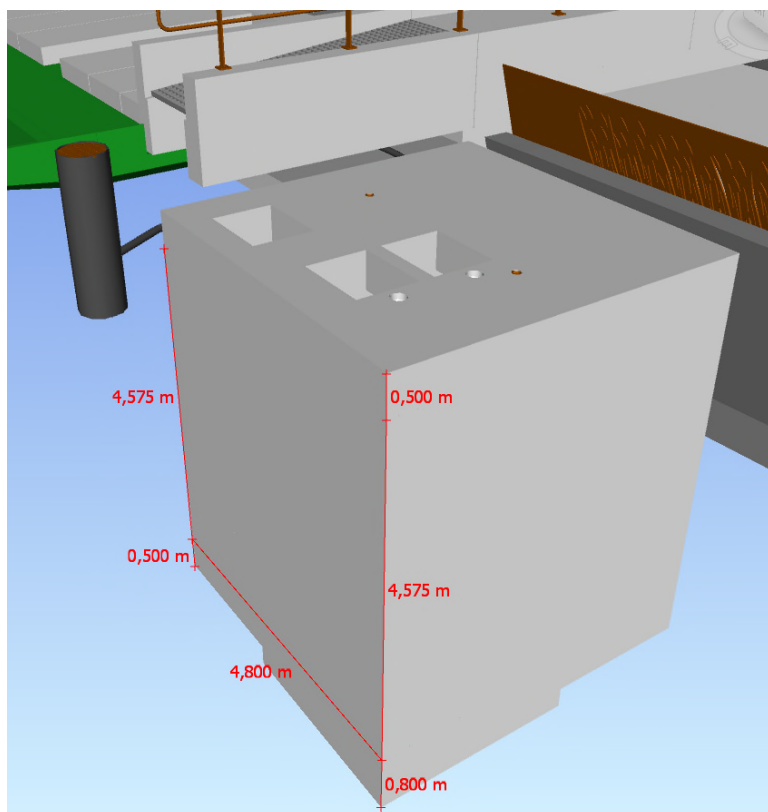
Figuur 1: Onderdoorgang Voormeerpassage, met ten oosten daarvan de spoorbrug Karnemelksloot

3.2 Geometrie en situatie

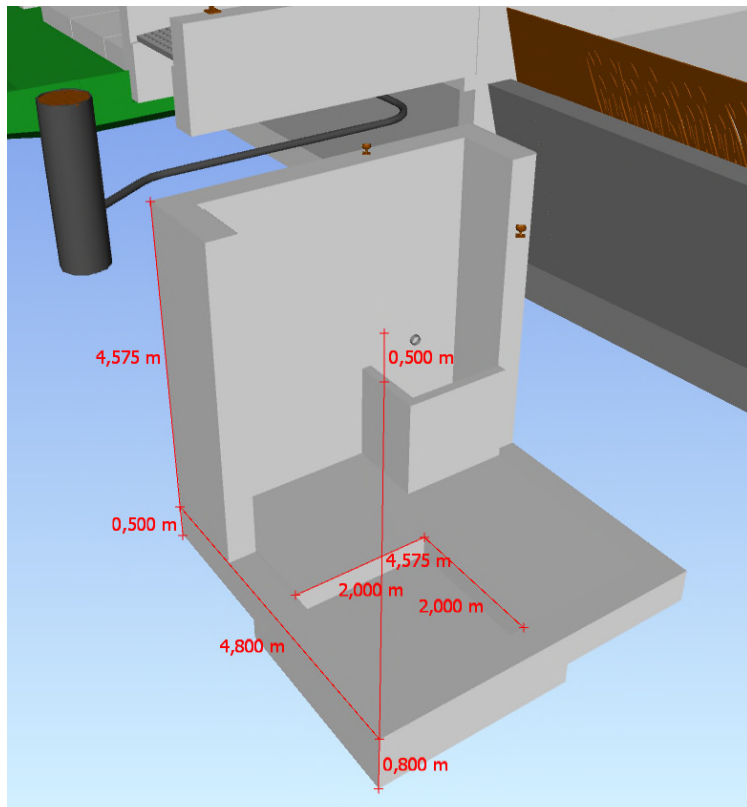
De onderdoorgang bestaat uit een gesloten spoorkruisend deel en twee toeritten. De pompkelder bevindt zich aan de oostzijde van de noordelijke toerit en is constructief gescheiden van de toerit. De vloer en wanden zijn onderling monoliet verbonden. Het dak wordt gerealiseerd als een vrij opgelegde betonplaat.

De pompkelder wordt met de volgende inwendige afmetingen en uitwendige hoogten uitgevoerd:

- Breedte en lengte: 4,0m;
- Hoogte: 4,575m;
- Hoogte bk. dak: NAP + 0,90m;
- Hoogte bk. vloer: NAP - 4,175m;

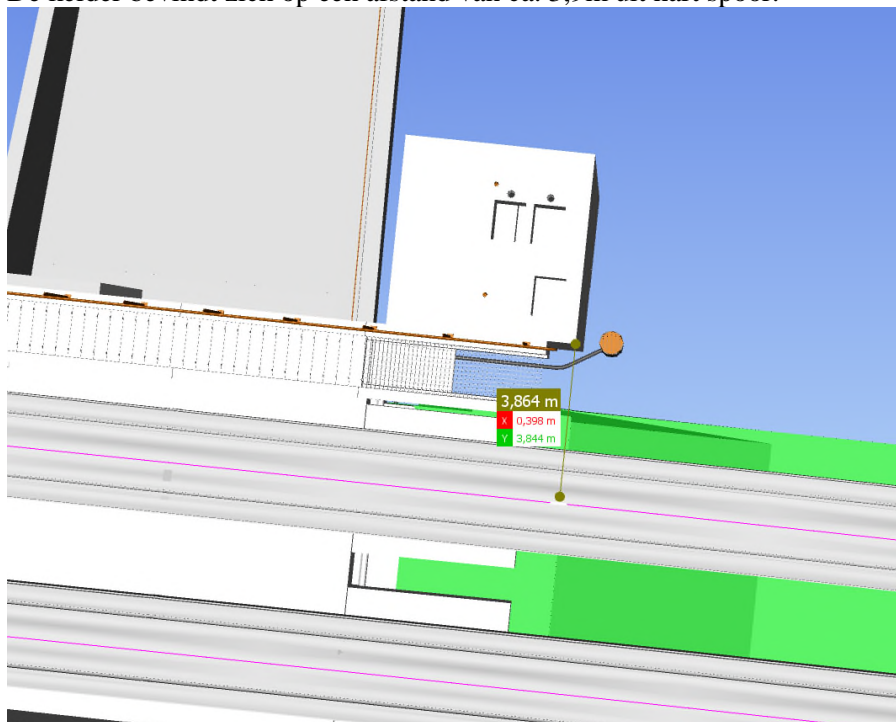


Figuur 2: maatvoering pompkelder



Figuur 3: Binnenzijde vloer en wanden pompkelder

De kelder bevindt zich op een afstand van ca. 3,9m uit hart spoor.



Figuur 4: Positie pompkelder t.o.v. spoor

3.3 Toegepaste materialen

- Beton

Onderdeel	Sterkte-klasse	Milieuklasse	Scheur-wijdte [mm]	Dekking [mm]
Dak	C30/37	Bovenkant: XC4, XD3, XF4	0,2	50
		Onderkant: XC2	0,3	50
Wanden	C30/37	Binnenzijde: XC4, XD3, XF4	0,2	50
		Grondzijde: XC2	0,3	50
Vloer	C30/37	Bovenkant: XC4, XD3, XF4	0,2	50
		Onderkant: XC2	0,3	50

Materiaaleigenschappen beton conform NEN-EN 1992-1-1, tabel 3.1

Beton-klasse ²⁾	f_{ck} [N/mm ²]	$f_{ck;cube}$ [N/mm ²]	$f_{cd}^{1)}$ [N/mm ²]	$f_{ctd}^{1)}$ [N/mm ²]	f_{ctm} [N/mm ²]	ϵ_{c3} [‰]	ϵ_{cu3} [‰]	E_{cm} [N/mm ²]
C30/37	30	37	20,0	1,33	2,9	1,75	3,5	33000

¹⁾ f_{cd} en f_{ctd} zijn gegeven voor blijvende en tijdelijke belastingen. Voor buitengewone belastingen mogen deze een factor 1,25 (=1,5/1,2) hoger worden genomen.

- Betonstaal

Wapening (NEN-EN 1992-1-1, art 3.2.7 en tabel C.1)

	f_{yk} [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	ϵ_{uk} [‰]	E_s [N/mm ²]	α [K ⁻¹]
B500B	500	435	5,0	200000	10 ⁻⁵

3.4 Geotechnische gegevens

De pompkelder wordt op staal gefundeerd. Gezien de schematisering/modellering is de bedding niet van belang.

Invloed trekken damwand

Exacte positie van de tijdelijke damwand is nog niet bekend. Bij het trekken van tijdelijke damwanden dient rekening worden gehouden met de op staal gefundeerde kelder. Het trekken kan leiden tot zettingen, met risico schade aan de HWA leiding tussen de toerit en de kelder.

3.5 Omschrijving van de bouwmethode

Voor de gehanteerde bouwmethode wordt verwezen naar het Uitgangspuntenrapport, paragraaf 6.2. Gewijzigd t.o.v. het Uitgangspuntenrapport is dat de kelder in prefab beton wordt uitgevoerd i.p.v. in-situ beton.

3.6 Modellen/schematisering

De berekening wordt handmatig uitgevoerd met vergeet-me-nietjes.

De verlaging in de vloer van 300mm t.p.v. de pomp wordt constructief niet meegenomen, vloerdikte (buigstijfheid) verandert verder niet.

3.7 Uit te voeren controles

Conform het Uitgangspuntenrapport, paragraaf 8.8, betreffen de controles voor het Definitief Ontwerp:

- Controle fundering (op basis van sterkte en vervormingen);
- Controle hoofdafmetingen (op basis van sterkte en vervormingen);
- Dimensionering wapening (op basis van sterkte en duurzaamheid).

De controle van de hoofdafmetingen en wapening worden uitgevoerd door de leverancier van het prefab beton.

3.8 Geautomatiseerde hulpmiddelen

Programma	Versie	Omschrijving
Mathcad	15	Geautoriseerde, rekentechnische tekstverwerker

4 Schematisering

4.1 Geometrie en schematisering

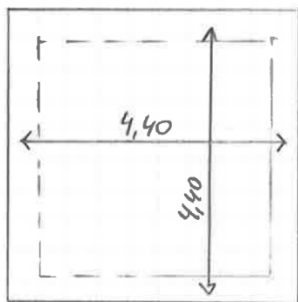
De hoofdafmetingen zijn:

- Dak en vloer: 500mm
- Wanden: 400mm

De pompkelder wordt t.b.v. vloer, wanden en dak als volgt geschematiseerd:

Dak

In verband met de vierkante vorm wordt één richting beschouwd als een scharnierend opgelegde ligger op 2 steunpunten. Voor het moment in beide richtingen aan de onderzijde wordt uitgegaan van $M = 1/8 QL^2$, voor de dwarskracht geldt: $V = 1/2 QL$.



$M = 1/8 QL^2$
 $V = 1/2 QL$

Voor de wapening aan de bovenzijde (in beide richtingen) kan worden uitgegaan van de minimaal vereiste wapening.

Vloer

Er kan worden volstaan met 1 ingeklemde ligger voor beide richtingen. Uitgegaan wordt van een moment van $1/10 QL^2$ voor de momenten aan zowel onder- als bovenzijde van de vloer. Voor de dwarskracht geldt: $V = 1/2 QL$.

Vloer/Wand.

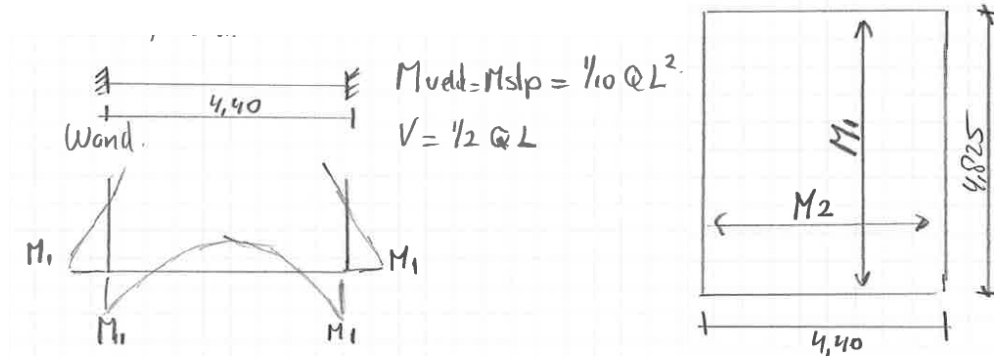
$M_{vdd} = M_{slp} = 1/10 QL^2$
 $V = 1/2 QL$

Voor de belasting wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde belasting gelijk aan de funderingsdrukken.

Wand

Voor de momenten in de verticale richting aan de buitenzijde (M_1 in onderstaande figuur) wordt uitgegaan van een moment gelijk aan het moment in de vloer. Voor de verticale wapening aan de binnenzijde kan worden volstaan met de minimaal vereiste wapening.

Voor de momenten in horizontale richting (M_2 , zowel binnen als buiten), wordt uitgegaan van een ingeklemde horizontale ligger met de belastingen op de onderste meter van de wand. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de wand aan de spoorzijde en de overige wanden. Voor het moment wordt uitgegaan van $1/10 QL^2$ en voor de dwarskracht geldt $V = 1/2 QL$.



5 Belastingen en belastingcombinaties

5.1 Belastinggevallen

Onderstaand zijn de belastinggevallen voor de pompkelder uitgewerkt:

5.1.1. PB - Eigen Gewicht (BG1)

Voor het eigen gewicht wordt uitgegaan van gewapend beton met een gewicht van 25kN/m^3 . Het totale gewicht is hieronder bepaald:

EG				G [kN]
VLOER	1x A = $4,8 \times 4,8$	t = 0,15		288
WANDEN	2x A = $4,0 \times 4,575$	t = 0,14		366
	2x A = $4,8 \times 4,575$	t = 0,14		439
PAAL	1x A = $4,8 \times 3,0$	t = 0,15		220
				<hr/>
				1321 kN ↓

Uitgaande van een gelijkmatige verdeling van de belasting over de vloer is dit $1321/(4,8 \times 4,8) = 57,3\text{kN/m}^2$.

5.1.2. PB - Rustende belasting (BG2)

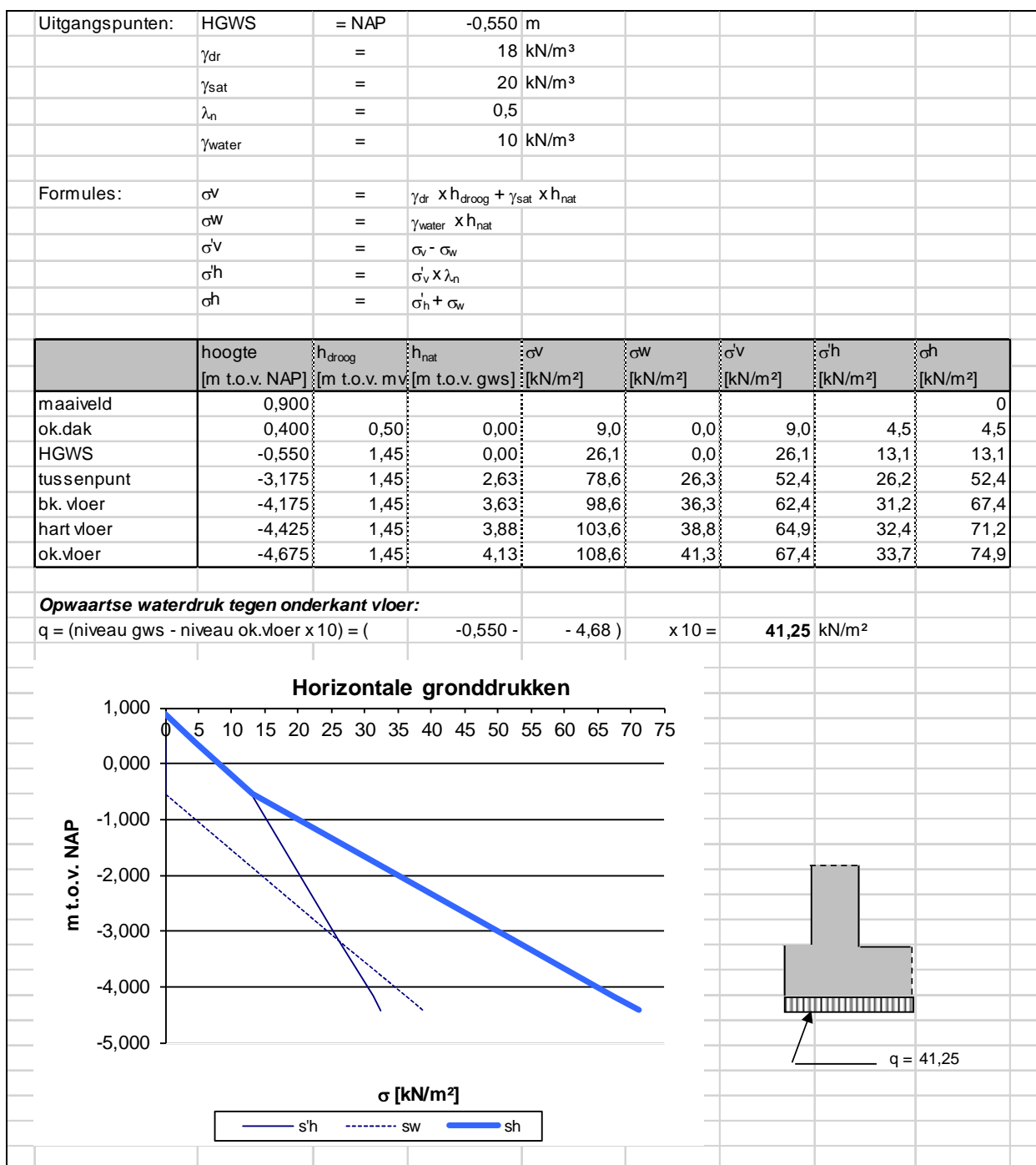
De volgende belastingen in de kelder worden in rekening gebracht:

- $q_{\text{KAR}} = 2,5\text{kN/m}^2$ t.b.v. installaties
- $q_{\text{KAR}} = 15,0\text{kN/m}^2$ t.b.v. bergingscapaciteit (water) pompkelder

5.1.3. RB Grond- en waterdruk (BG3)

Conform het uitgangspuntenrapport zijn de korrel- en waterdrukken bepaald o.b.v. matig verdicht zand met een volumegewicht van: $\gamma_{\text{grond;droog}} = 18\text{kN/m}^3$ en $\gamma_{\text{grond;nat}} = 20\text{kN/m}^3$ ($\gamma_{\text{water;zoet}} = 10\text{kN/m}^3$). Voor de neutrale gronddrukfactor geldt $K_0 = 0,5$. Er is alleen gerekend met de hoogste grondwaterstand, deze is maatgevend t.o.v. de laagste grondwaterstand.

In onderstaande figuur wordt de belasting weergegeven:



Figuur 5 : gronddruk tegen wand

Ter plaatse van de onderste meter wordt gerekend met een belasting van gemiddeld $(52,4 + 67,4) = 59,9 \text{ kN/m}^2$.

De minimale opwaartse belasting (bij laagste grondwaterstand van NAP -1,40) tegen onderzijde vloer is $32,8 \text{ kN/m}^2$.

5.1.4. VB Wegverkeer - Maaiveldbelasting (BG4)

De volgende belastingen zijn ingevoerd:

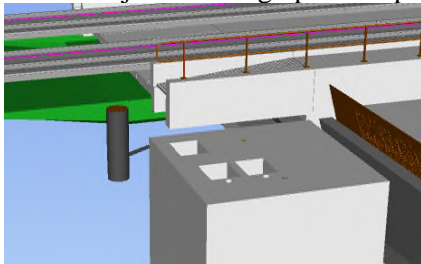
- Horizontaal tegen buitenzijde rechte wand: $0,5 \times 5,0 \text{ kN/m}^2 = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- Verticaal op dak pompkelder: $5,0 \text{ kN/m}^2$

5.1.5. VB Wegverkeer - Dienstvoertuig (BG5)

- Het uitgangspunt is dat het dienstvoertuig niet op het dak wordt gepositioneerd, maar voor de pompkelder blijft (parkeervak).

5.1.6. VB Inspectiepad (BG6)

Gezien de positie van de pompkelder naast de kabelkoker zal de pompkelder niet belast worden door een veranderlijke belasting op het inspectiepad.



Figuur 6 : positie kelder t.o.v. kabelkoker element

5.1.7. VB Gronddruk t.g.v. spoorbelasting (BG7)

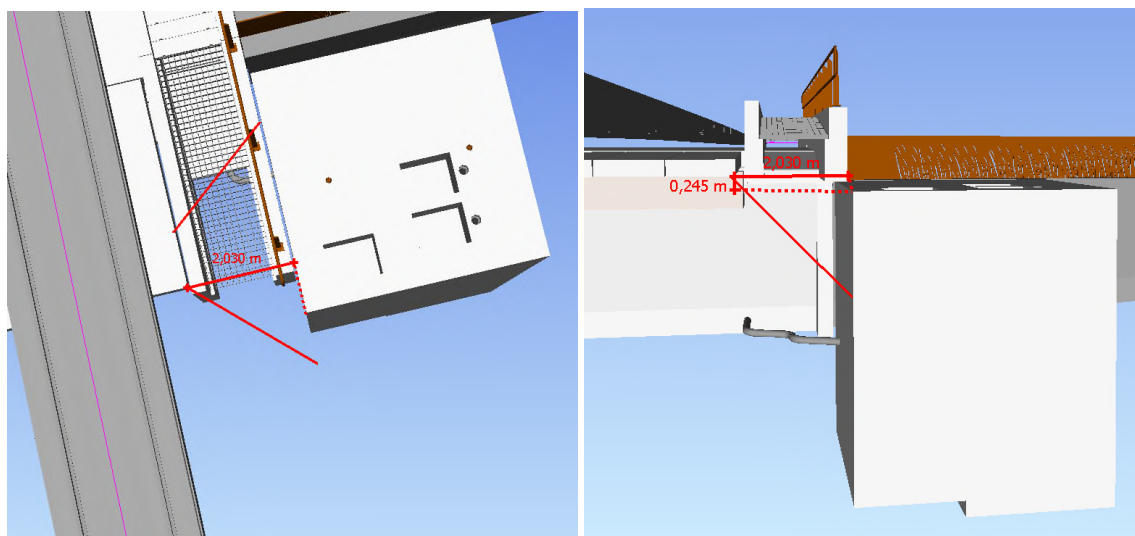
Voor de spoorbelasting wordt uitgegaan van 64 kN/m^2 over een breedte van $3,0 \text{ m}$ (conform OVS00030-6 hoofdstuk 10 paragraaf 6.3.6.4). Bij deze belasting hoeft geen dynamische factor in rekening te worden gebracht. Deze belasting zal ook in rekening gebracht worden op de overgangsplaten. In dwarsrichting zal gespreid worden over de breedte van de overgangsplaten ($3,6 \text{ m}$): $64 \times 3,0 / 3,6 = 53,3 \text{ kN/m}^2$.

Deze belasting grijpt volgens de OVS aan op het niveau van BS $-0,70 \text{ m}$. In verband met de aanwezigheid van de overgangsplaten zal de belasting lager aangrijpen (onderkant overgangsplaat op BS $-1,45 \text{ m}$). Dit komt overeen met een niveau van ca. NAP $-1,15 \text{ m}$.

De belasting op de overgangsplaten zal deels afgedragen worden op het kunstwerk en deels op het baanlichaam. Uitgangspunt is dat 50% van de belasting op de overgangsplaat aanwezig is op de eerste $1,0 \text{ m}$ van de overgangsplaat.

Deze belasting is $50\% \times 4,0 \text{ m} \times 64 \text{ kN/m}^2 \times 3,0 / 3,6 = 107 \text{ kN/m}^2$

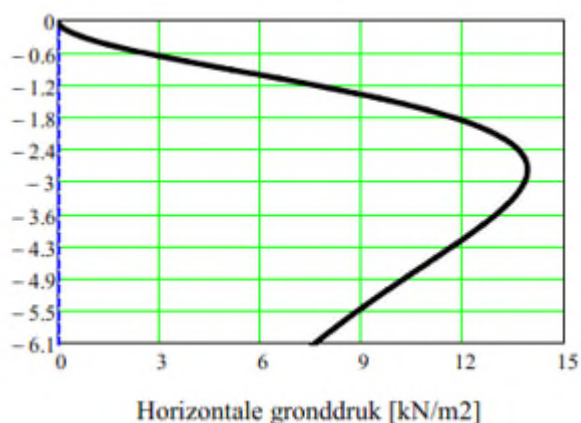
Deze belasting wordt vervolgens gespreid in het baanlichaam in horizontale en verticale richting. In horizontale richting wordt uitgegaan van een spreiding over een afstand van $2,0 \text{ m}$ onder een hoek van 45 graden (zie volgende figuren), dus over lengte van 5 m .



Figuur 7 : spreiding spoorbelasting

Er mag gerekend worden met een equivalente belasting op maaiveld van $107\text{kN/m}^2 / 5 = 21,4\text{kN/m}^2$. Dit is lager dan de in rekening te brengen baanbelasting van 64kN/m^2 over 3,0m. Deze hogere belasting zal aangehouden worden.

In Bijlage I zijn de horizontale gronddrukken bepaald.



Figuur 8 : gronddruk spoorbelasting t.o.v. niveau BS -0,7m

Bij de berekening van de wand wordt gemakshalve gerekend met het maximum van $13,9\text{kN/m}^2$ over gehele wand.

5.2 Belastingcombinaties

Aangezien de kelder indirect door spoor belast wordt, worden de factoren aangehouden volgens Uitgangspuntenrapport par. 10.3.1.

De volgende belastingcombinaties worden aangehouden:

	BG1 EG	BG2 RB	BG3 Grond	BG4 Maaiveld	BG5 Spoor	
--	-----------	-----------	--------------	-----------------	--------------	--

BC1	1,4	1,4	1,4	1,65 x 0,8	0	UGT STR/GEO 6.10a
BC2	1,4	1,4	1,4	0	1,5 x 0,8	UGT STR/GEO 6.10a
BC3	1,25	1,25	1,25	1,65	0	UGT STR/GEO 6.10b
BC4	1,25	1,25	1,25	0	1,5	UGT STR/GEO 6.10b
BC5	1,0	1,0	1,0	1,0x0,8	0	Frequent
BC6	1,0	1,0	1,0	0	1,0x0,8	Frequent

6 Krachtswerking

6.1 Dak

De in rekening te brengen belastingen:

- $BC1 = 1,4 \times 0,5 \times 25 + 1,65 \times 0,8 \times 5,0 = 24,1 \text{ kN/m}$
- $BC2 = 1,25 \times 0,5 \times 25 + 1,65 \times 5,0 = 23,9 \text{ kN/m}$ (niet maatgevend)
- $BC5 = 0,5 \times 25 + 0,8 \times 5 = 16,5 \text{ kN/m}$

Snedekrachten (per m):

- $M_{d,veld} = 1/8 \times 24,1 \times 4,4^2 = 58,3 \text{ kNm}$
- $V_d = 1/2 \times 24,1 \times 4,4 = 53 \text{ kN}$ (t.p.v. systeemlijn)
- $M_{freq} = 1/8 \times 16,5 \times 4,4^2 = 39,9 \text{ kNm}$

Deze gelden voor beide richtingen, onder boven.

6.2 Vloer

De in rekening te brengen belastingen:

- $BC1 = 1,4 \times 0,5 \times 25 + 1,4 \times 17,5 + 1,65 \times 0,8 \times 5,0 = 48,6 \text{ kN/m}$
- $BC2 = 1,25 \times 0,5 \times 25 + 1,25 \times 17,5 + 1,65 \times 5,0 = 45,8 \text{ kN/m}$ (niet maatgevend)
- $BC5 = 0,5 \times 25 + 17,5 + 0,8 \times 5 = 34,0 \text{ kN/m}$

Snedekrachten (per m):

- $M_d = 1/10 \times 48,6 \times 4,4^2 = 94,1 \text{ kNm}$
- $V_d = 1/2 \times 48,6 \times 4,4 = 106,9 \text{ kN}$ (t.p.v. systeemlijn)
- $M_{freq} = 1/10 \times 34,0 \times 4,4^2 = 65,8 \text{ kNm}$

Deze gelden voor beide richtingen, onder boven.

6.3 Wanden

Voor snedekrachten in verticale richting (buitenzijde) zie snedekrachten vloer.

Voor horizontale snedekrachten in rekening te brengen belastingen (spoorzijde is maatgevend):

- $BC3 = 1,4 \times 59,9 + 1,5 \times 0,8 \times 13,9 = 100,5 \text{ kN/m}$
- $BC4 = 1,25 \times 59,9 + 1,5 \times 13,9 = 95,7 \text{ kN/m}$ (niet maatgevend)
- $BC5 = 59,9 + 0,8 \times 13,9 = 71,0 \text{ kN/m}$

Snedekrachten (per m) horizontaal:

- $M_d = 1/10 \times 100,5 \times 4,4^2 = 194,6 \text{ kNm}$
- $V_d = 1/2 \times 100,5 \times 4,4 = 221,1 \text{ kN}$ (t.p.v. systeemlijn)
- $M_{freq} = 1/10 \times 71,0 \times 4,4^2 = 137,4 \text{ kNm}$

De dwarskracht kan t.p.v. dag wand gereduceerd worden tot $4/4,4 \times 221,1 = 201,0 \text{ kN}$

6.4 Resumé

In onderstaande tabellen zijn de snedekrachten samengevat voor elke richting en zijde per constructiedeel.

Dak

	Onder		Boven	
	Richting 1	Richting 2	Richting 1	Richting 2
M_d [kNm/m]	58,3	58,3	*	*
M_{freq} [kNm/m]	39,9	39,9	*	*
V_d [kN/m]	53,0	53,0	53,0	53,0

*) minimum wapening

Vloer

	Onder		Boven	
	Richting 1	Richting 2	Richting 1	Richting 2
M_d [kNm/m]	94,1	94,1	94,1	94,1
M_{freq} [kNm/m]	65,8	65,8	65,8	65,8
V_d [kN/m]	106,9	106,9	106,9	106,9

Wand

	Binnen		Buiten	
	Verticaal	Horizontaal	Verticaal	Horizontaal
M_d [kNm/m]	*	194,6	94,1	194,6
M_{freq} [kNm/m]	*	137,4	65,8	137,4
V_d [kN/m] **	201,0	201,0	201,0	201,0

*) minimum wapening

**) t.p.v. dag wand

7 Controle opdrijven en funderingsdrukken

7.1 Controle opdrijven

Conform het Uitgangspuntenrapport is opdrijven gecontroleerd bij de volgende belastingcombinatie:

- UPL: $0,9 \times G + 1,0 \times G_{\text{opwaarts}} + 1,5 \times Q_{\text{opwaarts}}$

Met:

- $G = BG1 = 1321 \text{ kN}$
- $G_{\text{opwaarts}} = -32,8 \times 4,8 \times 4,8 = -756 \text{ kN}$
- $Q_{\text{opwaarts}} = -8,5 \times 4,8 \times 4,8 = -196 \text{ kN}$

$$\text{UPL} = 0,9 \times 1321 + 1,0 \times -756 + 1,5 \times -196 = 138,9 > 0 \text{ kelder drijft niet op.}$$

7.2 Controle funderingsdrukken

De maximale funderingsdruk uitgaande van een gelijkmatige verdeling belasting over gehele vloer is:

- $1,4 \times 1321 + 1,4 \times 17,5 \times 4,0 \times 4,0 + 1,65 \times 0,8 \times 5,0 \times 4,8 \times 4,8 =$
 $(1849 + 392 + 152) / (4,8 \times 4,8) = 104 \text{ kN/m}^2 \text{ (conservatief excl. opwaartse belasting).}$

Het funderingsniveau van de kelder is NAP -4,675m. Dit is een dieper aanlegniveau dan de onderdoorgang. Gezien de gunstigere grondslag kan gesteld worden dat de draagkracht op dat niveau minimaal gelijk is aan de draagkracht op het niveau onderkant toerit. Conform geotechnisch advies geldt daar een draagvermogen van 396 kN/m^2 .

$$\text{UC} = 104 / 396 = 0,26 < 1, \text{ draagkracht voldoet.}$$

8 Bepaling wapening

8.1 Algemeen

De wapening in de constructie wordt bepaald door de prefab leverancier.

Colofon

Opdrachtgever Dura Vermeer Rail infra B.V.

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Ruimte, Mobiliteit en Infra
Afdeling Infrastructuur: Kunstwerken Beton

Utrecht

Telefoon 06-43836396

Ondertekenaar H Engelman

Projectnummer RA004109

Kenmerk 1706445-00721

Opgesteld door Gritter, MW

Bijlage I: Gronddruk t.g.v. spoorbelasting

Horizontale gronddrukken op starre wand t.g.v. maaiveldbelasting

Berekening volgens Boussinesq:

$$\Delta\sigma_{h;p1} = \lambda_n \cdot p_1 \cdot (\sin^3 \beta_{2;p1} - \sin^3 \beta_{1;p1})$$

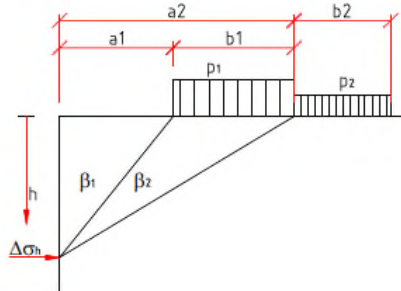
$$\Delta\sigma_{h;p2} = \lambda_n \cdot p_2 \cdot (\sin^3 \beta_{2;p2} - \sin^3 \beta_{1;p2})$$

$$\beta_{1;p2} = \arctan(a_2 / h)$$

$$\beta_{2;p1} = \arctan((a_1 + b_1) / h)$$

$$\beta_{2;p2} = \arctan((a_2 + b_2) / h)$$

$$\beta_{1;p1} = \arctan(a_1 / h)$$



Belastingen:

Belasting_p1 := $64 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ Bovenbelasting nr.1

a1 := 2.3m Afstand belasting tot de wand

b1 := 3m Breedte/lengte van de belasting

Belasting_p2 := $0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ Bovenbelasting nr.2

a2 := 5m Afstand belasting tot de wand

b2 := 10m Breedte/lengte van de belasting

Geometrie:

h_maaiveld := (2.35 - 0.7)m Niveau maaiveld (t.o.v. NAP)

h_bk_vloer := -4.175m Niveau bovenkant vloer (t.o.v. NAP)

d_vloer := 0.5m Vloerdikte

lambda_n := 0.5 Neutrale gronddrukfactor

$$h_{\text{syswand}} := h_{\text{maaiveld}} - h_{\text{bk_vloer}} + \frac{d_{\text{vloer}}}{2}$$

h_syswand = 6.075 m

Berekening:

$$f_1(h) := \lambda_n \cdot \text{Belasting_p1} \cdot \left[\left(\sin \left(\text{atan} \left(\frac{a_1 + b_1}{h} \right) \right) \right)^3 - \sin \left(\text{atan} \left(\frac{a_1}{h} \right) \right)^3 \right]$$

$$f_2(h) := \lambda_n \cdot \text{Belasting_p2} \cdot \left[\left(\sin \left(\text{atan} \left(\frac{a_2 + b_2}{h} \right) \right) \right)^3 - \sin \left(\text{atan} \left(\frac{a_2}{h} \right) \right)^3 \right]$$

$$f_3(h) := f_1(h) + f_2(h)$$

$$x := h_{\text{syswand}}$$

$$\text{Maximize}(f_3, x) = 2.8 \text{ m}$$

Niveau maximale gronddruk (t.o.v. maaiveld)

$$f_3(\text{Maximize}(f_3, x)) = 13.9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Maximale gronddruk

$$f_3(h_{\text{maaiveld}} - h_{\text{bk_vloer}}) = 8.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Gronddruk t.p.v. niveau bovenkant vloer

$$f_3(h_{\text{syswand}}) = 7.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Gronddruk t.p.v. systeemlijn vloer

Grafische weergave horizontale gronddruk

