



Persleiding RWZI Papendrecht

DO damwanden en bemalingsadvies

Waterschap Rivierenland

20 januari 2022

Project
Opdrachtgever

Persleiding RWZI Papendrecht
Waterschap Rivierenland

Document
Status
Datum
Referentie

DO damwanden en bemalingsadvies
Definitief 04
20 januari 2022
132956-23-001.376

Projectcode
Projectleider
Projectdirecteur

132956
J. Vlaanderen MSc
Ir. D.J. Jasper Focks

Auteur(s)
Gecontroleerd door
Goedgekeurd door

R.D. Visser MSc, ir. B. van Es, J. Vlaanderen MSc, S. Joosten MSc, ir. B.P.M. Horsten
P.M. van Dijk MSc, ir. D.G. Fiolet, ir. A.K. de Jong, ir A. van Dalfsen
J. Vlaanderen MSc

Paraaf



Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
Daalsesingel 51c
Postbus 24087
3502 MB Utrecht
+31 (0)30 765 19 00
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Projectbeschrijving	5
1.2	Doel van dit document	6
1.3	Referenties	6
2	UITGANGSPUNTEN	7
2.1	Grondgegevens	7
2.1.1	Grondonderzoek	7
2.1.2	Bodemopbouw	9
2.1.3	Geotechnische parameters	11
2.2	Geometrie	11
2.3	Berekeningen	12
2.4	Fasering en belastinggevallen	15
2.5	Waterstanden voor damwandontwerp	16
2.6	Grondwaterstanden polder	18
2.7	Belastingen	18
2.8	Corrosie	18
2.9	Stijfheid damwandconstructie	19
2.10	Veiligheidsfilosofie	20
2.10.1	Gevol klassen en ontwerplevensduur	20
2.10.2	Toetsingen	20
2.10.3	Partiële factoren	20
3	DAMWANDONTWERP	22
3.1	Damwand	22
3.2	Stabiliteit van de damwanden	23
3.3	Kwelanalyse	25
3.4	Constructieve aspecten	25
3.4.1	Gordingen	26
3.4.2	Lasdetails	28

4	BEMALINGSADVIES	29
4.1	Systeembeschrijving	29
4.1.1	Bodemopbouw	29
4.1.2	Maaiveld	30
4.1.3	Oppervlaktewater	30
4.1.4	Natuur	31
4.1.5	Waterkering	32
4.1.6	Werkzaamheden	32
4.2	Geohydrologische analyse	34
4.2.1	Methode	34
4.2.2	Scenario 1: fasen 1.1 tot en met 1.8	35
4.2.3	Scenario 2: fase 2.1	36
4.3	Afgeleide effecten	37
4.3.1	Opbarsten	39
4.3.2	Zettingen	40
4.4	Beleid bevoegd gezag	41
4.4.1	Onttrekking	41
4.4.2	Lozing	42
5	CONCLUSIES	43
5.1	Damwandontwerp	43
5.2	Bemalingsadvies	44
	Laatste pagina	44
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Tekening	2
II	D-Settlements	20
III	D-sheet piling	30
IV	Toetsing damwand	25
V	Opbarstberekningen	2
VI	Omgevingsrapport	10
VII	Berekening sheet in het vlak belaste damwanden	1
VIII	Scia model	24

1.2 Doel van dit document

Dit document betreft de volgende aspecten:

- 1 type en lengte damwanden op de dijk kruising; en
- 2 bemalingsadvies voor het hele tracé van de persleiding.

1.3 Referenties

De volgende bronnen worden als referentie gebruikt.

- 1 NEN 9997-1, Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp van constructies - deel 1: Algemene regels, 2017.
- 2 CUR166, Handboek ontwerp Damwandconstructies, 6de druk, 2012.
- 3 NEN-EN 1990+A1+A1/C2, Eurocode 0: Grondslagen van het constructief ontwerp, 2011.
- 4 'Geotechnisch onderzoek Project Effluentleiding rwzi', R2200661-01, Mos Grondmechanica B.V., d.d. 1 augustus 2022.
- 5 NEN-EN 1993-1-1, Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen, december 2016.
- 6 NEN-EN 1993-1-10, Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-10: Materiaalbaarheid en eigenschappen in de dikterichting
- 7 NEN-EN 1993-5, Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 5: Palen en damwanden, 2008.
- 8 D-Sheet Piling, Design of diaphragm and sheet pile walls, User Manual, Version 20.2, d.d. 8 September 2020.
- 9 Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. Handreiking ontwerpen met overstromingskansen. OI2014v4. Februari 2017.
- 10 Tekening VO - PAP rwzi effluent leiding - Nieuwe dijk doorkruising, Waterschap Rivierenland, d.d. 26 juli 2022. Versie 204
- 11 Bodemloket. (2022). Rijkswaterstaat. <https://www.bodemloket.nl/kaart>.
- 12 Geologische Dienst Nederland/TNO. Grondwatertools. Zoet en zout grondwater. [Online] <https://www.grondwatertools.nl/thema-grondwater-projecten/zoet-en-zout-grondwater>.
- 13 GEOTOPv1.4. (2020). dinoloket.nl. <https://www.dinoloket.nl/detaillering-van-de-bovenste-lagen-met-geotop>.
- 14 Rijksdienst van Ondernemend Nederland (2021). WKO-bodemenergietool: <https://wkotool.nl>.
- 15 Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2022). Funderingsviewer indicatieve aandachtsgebieden. https://geocontent.rvo.nl/funderingsviewer_storymap/.
- 16 Rijkswaterstaat. Actueel Hoogtebestand Nederland 4. (2022). Rijkswaterstaat. [Online] 2022. <https://www.ahn.nl/>.
- 17 SIKB (2017). Protocol 12010: Voorbereiden melding of vergunningaanvraag. <https://www.sikb.nl/>.
- 18 Waterschap Rivierenland (2014). Algemene Regels behorende bij de Keur waterschap Rivierenland 2014 <https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR346099/11>.
- 19 Rijkswaterstaat: Rapportage afronding onderzoek vermindering corrosietoeslag damwanden, versie 2015-44407_1 (Rijkswaterstaat, 2015).

2

UITGANGSPUNTEN

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten voor het ontwerp gepresenteerd.

2.1 Grondgegevens

Grondgegevens zijn nodig bij twee locaties:

- bij de dijkkrusing, voor het ontwerp van de damwanden; en
- bij de Zalmsteeg, voor de zettingsberekeningen bij de huidige locatie van de leiding.

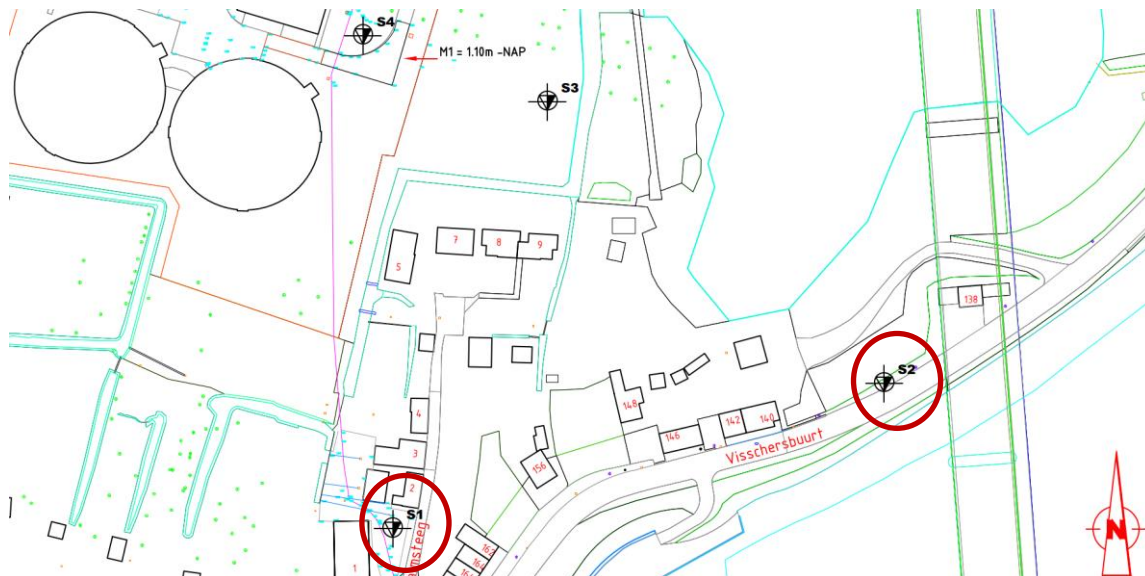
2.1.1 Grondonderzoek

Het projectspecifieke grondonderzoek is van het waterschap Rivierenland [ref. 4] ontvangen. Dit bestaat uit 4 sonderingen en 7 boringen, die zijn weergegeven in afbeelding 2.1 en in afbeelding 2.2. Van de sonderingen is alleen sondering S2 in de buurt van de dijkkrusing en dus bruikbaar voor het ontwerp van de damwanden. S1 is in de buurt van panden die dichtbij het huidige leidingtracé liggen en is dus bruikbaar voor de zettingsberekeningen vanwege bemaling ten behoeve van verwijdering.

Afbeelding 2.1 Project-specifiek grondonderzoek

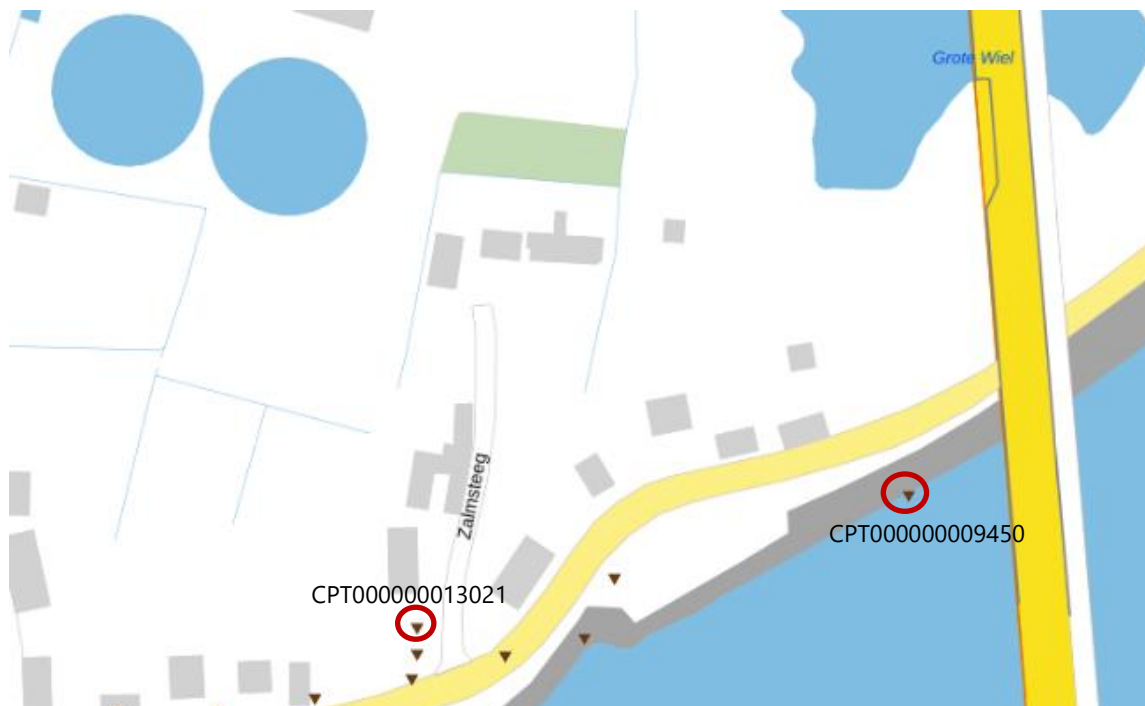


Afbeelding 2.2 Project-specifiek grondonderzoek - sonderingen



Daarnaast staan er ook op Dino-loket sonderingen (CPT000000009450 en CPT000000013021) die gebruikt kunnen worden, die afbeelding 2.3.

Afbeelding 2.3 Grondonderzoek Dino-loket



2.1.2 Bodemopbouw

Damwandontwerp

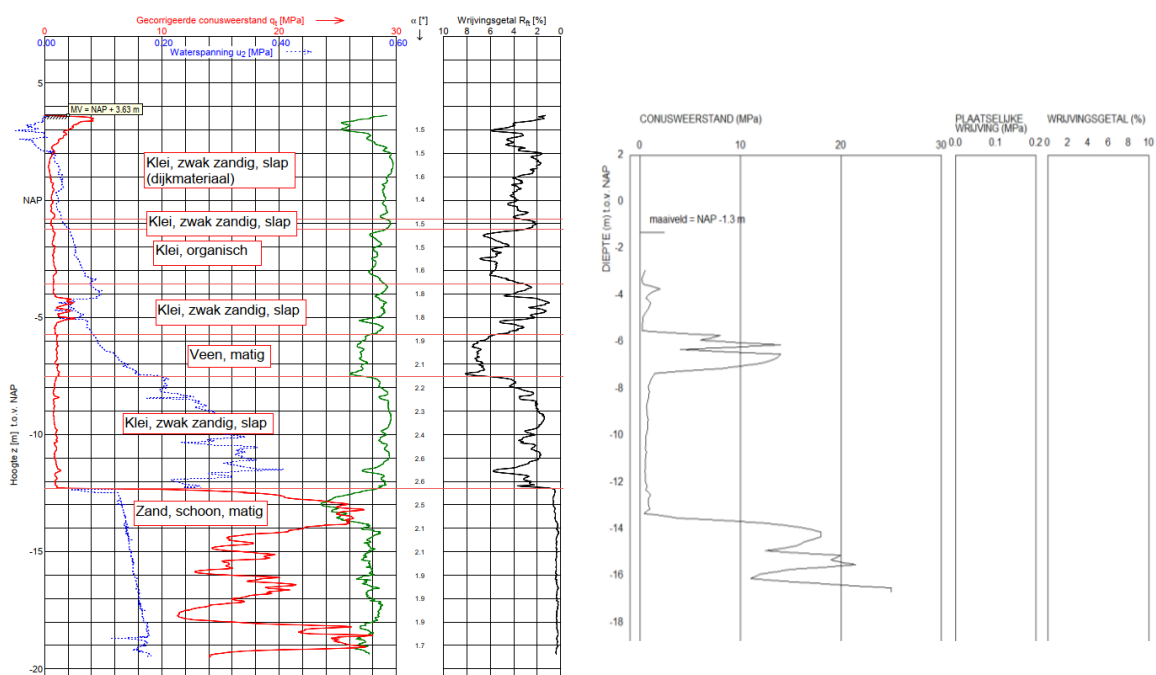
Op basis van het project-specifiek grondonderzoek bestaat de bodemopbouw op de locatie van de dijkkruising uit een kleilaag tot een diepte van NAP -12,4 m. Midden in deze laag bevindt zich een 2 m dikke organische kleilaag en nog een 2 m dikke veenlaag. Onder de kleilaag ligt zand. De bodemopbouw is weergegeven in tabel 2.1 volgens het resultaat van het grondonderzoek, welke is gepresenteerd in afbeelding 2.4 (links).

De sondering uit Dino-loket is ook gepresenteerd in afbeelding 2.4 (rechts). Daar bevindt de onderkant van de zandlaag zich 1 m dieper dan bij S2, wat maatgevend is voor het damwandontwerp. Aan de andere kant, is er bij de Dino-loket sondering een 2 m dikke zandlaag met een hoog conusweerstand die niet is gevonden bij S2, en wel gunstig is voor het ontwerp. Al met al wordt S2 als representatief beschouwd. Qua hoeveelheid grondonderzoek wordt er net aan de normen voldaan (2 onderzoekpunten).

Tabel 2.1 Grondopbouw op basis van het project-specifiek grondonderzoek (S2)

Grondlagen	Bovenkant [m NAP]
klei, zwak zandig, slap (dijkmateriaal)	maaiveld (circa +3,6 m)
klei, zwak zandig, slap	-0,8
klei, organisch, matig	-1,3
klei, zwak zandig, slap	-3,5
veen, matig voorbelast	-5,7
klei, zwak zandig, slap	-7,5
zand, schoon, matig	-12,4

Afbeelding 2.4 Sondering S2 met interpretatie (links) en sondering uit Dino-loket (rechts)



Zettingsberekening

Bodemopbouw ter plaatse van huidige tracé (ten behoeve van bemaling)

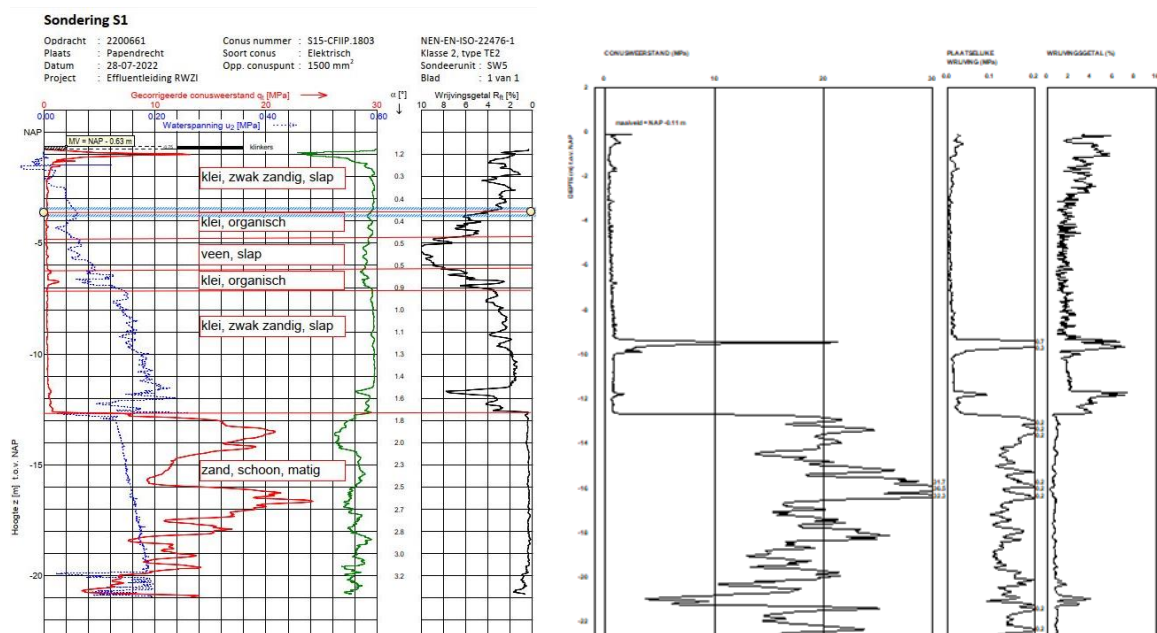
Op basis van het project-specifiek grondonderzoek (sondering S1) bestaat de bodemopbouw op de locatie van het huidige tracé uit een kleilaag tot een diepte van NAP -12,7 m. Midden in deze laag bevindt zich een 2 m dikke organische kleilaag en nog een 2 m dikke veenlaag. Onder de kleilaag ligt zand. De bodemopbouw is weergegeven in tabel 2.2 volgens het resultaat van het grondonderzoek, welke is gepresenteerd in afbeelding 2.5 (links).

De sondering uit Dino-loket is ook gepresenteerd in afbeelding 2.5 (rechts). Daar bevindt de onderkant van de zandlaag even diep als bij S1. Aan de andere kant, zijn bij de Dino-loket sondering de organische lagen tussen NAP -4m en NAP -7m niet aanwezig, wat gunstig is voor de zettingen. S1 is dus maatgevend.

Tabel 2.2 Grondopbouw op basis van het project-specifiek grondonderzoek (S1)

Grondlagen	Bovenkant [m NAP]
klei, zwak zandig, slap	maaiveld (circa -0,63 m)
klei, organisch, matig	-3,6
veen, niet voorbelast	-4,8
klei, organisch, matig	-6,3
klei, zwak zandig, slap	-7,2
zand, schoon, matig	-12,7

Afbeelding 2.5 Sondering S1 met interpretatie



2.1.3 Geotechnische parameters

De grondparameters zijn gedefinieerd op basis van de tabel 2b uit de NEN 9997-1 [ref. 1]. De rekenwaarden van de grondparameters zijn weergegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3 Grondparameters (sterkte)

Grondsoort	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	ϕ' [°]	ψ' [°]	c' [kPa]
klei, zwak zandig, slap (dijkmateriaal)	17/17	22,5	0,0	0,0
klei, zwak zandig, slap	15/15	22,5	0,0	0,0
klei, organisch, matig	15/15	15,0	0,0	0,0
veen, matig voorbelast	12/12	15,0	0,0	2,5
zand, schoon, matig	18/20	32,5	2,5	0,0

Tabel 2.4 Grondparameters (zettingen)

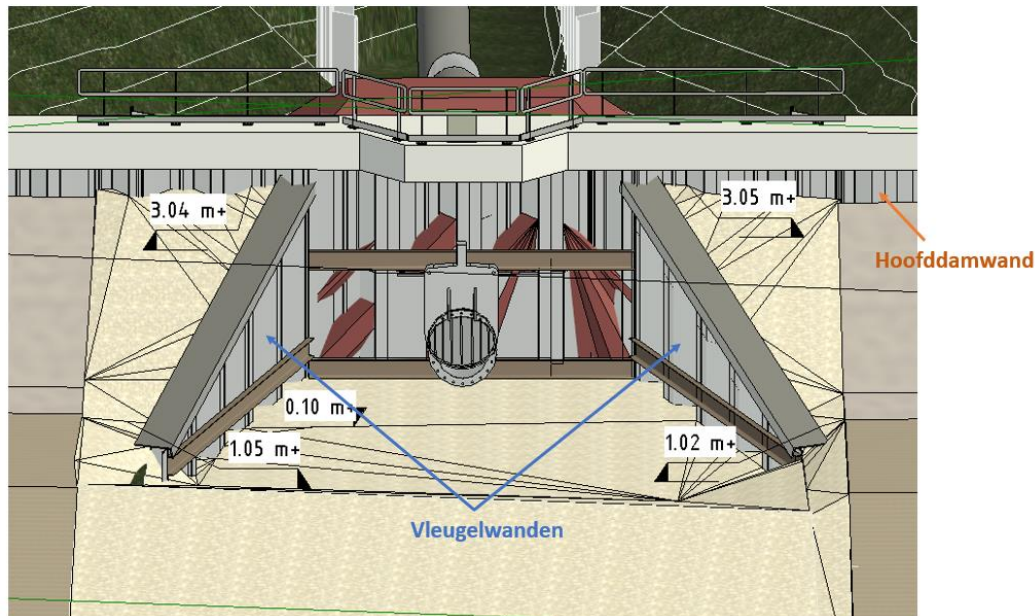
Grondsoort	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	RR [-]	CR [-]	Ca [-]	Cv [m ² /s]	POP [kN/m ²]
klei, zwak zandig, slap	15/15	0,0767	0,23	0,0092	1*10 ⁻⁵	0/10 ¹
klei, organisch, matig	15/15	0,0767	0,23	0,0115	1*10 ⁻⁷	0
veen, niet voorbelast	10/10	0,1533	0,46	0,0230	1*10 ⁻⁸	0
zand, schoon, matig	18/20	0,0013	0,0038	0,0	n.v.t.	n.v.t.

1) De klei, zwak zandige slappe laag zal naar alle waarschijnlijkheid enige mate van voorbelasting kennen, mede doordat deze zich op grotere diepte bevindt. Voor de ondiepe klei, zwak zandige slappe laag is een POP waarde van 0 kN/m² toegepast.

2.2 Geometrie

In afbeelding 2.6 wordt de geometrie van de damwandconstructie geïllustreerd. Deze afbeelding komt uit bijlage i, de tekening die het Waterschap heeft opgesteld.

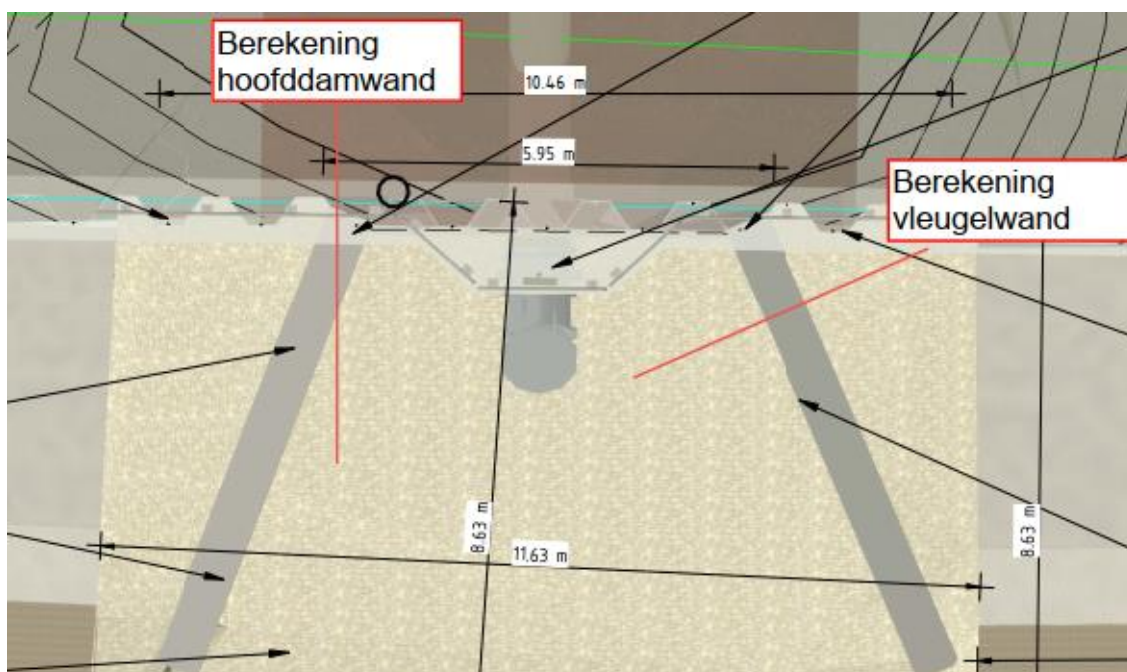
Afbeelding 2.6 Damwandconstructie: hoofddamwand en vleugelwanden



2.3 Berekeningen

De damwandconstructie wordt getoetst op basis van twee D-Sheet Piling berekeningen. In afbeelding 2.7 worden de locaties van de twee berekeningen gepresenteerd.

Afbeelding 2.7 Damwandconstructie: berekeningen.



Twee belastingsituaties worden getoetst:

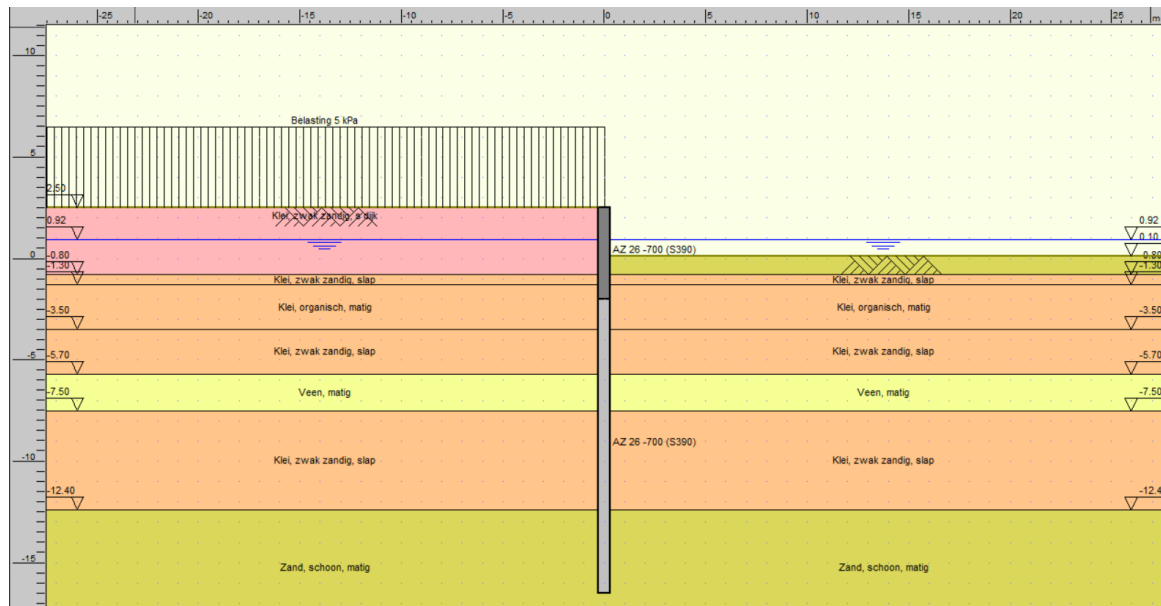
Situatie 1: dijkversterking (ophoging van NAP+3,8m tot NAP+5,0m) + laagste waterstand

Situatie 2: maximaal hoogwater + uitgespoeld dijklichaam door lekkage leiding + droge reparatie

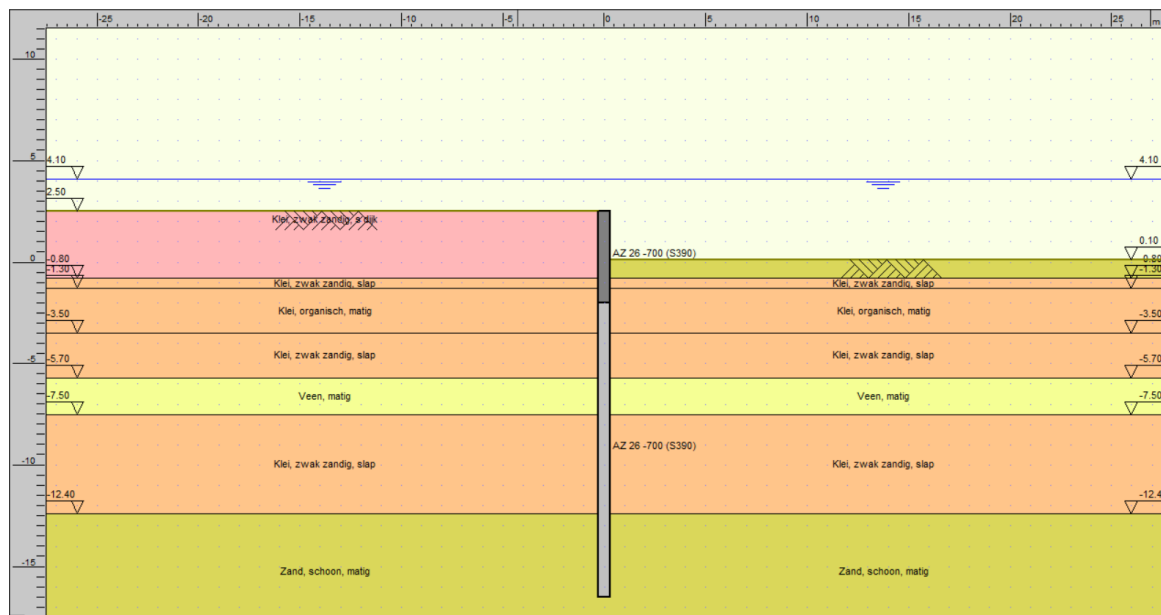
afbeelding 2.8, afbeelding 2.9, afbeelding 2.10 en afbeelding 2.11 tonen de input van D-Sheet Piling voor belastingsituaties 1 en 2.

The diagram is a geological cross-section showing a pile foundation. The horizontal axis at the top has coordinates from -30 to 25. The vertical axis on the left shows elevations from -15 to 10. A pile is shown with a diameter of 0.25m and a length of 26.700m (S390) gecorr. The soil layers are labeled: Klei, organisch, matig; Klei, organisch, matig; Klei, zwak zandig, slap; Veer, matig; Klei, zwak zandig, slap; and Zand, schoon, matig. The pile is labeled AZ 26-700 (S390) gecorr and Gording +0.25m.

Afbeelding 2.10 D-Sheet berekening vleugelwand - belastingssituatie 1



Afbeelding 2.11 D-Sheet berekening vleugelwand - belastingssituatie 2.



2.4 Fasering en belastinggevallen

De fasering voor de constructie van de damwanden en de bijbehorende belastingssituaties zijn weergegeven in tabel 2.5 en in tabel 2.6.

Tabel 2.5 Fasering - hoofddamwand

Bouwfase	Activiteit	Uitgangspunten Polderzijde			Uitgangspunten Rivierzijde	
		Maaiveld	Waterstand	Boven-belasting	Maaiveld	Waterstand
1	aanbrengen damwanden, ook vleugelwanden	NAP+3,8m	NAP+0,73m	-	NAP+3,8m	NAP+0,92m
2	ontgraven voor tijdelijke gording tot NAP+1,50m	NAP+3,8m	NAP+0,73m	20 kPa	NAP+1,50m	NAP+0,92m
3	aanbrengen tijdelijke gording (rivierzijde) op NAP+2,00m	NAP+3,8m	NAP+0,73m	20 kPa	NAP+1,50m	NAP+0,92m
4	ontgraven voor permanente gording tot NAP-0,25m	NAP+3,8m	NAP+0,73m	20 kPa	NAP-0,25m	NAP+0,92m
5	aanbrengen permanente gording (rivierzijde) op NAP+0,25m en verwijderen tijdelijke gording op NAP+2,00m	NAP+3,8m	NAP+0,73m	20 kPa	NAP-0,25m	NAP+0,92m
6	ontgraven rivierzijde t.b.v. uitstroombak en steenbestorting	NAP+3,8m	NAP+0,73m	20 kPa	NAP-0,5m	NAP+0,92m
7	aanbrengen bodembescherming	NAP+3,8m	NAP+0,73m	20 kPa	NAP+0,1m	NAP+0,92m
8	ontgraven polderzijde t.b.v. aanleg effluentleiding	NAP+0,0m	NAP+0,73m	-	NAP+0,1m	NAP+0,92m
9.1 (Situatie 1)	toekomstige dijkverzwaring, laagste laagwater	NAP+5,0m	NAP+0,73m	13,3 kPa	NAP+0,1m	NAP-1,0m
9.2 (Situatie 2)	reparatie leiding onder toekomstig MHW	NAP-1,46m	NAP-2,00m	-	NAP+0,1m	NAP+4,1m

Tabel 2.6 Fasering - vleugelwanden

Bouwfase	Activiteit	Uitgangspunten achter vleugelwand			Uitgangspunten achter vleugelwand	
		Maaiveld	Waterstand	Boven-belasting	Maaiveld	Waterstand
1	aanbrengen damwanden, ook vleugelwanden	NAP+2,5m	NAP+0,92m	-	NAP+2,5m	NAP+0,92m
2	ontgraven voor tijdelijke gording tot NAP+1,50m	NAP+2,5m	NAP+0,92m	5 kPa	NAP+1,50m	NAP+0,92m
3	aanbrengen tijdelijke gording (voor vleugelwand) op NAP+2,00m	NAP+2,5m	NAP+0,92m	5 kPa	NAP+1,50m	NAP+0,92m
4	Ontgraven voor permanente gording tot NAP-0,25m	NAP+2,5m	NAP+0,92m	5 kPa	NAP-0,25m	NAP+0,92m

Bouwfase	Activiteit	Uitgangspunten achter vleugelwand			Uitgangspunten achter vleugelwand	
		Maaiveld	Waterstand	Boven-belasting	Maaiveld	Waterstand
5	aanbrengen permanente gording (voor vleugelwand) op NAP+0,25m en verwijderen tijdelijke gording op NAP+2,00m	NAP+2,5m	NAP+0,92m	5 kPa	NAP-0,25m	NAP+0,92m
6	ontgraven rivierzijde t.b.v. uitstroombak en steenbestorting	NAP+2,5m	NAP+0,92m	5 kPa	NAP-0,5m	NAP+0,92m
7	aanbrengen bodembescherming	NAP+2,5m	NAP+0,92m	5 kPa	NAP+0,1m	NAP+0,92m
8.1 (Situatie 1)	toekomstige dijkverzwaring, laagste laagwater	NAP+2,5m	NAP-1,0m	5 kPa	NAP+0,1m	NAP-1,0m
8.2 (Situatie 2)	reparatie leiding onder toekomstig MHW	NAP+2,5m	NAP+4,1m	-	NAP+0,1m	NAP+4,1m

2.5 Waterstanden voor damwandontwerp

De waterstanden in normale condities zijn hieronder gepresenteerd:

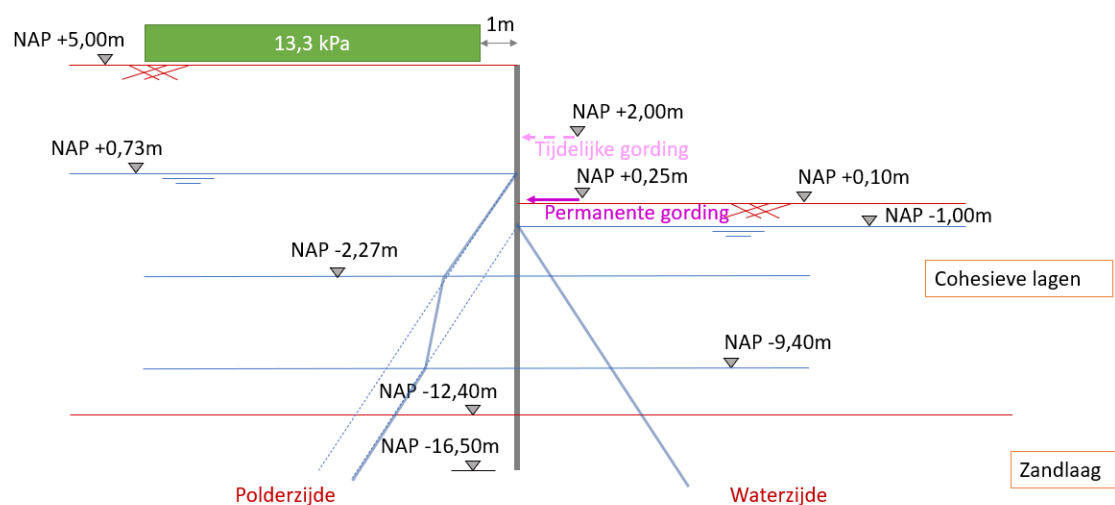
- waterstand rivierzijde van de damwand: NAP +0,92 m
- waterstand polderzijde van de damwand: NAP +0,73 m

De ontwerpwaterstanden zijn hieronder gepresenteerd:

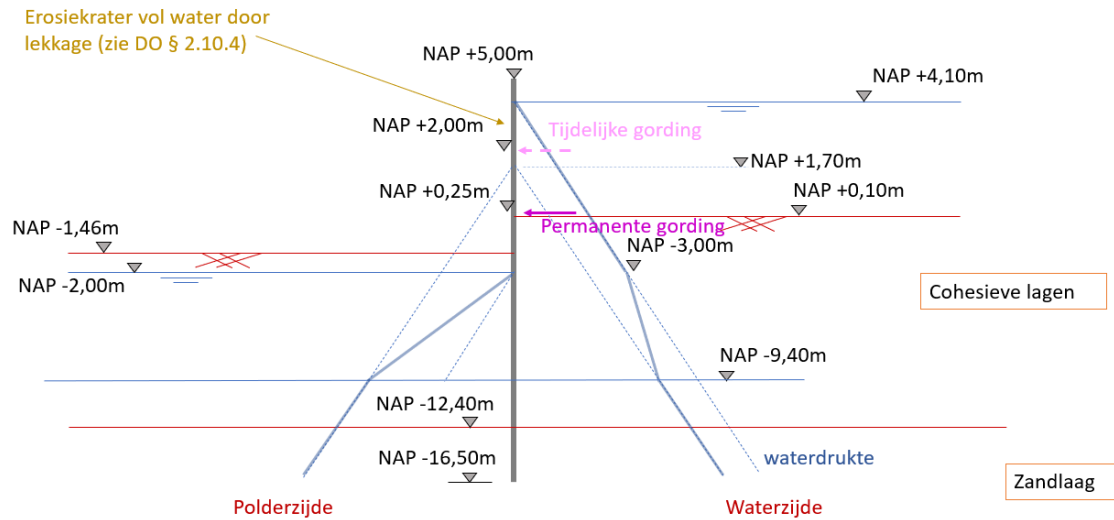
- ontwerpwaterstand (extreem hoogwater): NAP +4,10 m;
- ontwerpwaterstand (laagwater): NAP -1,00 m.

De ontwerpwaterstand voor extreem hoogwater is vastgesteld op basis van een planperiode van 100 jaar. Voor meer details over aangenomen waterspanningen, zie afbeelding 2.12, afbeelding 2.13, afbeelding 2.14 en afbeelding 2.15.

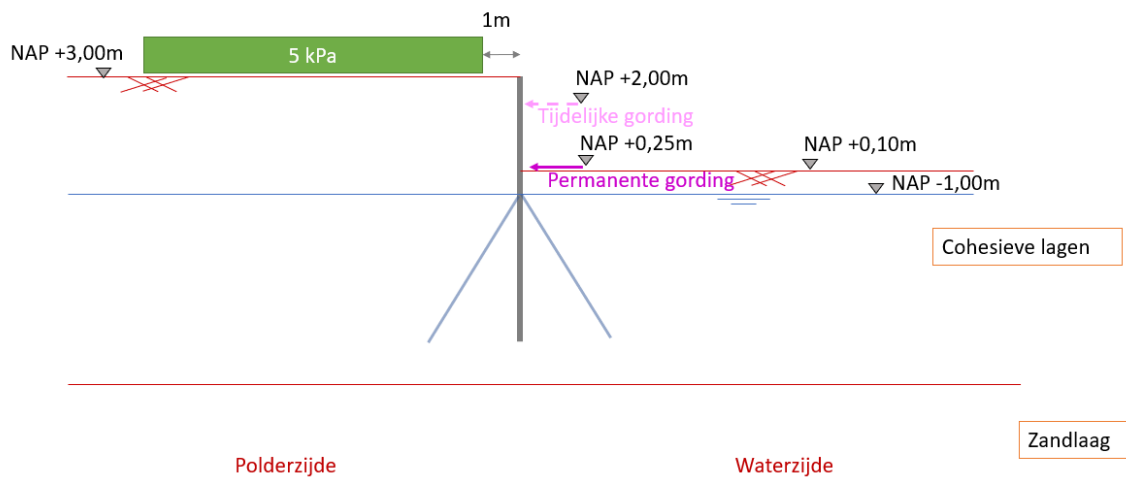
Afbeelding 2.12 Hoofddamwand - Situatie 1



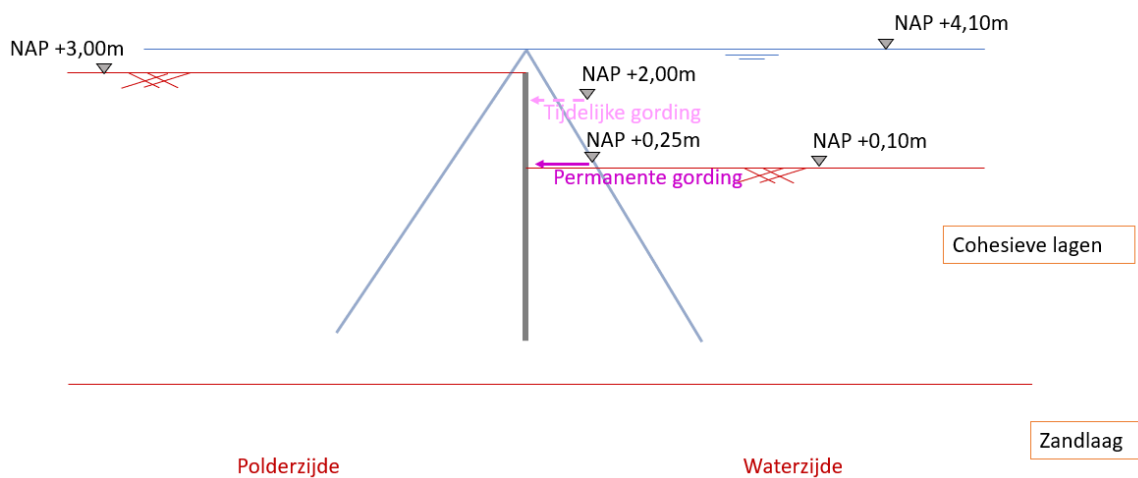
Afbeelding 2.13 Hoofddamwand - Situatie 2



Afbeelding 2.14 Vleugelwand - Situatie 1



Afbeelding 2.15 Vleugelwand - Situatie 2



2.6 Grondwaterstanden polder

Het polderpeil is constant op NAP -1,92 m.

Er zijn 2 peilbuizen geplaatst in de gaten van handboringen B01 en B05. Deze zijn tot 5 m onder maaiveld geplaatst. Het gemeten grondwaterpeil is tussen NAP -1,0 m en NAP -2,6 m. In afbeelding 2.16 is de grondwaterstand gemeten op 27 en 28 juli 2022 weergegeven. Een enkele peilbuis toont een sterk afwijkende meting. Hiervan wordt aangenomen dat de stijghoogte gemeten wordt.

Afbeelding 2.16 Gemeten grondwaterstand op 27 en 28 juli 2022 rondom de projectlocatie



2.7 Belastingen

Rondom de open bouwkuip in de tijdelijke situatie wordt gerekend met een terreinbelasting conform tabel 3.6 van CUR166 [ref. 2], gelijk aan 20 kN/m^2 . Er wordt aangenomen dat de belasting door eventueel materieel voor de constructie van de damwanden nooit hoger dan dit zal zijn. De belastingen tijdens uitvoering vinden plaats op het bestaande maaiveld; circa NAP +3,80 m.

Voor belastingsituatie 1 wordt er gerekend met een bovenbelasting van $13,3 \text{ kN/m}^2$ voor de hoofddamwand.

Voor de vleugelwanden wordt er zowel in de tijdelijke situatie als belastingsituatie 1 gerekend met een bovenbelasting van 5 kN/m^2 . Dit betreft de bovenbelasting op het buitentalud van de dijk.

Er wordt geen rekening gehouden met dynamische belastingen.

2.8 Corrosie

De corrosiesnelheid voor de stalen damwanden is in tabel 2.7 gepresenteerd, op basis van tabel 4-1 en van tabel 4-2 uit NEN EN 1993-5 [ref. 7].

Tabel 2.7 Aantasting (mm) van stalen damwanden per blootgestelde zijde [ref. 7]

Levensduur	100 jaar
ongeroerde, schone bodem	1,20
aanvullingsgrond (klei, zand)	onverdicht: 2,20 verdicht: 1,10
zure bodem (veen, moeras)	3,25
schoon, zoet water (rond de waterlijn)	1,40

Voor stalen damwanden in waterkeringen is aanvullende onderzoek gedaan, zie [ref. 19]. Bijlage C van dit document presenteert corrosietoelagen voor stalen damwanden in waterkeringen met een levensduur van 100 jaar en met beide zijden in contact met de grond, zie ook tabel 2.8. Deze getallen zijn een afwijking van [ref. 2] en [ref. 7].

Tabel 2.8 Aantasting (mm) van stalen damwanden in waterkeringen per twee zijden [ref. 19]

Levensduur	100 jaar
Boven het laagste grondwatervniveau, boven het niveau van de vaste grondslag als de bodem geroerd is geweest en als er sprake is van bodemverontreiniging	4,40
Onder het laagste grondwatervniveau, als de boven niet geroerd is door grondwerkzaamheden en als er geen sprake is van bodemverontreiniging	2,40

De waterzijde van de damwand wordt gecoat tot NAP -2,5 m; toch kan het hoogst moment hieronder plaatsvinden. Daarom wordt er rekening gehouden met corrosie op beide zijden van de damwanden tot NAP -2,00 m, gebaseerd op tabel 2.7, van: $2,20 + 1,40 = 3,60$ mm.

Onder NAP -2,00 m wordt er rekening gehouden met corrosie op beide zijden van de damwanden, gebaseerd op tabel 2.8, van: **2,40 mm**.

NAP -1,00 m is het laagste grondwatervniveau. Echter wordt NAP -2,00 m conservatief gekozen als scheidniveau omdat het 0,5m onder ontgrondingskraterniveau ligt.

2.9 Stijfheid damwandconstructie

De vleugelwanden hebben een steunende functie voor de damwand die parallel aan de dijk loopt (hoofddamwand). Deze vleugelwanden kunnen zowel op druk als op trek belast worden. Voorwaarde hiervoor is dat de vleugelwandplanken worden doorgelast op de hoofddamwandplanken. Daarnaast zullen de gordingen op de hoofddamwand en op de vleugelwanden op elkaar gelast worden.

Op deze manier vormen de hoofddamwand en vleugelwanden een 3D-constructie. De stijfheid van deze constructie is volgens de CUR166 bepaald ('in het vlak belaste damwandconstructies'). Deze is gebaseerd op de maximale schuifweerstand die gemobiliseerd kan worden door de vleugelwanden; de gedetailleerde berekeningen zijn in bijlage vii gepresenteerd. De resultaten zijn in tabel 2.9 gepresenteerd.

Dit effect is in D-Sheet Piling gemodelleerd door deze stijfheid op de hoogte van de gording in te voeren.

Tabel 2.9 Stijfheid damwanden in het vlak

Damwand	Maximale schuifweerstand actieve zijde [kN]	Maximale schuifweerstand passieve zijde [kN]	Maximale schuifweerstand [kN]	Verplaatsing om schuifweerstand te mobiliseren [mm]	Breedte damwand [m]	Stijfheid [kN/m/m]
Vleugelwand	1.074	8.135	9.209	15	6,5	94.450

Een gevoeligheidsanalyse met een 10x lagere stijfheid leidt tot 10% lagere krachten op de veren en 10% hogere krachten op de damwand. Daarmee wordt er geconcludeerd dat de gevoeligheid van de berekeningen voor deze stijfheid laag is.

2.10 Veiligheidsfilosofie

2.10.1 Gevolgklassen en ontwerplevensduur

De damwanden worden conform de Eurocode en de CUR 166 ontworpen, zie [ref. 1] en [ref. 2]. Het ontwerp wordt getoetst conform RC3. Tevens wordt als gevoeligheidsberekening de resultaten gepresenteerd indien uitgegaan wordt van RC2. De ontwerplevensduur is 100 jaar.

2.10.2 Toetsingen

Stabiliteit

Alle damwanden worden in D-Sheet Piling getoetst voor zowel BGT als UGT. De UGT-stappen worden gespecificeerd in [ref. 2] (6.1 tot en met 6.4).

Sterkte

De sterkte van de damwand wordt bepaald door de combinatie van moment, normaalkracht en dwarskracht (M, N, V) volgens [ref. 7]. De momenten en dwarskrachten worden bepaald met D-Sheet Piling, zie [ref. 8]. In deze berekening wordt voor de permanente damwand ook rekening gehouden met de vermindering van de weerstand door corrosie.

2.10.3 Partiële factoren

De partiële factoren voor de grondparameters voor het ontwerp van de damwanden zijn conform tabel A.4b in NEN 9997-1 [ref. 1].

RC2:

- hoek van inwendige wrijving, γ_ϕ : 1,175;
- effectieve cohesie, γ_c : 1,25;
- ongedraineerde schuifsterkte, γ_{cu} : 1,6;
- volumiek gewicht, γ_γ : 1,0.

RC3:

- hoek van inwendige wrijving, γ_ϕ : 1,20;
- effectieve cohesie, γ_c : 1,40;
- ongedraineerde schuifsterkte, γ_{cu} : 1,65;
- volumiek gewicht, γ_γ : 1,0.

Overige constructieve elementen worden getoetst met de belastingfactoren conform tabel A1.2(B) in NEN-EN 1990 [ref. 3]:

- blijvende belasting (6.10a) 1,35;
- veranderlijke belasting (6.10a) $1,5 \psi_0$;
- blijvende belasting (6.10b) 1,2;
- overheersende veranderlijke belasting (6.10b) 1,5 ;
- veranderlijke belasting (6.10b) $1,5\psi_0$.

3

DAMWANDONTWERP

3.1 Damwand

In tabel 3.1 worden de details van de damwandplanken gepresenteerd. Deze zijn het resultaat van het ontwerp.

Tabel 3.1 Details damwandplanken

Type	Veiligheid	Damwand		Bovenkant [m NAP]	Onderkant [m NAP]	Staalkwaliteit
AZ26-700	RC3	Hoofddamwand	+ 4,1 (verlengbaar tot NAP +5,0 m)		-16,5	S390
AZ26-700	RC3	Vleugelwanden		+3,0	-16,5	S390
AZ24-700	RC2	Hoofddamwand	+ 4,1 (verlengbaar tot NAP +5,0 m)		-16,5	S390
AZ24-700	RC2	Vleugelwanden		+3,0	-16,5	S390

De details van de ongecorrodeerde en gecorrodeerde damwandplanken zijn in tabel 3.2 gepresenteerd. Conservatief worden de gecorrodeerde parameters gebruikt in de berekeningen. De input en output van D-Sheet Piling wordt in bijlage iii gepresenteerd.

Tabel 3.2 Details damwandplanken AZ26-700 en AZ24-700 (ongecorrodeerd en gecorrodeerd na 100 jaar)

Type	Staalkwaliteit	Stijfheid EI [kN/m ² /m]	Moment capaciteit [kNm/m]	Weerstands- +moment W [cm ³ /m]
AZ26-700, ongecorrodeerd	S390	1,254 x 10 ⁵	1199	2600
AZ26-700, gecorrodeerd boven NAP -2,00 m	S390	9,388 x 10 ⁴	759	1946
AZ26-700, gecorrodeerd onder NAP -2,00 m	S390	1,044 x 10 ⁵	845	2165
AZ24-700, ongecorrodeerd	S390	1,172 x 10 ⁵	1118	2430
AZ24-700, gecorrodeerd boven NAP -2,00 m	S390	8,557 x 10 ⁴	692	1774
AZ24-700, gecorrodeerd onder NAP -2,00 m	S390	9,617 x 10 ⁵	778	1994

3.2 Stabiliteit van de damwanden

De stabiliteit en weerstand van de damwand is beoordeeld met behulp van de software D-Sheet Piling. De resultaten van de berekeningen en de toetsing van de damwandweerstand zijn weergegeven in tabel 3.3, tabel 3.4, Tabel 3.5 en Tabel 3.6. Uit Tabel 3.3 en Tabel 3.4 blijkt dat er nog veiligheidsmarge is bij een AZ26-700 damwand in RC3; Tabel 3.5 en Tabel 3.6 tonen de resultaten de optimalisatie voor een AZ24-700 damwand in RC2 (in RC3 voldoet een AZ24-700 profiel niet). Er wordt aan de eisen voldaan. tabel 3.7 en Tabel 3.12 presenteren de krachten op de gordingen.

Van de resultaten blijkt dat, zoals verwacht, Situatie 2 maatgevend is voor de hoofddamwand. Voor de vleugelwand is ook zoals verwacht Situatie 1 maatgevend.

Tabel 3.3 Resultaten en toetsing hoofddamwand (AZ26-700, S390, o.k. NAP -16,5 m)

Situatie		ux [mm]	M [kNm/m]	V [kN/m]	u.c. gecorrodeerd [-]	Conclusie
1	BGT	195,3				
	UGT RC2		409,17	240,89	0,48	Voldoet
	UGT RC3		435,67	253,64	0,52	Voldoet
2	BGT	270,2				
	UGT RC2		704,86	275,38	0,83	Voldoet
	UGT RC3		777,10	349,32	0,92	Voldoet

Tabel 3.4 Resultaten en toetsing vleugelwanden (AZ26-700, S390, o.k. NAP -16,5 m)

Situatie		ux [mm]	M [kNm/m]	V [kN/m]	u.c. gecorrodeerd [-]	Conclusie
Tijdelijk	BGT	262,9				
	UGT RC2		728,18	246,38	0,86	Voldoet
	UGT RC3		800,29	281,78	0,95	Voldoet
1	BGT	263,1				
	UGT RC2		359,95	77,99	0,43	Voldoet
	UGT RC3		404,95	87,74	0,48	Voldoet
2	BGT	258,2				
	UGT RC2		383,15	80,81	0,45	Voldoet
	UGT RC3		431,04	90,92	0,51	Voldoet

Tabel 3.5 Resultaten en toetsing hoofddamwand - alleen RC2 (AZ24-700, S390, o.k. NAP -16,5 m)

Situatie		ux [mm]	M [kNm/m]	V [kN/m]	u.c. gecorrodeerd [-]	Conclusie
1	BGT	202,8				
	UGT RC2		348,06	208,02	0,45	Voldoet
2	BGT	284,5				
	UGT RC2		685,65	309,59	0,88	Voldoet

Tabel 3.6 Resultaten en toetsing vleugelwanden - alleen RC2 (AZ24-700, S390, o.k. NAP -16,5 m)

Situatie		ux [mm]	M [kNm/m]	V [kN/m]	u.c. gecorrodeerd [-]	Conclusie
Tijdelijk	BGT	277,5				
	UGT RC2		726,85	243,88	0,93	Voldoet
1	BGT	277,7				
	UGT RC2		355,91	77,92	0,46	Voldoet
2	BGT	273,0				
	UGT RC2		379,34	80,53	0,49	Voldoet

Tabel 3.7 Resultaten kracht op de gording (berekening hoofddamwand - AZ26-700, S390, o.k. NAP -16,5 m)

Kracht gording [kN/m]	RC2	RC3	Situatie
Tijdelijk (NAP+2,00m)	190,85	210,85	Tijdelijk
Permanent (NAP+0,25m)	442,79	466,29	1
Permanent (NAP+0,25m)	399,47	449,40	2

Tabel 3.8 Resultaten kracht op de gording - alleen RC2 (berekening hoofddamwand - AZ24-700, S390, o.k. NAP -16,5 m)

Kracht gording [kN/m]	RC2	Situatie
Tijdelijk (NAP+2,00m)	192,66	Tijdelijk
Permanent (NAP+0,25m)	440,20	1
Permanent (NAP+0,25m)	398,55	2

Deze kracht van 466,29 kN/m is equivalent aan $(x3+2x4/2 =)$ 3264 kN totale kracht op de gording, en dus $3264 / 2 = 1632$ kN per vleugelwand (zie afbeelding 3.1). Dit is veel lager dan de maximale te mobiliseren schuifweerstand van 9209 kN per vleugelwand aangegeven in tabel 2.9. Dit betekent dat de vleugelwanden lang en diep genoeg zijn om de benodigde schuifweerstand te mobiliseren.

Tabel 3.9 toont de toetsing van het verticale evenwicht.

Tabel 3.9 Toetsing verticaal evenwicht

Type	Onderkant [m NAP]	Verticale punt draagkracht (niet-pluggende punt) Rb;d [kN/m]	Verticale punt draagkracht (pluggende punt) Rb;d [kN/m]	Verticale belasting [kN/m]	Resultaat
AZ26-700	-16,5	97	2904	53	Voldoet
AZ24-700	-16,5	89	2898	17	Voldoet

Een gedetailleerd verslag van het model en de resultaten van D-Sheet Piling is bijgevoegd in bijlage iii. Een gedetailleerde uitleg van de toetsing van de damwandweerstand is bijgevoegd in bijlage iv.

3.3 Kwelanalyse

De constructie wordt gefundeerd op palen. Hierdoor kan in geval van inklinking een 'spleet' onder de constructie ontstaan waardoor onderloopsheid kan optreden. Om onderloopsheid te voorkomen wordt een kwelscherm ontworpen.

Gezien het materiaal van het watervoerend pakket is voor het dimensioneren van de damwand ervan uitgegaan dat de damwand functioneert als heavescherm. De damwand is gedimensioneerd aan de buitenzijde van het dijklichaam op het heavecriterium met een kritiek verhang van 0,50 [-] conform het OI2014v4 [ref. 9].

$$L_{scherm} = 2 \cdot (p_{95, stijghoogte} - h_{polder})$$

Het niveau van de onderzijde van de damwand is gelijk aan:

$$h_{scherm} = h_{maaienveld} - L_{scherm}$$

Waarin:

L_{scherm}	scherm lengte	m
$p_{95, stijghoogte}$	95 %-waarde stijghoogte watervoerend pakket op de locatie van het heavescherm (actieve zijde)	m +NAP
h_{polder}	5 %-waarde polderpeil	m +NAP
h_{scherm}	puntniveau heavescherm	m +NAP
$h_{maaienveld}$	maaienveldniveau	m +NAP

De stijghoogte ter plaatse van de damwand kan conservatief gelijk gesteld worden aan de buitenwaterstand. Het verval over de damwand is hiermee 6,2 m (zie belastingsituatie subparagraaf 2.7). De damwandlengte wordt op basis van de constructieve analyse bepaald. Vanuit de kwelanalyse geldt een minimaal vereiste lengte van 12,4 m (tweemaal het verval van 6,2 m). De bovenkant van de nieuwe teenbestorting in de fuik [ref. 10] ligt op NAP +0,3 m. Het puntniveau van de damwand dient op NAP -12,1 m of lager te liggen.

Voor de stabiliteit van de damwand, wordt ten minste 4,0 m inbedding aanbevolen in de zandlaag. Dat betekent dat de onderkant van de damwand op NAP -16,5m of lager dient te liggen, wat leidend is ten opzichte van de kwelanalyse.

3.4 Constructieve aspecten

De hoofdwand kan worden gezien als een kerende constructie ondersteund door 2 stempels/steunpunten in de vorm van vleugelwanden. Net zoals bij een verankerde damwand is het noodzakelijk om een gording toe te passen voor de hoofdwand om de krachten vanuit de ondersteunende vleugelwanden te verdelen over de constructie (de hoofddamwand). Uit de geotechnische berekeningen blijkt dat er 2 gordingen nodig zijn, namelijk een tijdelijke gording op niveau NAP +2,00 m en een permanente gording op niveau NAP +0,25 m.

Daarnaast moeten ook de vleugelwanden worden uitgerust met een gording. Deze gording moet zorgen voor de inleiding van de axiale (stempel)krachten in de vleugelwand en zorgt er tevens voor dat de verschillende planken gaan samenwerken als 1 geheel/schijf.

Het profiel van de gording is bepaald (zie paragraaf 0). Daarnaast worden er aanbevelingen gedaan m.b.t. de verschillende constructieve details (paragraaf 3.4.2).

3.4.1 Gordingen

Geometrie

De permanente gording voor de hoofdwand bestaat uit een HEB600 profiel, voor de tijdelijke gording volstaat een HEB360 profiel. Er is aangenomen dat de gording verticaal is ondersteund door consoles met een h.o.h.-afstand van 2,8 m. Er is aangenomen dat de gording wordt geïnstalleerd aan de rivierzijde. Dit heeft als voordeel dat de gording niet verticaal wordt belast door gronddruk of maaiveldbelasting. De gording voor de vleugelwanden bestaan uit UNP350 profielen.

De (materiaal)eigenschappen van de gordingen zijn samengevat in tabel 3.10, conform tabel 3.1 van de NEN-EN 1993-1-1 [ref. 5].

Tabel 3.10 Overzicht toegepaste stalen gordingen

Onderdeel	Profiel	Staalkwaliteit	Vloeigrens f_y [N/mm ²]	E-mod [N/mm ²]	γ_{staal} [kN/m ³]
Permanente gording hoofdwand	HEB600	S355	355	$2,1 \times 10^5$	78,5
Tijdelijke gording hoofdwand	HEB360	S355	355	$2,1 \times 10^5$	78,5
Gording vleugelwand	UNP350	S355	355	$2,1 \times 10^5$	78,5

Voor de gordingen wordt een totale corrosie van 2,2 mm in rekening gebracht (paragraaf 2.8). Voor de tijdelijke gording wordt geen corrosie meegenomen.

Belastingen

Door de gordingen aan de rivierzijde te installeren, worden deze niet belast door verticale gronddruk en maaiveldbelasting. Hierdoor wordt de gordingen enkel belast door het eigen gewicht en de krachten afkomstig van de hoofddamwand.

Deze constructie moet bestand zijn tegen 2 belastingssituaties, namelijk:

- 1 Lage waterstand aan de rivierzijde - resulterend in druk in de vleugelwanden;
- 2 Maximaal hoogwater bij de rivierzijde in combinatie met het uitspoelen van het dijklichaam door lekkage aan de persleiding - resulterend in trek in de vleugelwanden. In deze situatie moet het mogelijk zijn om herstelwerkzaamheden uit te voeren.

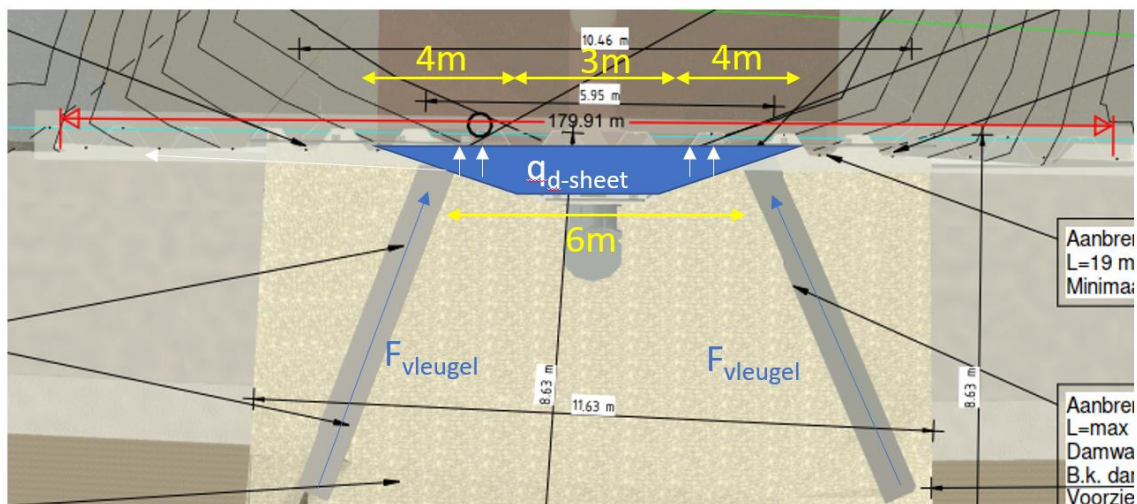
Deze 2 situaties zijn beschreven in paragraaf 2.5.

De belastingen volgen uit de D-sheet analyse, een overzicht van de belastingen is weergegeven in tabel 3.11. Het belastingschema is weergegeven in afbeelding 3.1. Er wordt aangenomen dat de breedte van de ontgrondingskuil en van de ontgraving voor de installatie van de leiding maximaal 11m zal zijn.

Tabel 3.11 Overzicht ontwerpwaarden belastingen (RC3)

Belastingssituatie	Gording	D-sheet q_{max} [kN]	Kracht vleugelwand $F_{vleugel}$ [kN]
1	Tijdelijk	211	797
1	Permanent	466	1.759
2	Permanent	449	1.695

Afbeelding 3.1 Belastingschema gordingen



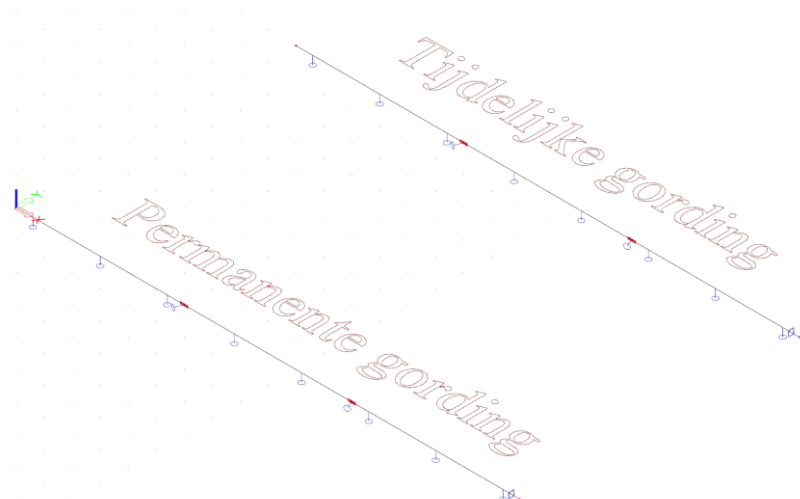
Belastingfactoren en -combinaties

De gordingen zijn getoetst in de uiterste grenstoestand, conform NEN-EN 1990+A1+C1 [ref. 3]. De stempelkrachten volgen uit de UGT-berekeningen van de damwand, en dat is inclusief partiële belastingfactoren. De opgegeven belastingen zijn dus de rekenwaarden. Voor het eigengewicht dient een partiële factor van 1,4 aan te houden, conform CC3.

Modellering

De gording van de hoofdwand is gemodelleerd met behulp van SCIA-engineer als een doorgaande ligger, opgelegd op knopondersteuning (afbeelding 3.2), voor zowel de permanente als de tijdelijke gording. Er is verondersteld dat de gording horizontaal is ondersteund ter hoogte van de vleugelwanden en verticaal ondersteund met consoles. De doorsneden van de permanente gording is ingevoerd met de gecorrodeerde doorsnede afmetingen. Een overzicht van de in- en uitvoer van het SCIA-model is gegeven in bijlage viii.

Afbeelding 3.2 SCIA-model gording hoofdwand



Ook voor de vleugelwanden worden gordingen toegepast om de vleugelwanden als een schijf te laten functioneren. Deze gordingen worden belast door een axiale belasting en door het eigen gewicht. De axiale belasting volgt uit de D-sheet analyse (tabel 3.11). Verder wordt de gording nog belast door het eigengewicht. De interne krachten voor deze belasting zijn bepaald met vergeet-mij-nietjes.

Resultaten

De gordingen zijn getoetst op sterkte en stabiliteit conform NEN-EN 1993-1-1 [ref. 5]. De resultaten zijn terug te vinden in bijlage viii. Een samenvatting is gegeven in tabel 3.12.

Tabel 3.12 Overzicht resultaten toetsing gordingen (RC3)

Onderdeel	Profiel	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kN]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	U.C. _{sterkte} [-]	U.C. _{stabiliteit} [-]
Tijdelijke gording	HEB360	298	782	0	0	0	0,82	-
Permanente gording	HEB600	659	1.728	1	0	0	0,92	-
Gording vleugelwand	UNP350	1.759	0,3	0	0	0	0,91	-

3.4.2 Lasdetails

Detailberekeningen vallen buiten de scope van Witteveen+Bos. Wel zijn er enkele kritische lasdetails voor de gordingen en de vleugelwanden waar aandacht voor nodig is. Hieronder volgen daarvoor een aantal aandachtspunten en aanbevelingen:

- de gording van de hoofdwand wordt onderbroken door de vleugelwanden. Aangezien de gording van de hoofdwand als een doorgaande ligger is beschouwd, is het noodzakelijk om deze gording te verbinden met de vleugelwand middels een volledige doorlassing, aan beide zijden van de vleugelwand. Daarnaast dient ook de gording van de vleugelwand worden verbonden aan de flens van de HEB600 profiel;
- de benodigde Z-kwaliteit om lamellaire scheurvorming te voorkomen dient te worden bepaald conform paragraaf 3.2 van NEN-EN 1993-1-10 [ref. 6];
- de vleugelwand wordt in het vlak belast door een axiale belasting vanuit de hoofddamwand. Om de schijfwerking van deze vleugelwand te realiseren, dienen de volgende kritische lassen te worden uitgevoerd:
 - de verbinding tussen de vleugelwand en de hoofdwand dient een volledige doorlassing te zijn over de gehele hoogte van de vleugelwand. Aanbevolen wordt om de eerste plank van de vleugelwand in de fabriek al te bevestigen aan de hoofdwand om vervolgens deze T-verbinding in het werk in te brengen;
 - de gording van de vleugelwand (UNP350) moet worden verbonden met elke buik van de vleugelwand met een lasverbinding. Deze lasverbinding dient te worden uitgewerkt;
 - de sloten van de vleugelwand moeten worden gelast van de bovenkant van de vleugelwand tot bovenkant gording;
- in de tijdelijke situatie wordt de vleugelwand belast door een normaalkracht gelijk aan 574 kN. Ook in deze fase dient de vleugelwand als een schijf te werken, daarom wordt er aanbevolen om ook in deze fase een gording toe te passen over de vleugelwand;
- er is aangenomen in de berekeningen dat de gordingen zijn opgelegd op consoles met een h.o.h. afstand van 2,8 m. De uitwerking van deze consoles zit buiten de scope van Witteveen+Bos.

4

BEMALINGSADVIES

4.1 Systeembeschrijving

4.1.1 Bodemopbouw

De bodemopbouw en de beschikbare gegevens ter plaatse van de projectlocatie zijn beschreven in paragraaf 0. Op basis van het ondergrondmodel GeoTOPv1.4 is de kleiige eenheid van de Formatie van Peize en Formatie van Waalre aangehouden als geohydrologische basis [ref. 12]. Een schematisch overzicht van de ondergrond en de daarbij horende doorlatendheden is gegeven in tabel 4.1.

Aan het maaiveld komt de antropogene deklaag van klei voor die behoort bij de Formatie van Echteld. Aan de onderzijde bevindt zich een ondoorlatend veenpakket van de Formatie van Nieuwkoop. Tussen het watervoerend pakket en het Hollandveen komt wederom een kleilaag van de Formatie van Echteld voor. Het zandpakket van de Formatie van Kreftenheye en de Formatie van Boxtel, laagpakket van Delwijnen komt tot circa NAP -25,0 m voor. Kreftenheye bestaat uit matig tot uiterst grof zand dat matig tot sterk grindhoudend kan zijn. Het laagpakket van Delwijnen wordt gekenmerkt door zeer fijn tot grof zand met sporadisch een dunne laag leem of fijn grind. Op basis van de sonderingen wordt ingeschat dat lokaal voornamelijk grof zand voorkomt.

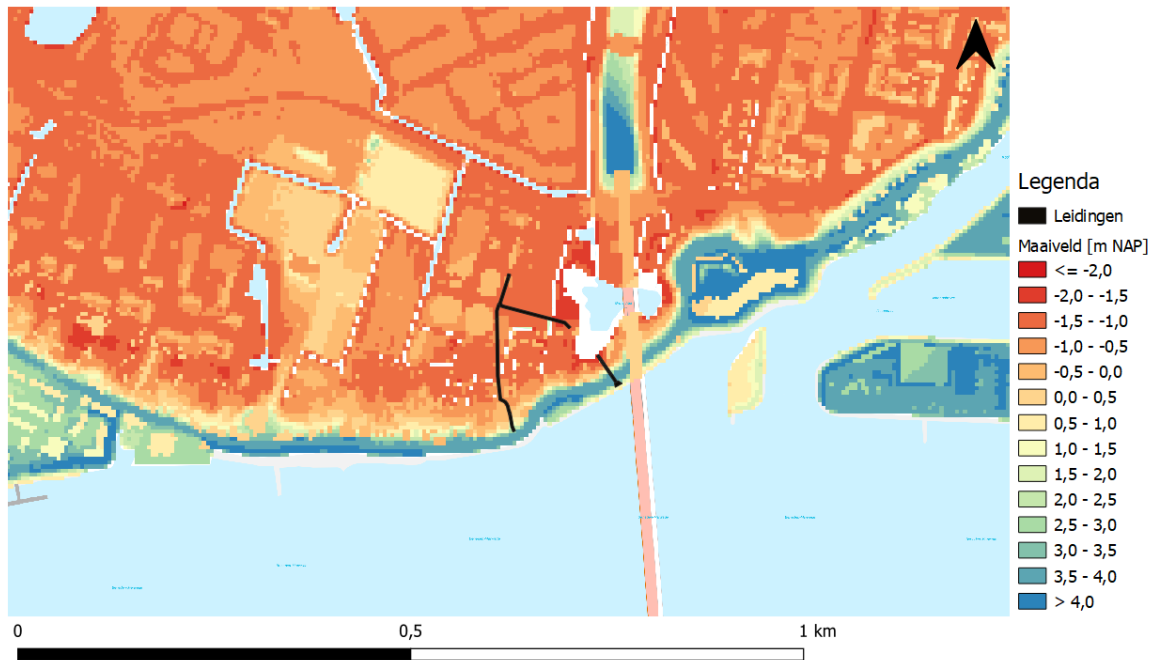
Tabel 4.1 Schematische bodemopbouw.

Bovenkant laag [m NAP]	Onderkant laag [m NAP]	Geohydrologische laag	Geïnterpreteerde lithologie	Horizontale doorlatendheid [m/dag]	Gemodelleerde horizontale doorlatendheid [m/dag]
maaiveld	-5,7	antropogeen deklaag	klei	0,0001 - 0,05	0,01
-5,7	-7,5	Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen laagpakket	veen	0,001 - 0,05	0,001
-7,5	-12,4	Formatie van Echteld	klei	0,0001 - 0,05	0,005
-12,4	-25,0	Formatie van Kreftenheye en Formatie van Boxtel, laagpakket van Delwijnen	zand, matig fijn	10 - 30	20

4.1.2 Maaiveld

De maaiveldhoogte rondom de projectlocatie is vastgesteld op basis van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN) 4 [ref. 14]. De hoogste gedeelten in de omgeving betreffen de grotere wegen, de dijken en het buitendijkse gebieden als de Slobbengors en havens. Het maaiveld varieert hier over het algemeen tussen circa van NAP +2,5 m tot NAP +5,0 m. Het binnendijkse gedeelte ligt veelal onder de NAP -0,5 m tot NAP -1,5 m. Binnen de projectlocatie varieert het maaiveld eveneens tussen NAP -1,0 m en NAP +4,0 m. Het grootste hoogte verschil wordt hier veroorzaakt door de waterkering.

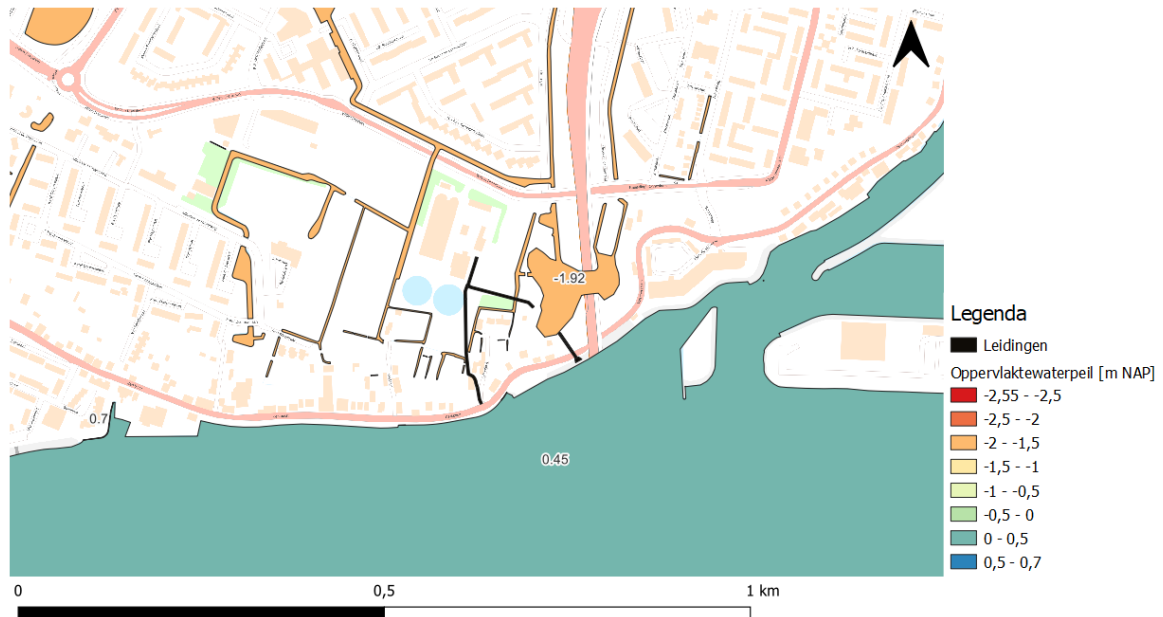
Afbeelding 4.1 Maaiveld op basis van AHN4 nabij de projectlocatie [ref. 14]



4.1.3 Oppervlaktewater

De gemiddelde oppervlaktewaterstanden in afbeelding 4.2 zijn bepaald uit de legger van het waterschap Rivierenland voor het deelgebied Alblasserwaard. Aan de rand van de open bouwkuip aan ligt de rivier de Beneden-Merwede. Het oppervlaktewaterpeil van de rivier wordt beïnvloed door getijdewerking. Hierdoor komt het water bij eb van NAP -0,5 m en bij vloed tot circa NAP +2,0 m. Het gemiddelde peil is berekend op NAP +0,45 m. De onderzijde van de rivier ligt op circa NAP -5,7 m. Het andere dichtstbijzijnde waterlichaam heeft een gemiddeld waterpeil van NAP -1,92 m. In grootste gedeelte van de polder wordt dit peil gehanteerd.

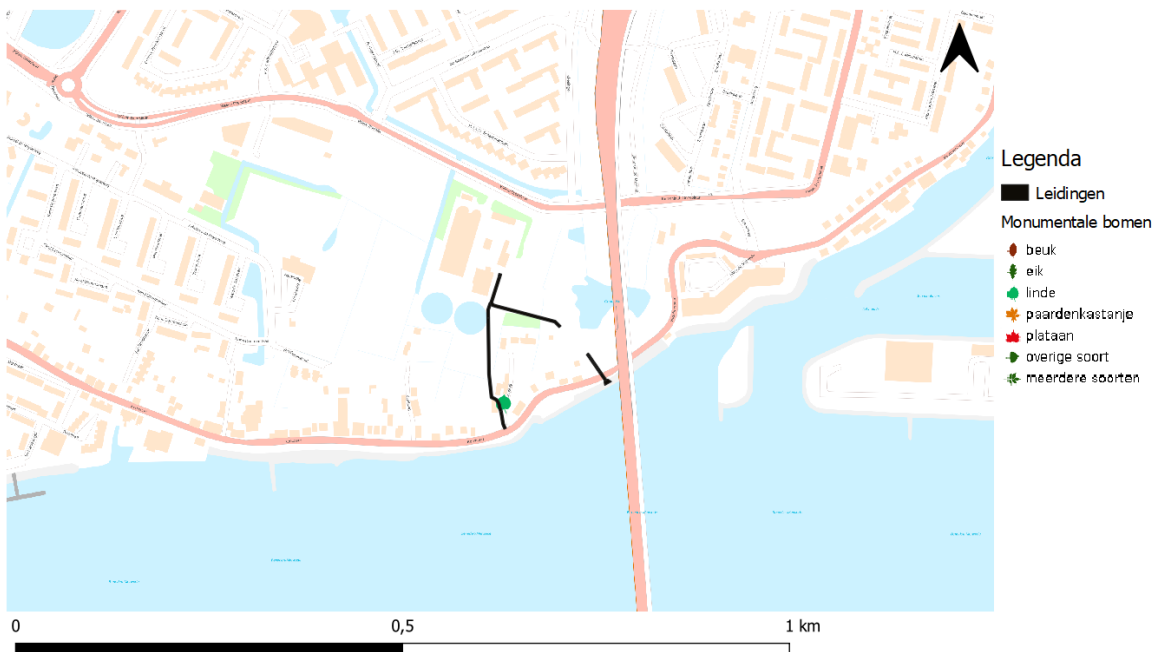
Afbeelding 4.2 Gemiddelde peilen van het oppervlaktewater nabij de projectlocatie



4.1.4 Natuur

Alle uiterwaarden in Nederland maken onderdeel uit van het Natuurnetwerk Nederland en zijn daarom een beschermd gebied. De bemaling bevindt zich in de kering en daarmee in de omgeving van een beschermd natuurgebied. Bovendien staat een beschermde monumentale lindeboom nabij de onttrekking.

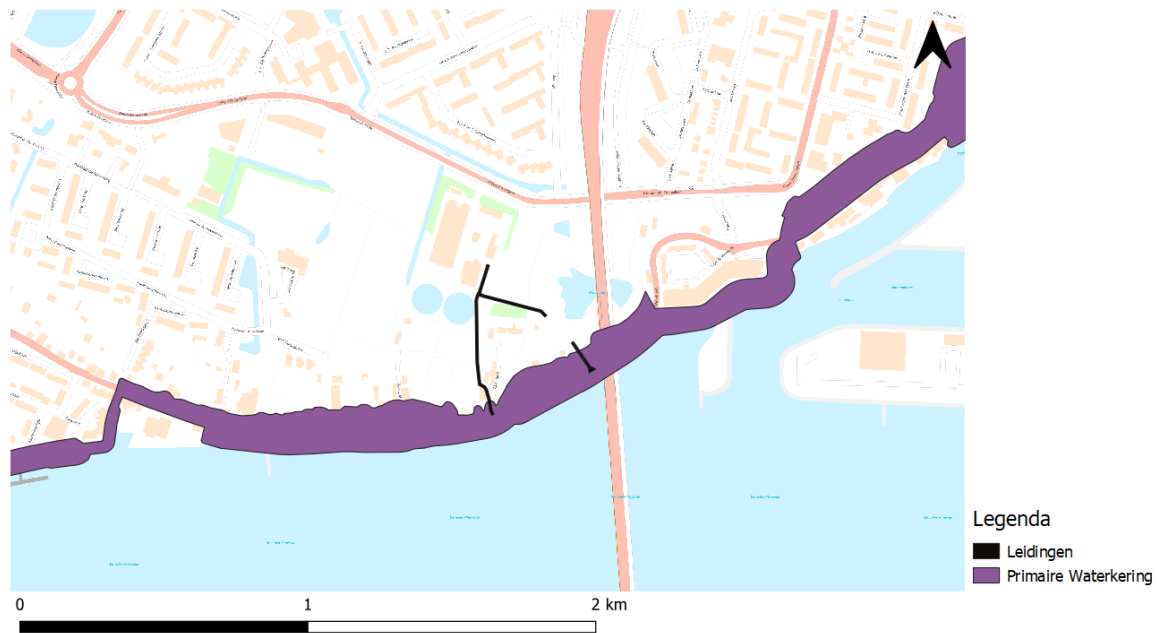
Afbeelding 4.3 Beschermd natuurgebied en monumentale bomen nabij de projectlocatie



4.1.5 Waterkering

De projectlocatie bevindt zich in een primaire waterkering die in onderhoud is van het waterschap Rivierenland. In dit geval geldt dat de vergunningplicht voor het aanleggen en behouden van leiding in het dijklichaam vervangen wordt door algemene regels. Het uitgangspunt is hierbij wel dat voldaan wordt aan criteria en voorwaarden, zodat de werkzaamheden een gericht effect hebben op de staat van de waterkering [ref. 16].

Afbeelding 4.4 Primaire waterkering nabij de projectlocatie



4.1.6 Werkzaamheden

De werkzaamheden die plaatsvinden binnen het project omvatten het amoveren van de bestaande persleiding en de aanleg van een nieuwe leiding op een andere locatie. Bij de aanleg van het nieuwe tracé is een dijkkruising vereist. De waterkering is afgekeurd en wordt in de toekomst versterkt. De uitvoering van de bemaling is ingedeeld in fases. Een indicatieve volgorde die is meegenomen in de berekeningen is in afbeelding 4.5 weergegeven.

Afbeelding 4.5 Ligging van de nieuwe en de te amoveren effluentleidingen met de benodigde verlaging van de freatische bemaling in m NAP



In tabel 4.2 zijn de werkzaamheden per fase uitgelicht. Verder zijn de volgende uitgangspunten van toepassing:

- in fase 1.1 wordt de bestaande leiding verwijderd en de nieuwe effluentleiding aangesloten op het RWZI. De werkzaamheden zijn omgeven door damwanden;
- fase 1.2a betreft een sleuf waarin de nieuwe leiding wordt aangelegd;
- in Fase 1.2b wordt de leiding in een deels afgesloten bouwkuip aangelegd tot NAP -5,8 m;
- tussen fase 1.2 en 1.3 bevindt een deel van de leiding zich onder het Grote Wiel. De leiding wordt nat aangelegd, waardoor daar geen bemaling benodigd is. De uitvoering hiervan is daarom niet beschouwd;
- voor het in- en uitredepunt van de leiding in fase 1.2b en 1.3 is een diepte van NAP -5,8 m aangehouden;
- de aanleg van de leiding in fase 1.3 bevindt zich in de dijk en wordt daarom in een verhang aangelegd;
- in de waterkering in fase 1.4 wordt een bouwkuip aangelegd die deels omringd is met damwanden;
- de bestaande leiding wordt in fase 1.5 geamoveerd op NAP -3,2 m;
- in fase 1.6 wordt de huidige leiding eveneens met een verhang uit de waterkering verwijderd;
- in fase 1.7 bevindt de onderzijde van de put op NAP +1,2 m zich boven de grondwaterstand in de geohydrologische modellering. Uit de modellering volgt dat voor deze fase geen bronnering benodigd is;
- voor het amoveren van het leidingwerk buitendijks in fase 1.8 is de onderzijde van de diepste kesp op NAP -0,5 m aangehouden;
- het segment van fase 2.1 gelegen tussen fase 1.5 en 1.6 wordt later verwijderd. De invloed van dit deel op de omgeving is apart beschouwd van de andere werkzaamheden.

De damwanden die voor de uitvoering van de werkzaamheden aangelegd worden zijn in afbeelding 4.5 weergegeven. Rond de werkzaamheden van fase 2.1 worden Berlinerwanden geplaatst. De grondwaterstroming wordt door dergelijke wanden niet geblokkeerd, maar heeft wel een remmende werking. Ten behoeve van een conservatieve benadering zijn de Berlinerwanden niet meegenomen in de berekening.

Bovenop de ontgravingsdiepte wordt een extra drooglegging van 0,3 m aangehouden. In totaal worden vier open bouwkuipen aangelegd die deels omringd zijn door damwanden. De diameter van de aan te leggen effluent leiding is $\varnothing 710$ mm. Voor zowel de huidige als het nieuwe tracé is rekening gehouden met 0,5 m werkruimte aan weerszijde van de leiding. De aangehouden sleufbreedte is voor de berekening 1,71 m.

Tabel 4.2 Overzicht werkzaamheden met een freatische bemaling

Fase	Werkzaamheden	Afmetingen [m]	Maaiveld [m NAP]	Diepte ontgraving [m NAP]	Onttrekkingsniveau [m NAP] inclusief 0,3 m drooglegging	Duur [dagen]
1.1	bouwkuip aanleg leiding	5 x 5	-1,0	-3,7	-4,0	7
1.2a	aanleg leiding	130 x 1,71	-1,6 - -0,4	-3,1	-3,4	21
1.2b	aanleg leiding	5 x 1,71	-1,5	-5,5 - -3,1	-5,8	7
1.3	aanleg leiding	40 x 1,71	-1,7 - +3,9	-5,5 - 0,0	-5,8 - +0,3	7
1.4	bouwkuip aanleg leiding	10 x 10	+1,1 - +3,3	-0,3	-0,6	56
1.5	amoveren leiding	20 x 1,71	-1,2 - -1,0	-3,2	-3,5	7
1.6	amoveren leiding	35 x 1,71	0,0 - +3,9	-3,2 - -1,8	-3,5 - +1,5	14
1.8	amoveren leiding	5 x 1,71	+1,8	-0,5	-0,8	7
2.1	amoveren leiding	125 x 1,71	-1,2 - 0,0	-3,5	-3,8	21

4.2 Geohydrologische analyse

De effecten van de bronnering op de omgeving en het benodigde debiet zijn bepaald aan de hand van een geohydrologisch model. In dit hoofdstuk is de gehanteerde methode toegelicht en zijn de resultaten gepresenteerd. De werkzaamheden worden niet gelijktijdig uitgevoerd. Hierom zijn de volgende twee scenario's gedefinieerd:

- 1 aanleg van de nieuwe effluentleiding en amoveren van de huidige leiding in individuele fases, zoals aangegeven in tabel 4.2;
- 2 amoveren van een deel van de huidige leiding in fase 2.1.

Om het waterbezwaar te berekenen wordt een gemiddelde grondwaterstand gehanteerd. Voor het bepalen van de effecten op de omgeving is een initiële verlaagde grondwaterstand aangehouden. In het eerste geval is een netto grondwateraanvulling van 0,7 mm/d toegepast. Dit is het gemiddelde verschil tussen neerslag en verdamping in Nederland. Voor een verlaagde grondwaterstand is een waarde van -0,2 mm/d gebruikt.

4.2.1 Methode

Het waterbezwaar en de ruimtelijke effecten door de bronnering op het grondwater zijn berekend aan de hand van het modelleringssoftware MODFLOW 6. Bij het opstellen van het geohydrologisch model zijn enkele uitgangspunten aangehouden:

- het modelgebied is vooraf bepaald op basis van de spreidingslengte, waardoor het model van voldoende grote is voor het doeleinde;
- het model beslaat het gebied van:
 - $x = [104000, 112000]$, $y = [422500, 430500]$;
 - de grootte van het projectgebied is 8 km bij 8 km (64 km²);
 - modelcellen hebben een afmeting van 10 m bij 10 m;
- het model is eerst stationair doorgerekend zonder bemaling en daarna instationair met de onttrekking;
- de schematische bodemopbouw van tabel 4.1 met de laagdieptes en doorlatendheden is overgenomen in het model;
- de doorlatendheid in het model is verondersteld isotroop en homogeen te zijn;
- voor de stijghoogte in het watervoerende pakket zijn de grondwaterstanden op de modelrand aangehouden op NAP +0,5 m. De hoge waterstanden zijn aangehouden om een conservatieve inschatting te maken van het effect en het waterbezwaar;

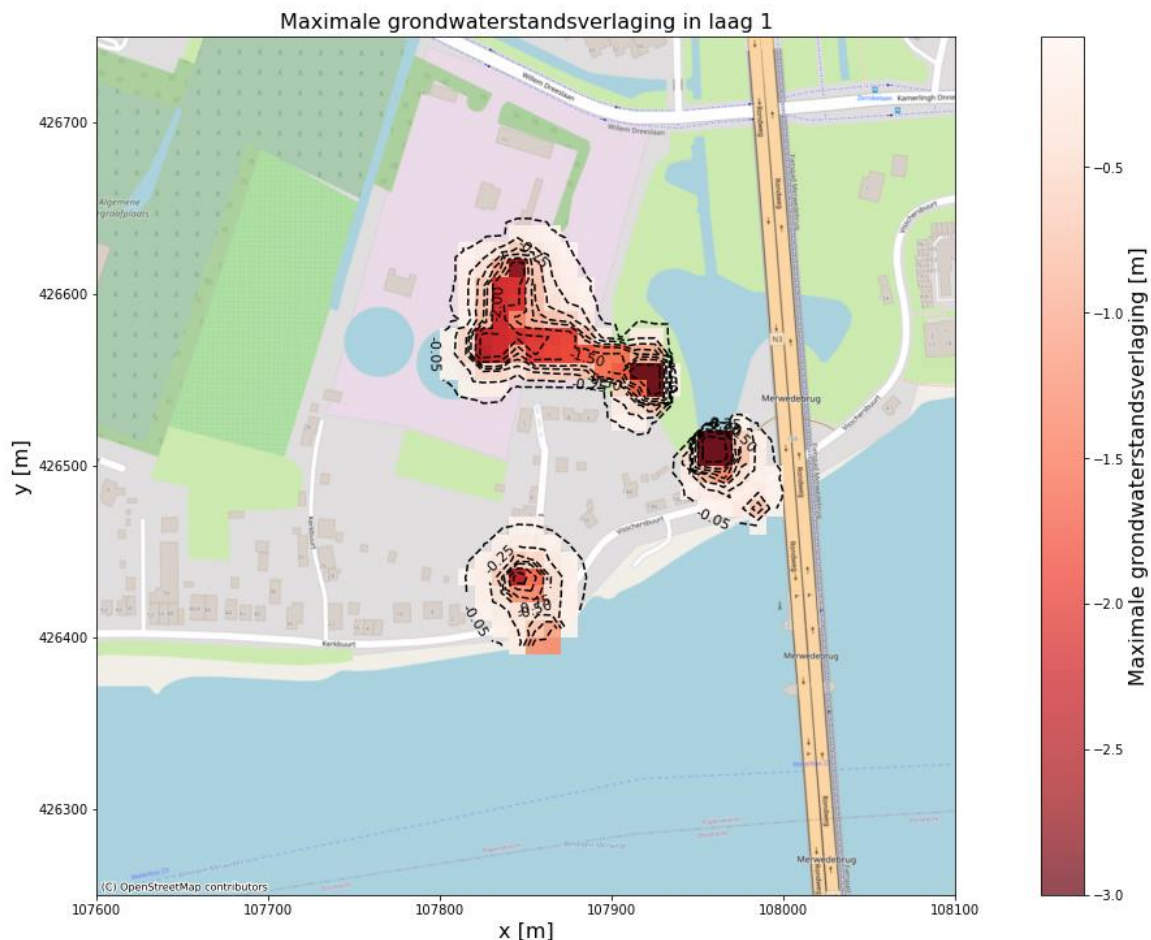
- de peilen van watergangen en plassen zijn gebaseerd op de gemiddelde peilen uit de legger van de waterschap Rivierenland;
- het gemiddelde peil van de Beneden-Merwede over de periode van 2012 tot en met 2022 is gehanteerd;
- in verharde gebieden (wegen en gebouwen) is neerslag verminderd met 90 %;
- de damwanden zijn gemodelleerd met een inverse weerstand van 1×10^{-7} m/s;
- uit wordt gegaan van een freatische bemaling;
- de diepte van de ontgraving is aangehouden zoals weergegeven in afbeelding 4.5.

4.2.2 Scenario 1: fasen 1.1 tot en met 1.8

Berekende grondwaterstandsverlaging

De maximaal berekende grondwaterstandsverlaging als gevolg van de onttrekking uit scenario 1 is weergegeven in afbeelding 4.6. De verlaging is het grootste aan weerszijde van de Grote Wiel. Aan de voet van de dijk waar de leiding geamoveerd zal worden, daalt de freatische grondwaterstand eveneens aanzienlijk. De afstand tot waar de invloed merkbaar is ($>0,05$ m), bevindt zich tussen circa 15 en 30 m. Rond de grootste verlagingen is de afstand van invloed groter. De beperkte afstand komt voort uit de bodemopbouw bestaande uit klei en veen in het gebied. Bovendien worden damwanden op een drietal locaties toegepast om het aantrekken van oppervlaktewater te beperken. In afbeelding 4.6 is de initieel verlaagde grondwaterstand gehanteerd om de invloed op de omgeving te berekenen.

Afbeelding 4.6 Berekende verlaging van de freatische grondwaterstand als gevolg van de bronnering in scenario 1.



Waterbezwaar

Het waterbezwaar horend bij de grondwaterstandsverlaging is weergegeven in tabel 4.3. Het totaal onttrokken debiet van het freatische grondwater over de gehele periode bedraagt 11.220 m³. Het waterbezwaar is tijdsafhankelijk berekend over de periode getoond in tabel 4.2. Mogelijk wordt in de bemaling ook oppervlaktewater vanuit de Beneden-Merwede aangetrokken. Tussen de bemalingen in de buitenzijde van de dijk bevindt zich een kleilaag die het debiet enigszins beperkt. Om de bouwkuipen en sleuven droog te leggen is het initiële debiet het hoogst. Met verloop van tijd neemt dit af omdat de werkzaamheden enkel droog gehouden hoeven te worden.

Tabel 4.3 Waterbezwaar berekend voor de werkzaamheden met een freatische onttrekking in scenario 1.

Fase	Werkzaamheden	Duur [dagen]	Waterbezwaar [m ³ na 1 uur]*	Waterbezwaar [m ³ na 1 dag]*	Totaal volume [m ³]*
1.1	bouwkuip aanleg leiding	7	60	20	100
1.2a	aanleg leiding	21	875	240	6050
1.2b	aanleg leiding	7	190	60	620
1.3	aanleg leiding	7	375	150	1435
1.4	bouwkuip aanleg leiding	56	50	20	950
1.5	amoveren leiding	7	255	50	585
1.6	amoveren leiding	14	245	50	840
1.8	amoveren leiding	7	100	70	575
Totaal					11.220

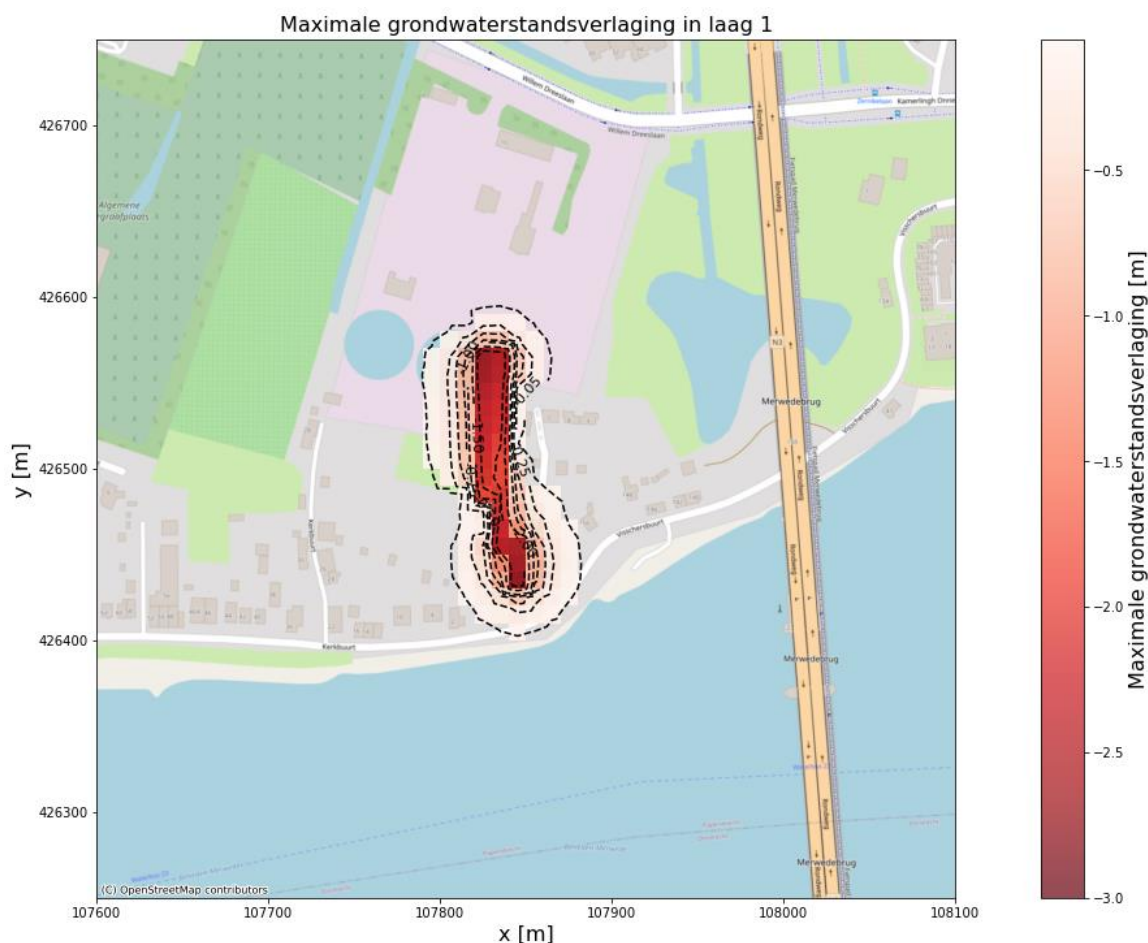
* afgerond op 5 en 10-tallen

4.2.3 Scenario 2: fase 2.1

Berekende grondwaterstandsverlaging

De contouren van de maximale grondwaterstandsval in fase twee van de bronnering is weergegeven in afbeelding 4.7. De grondwaterstand wordt ter plaatse van de Zalmsteeg verlaagd tot NAP -3,8 m. Voor het gehele traject is een werktijd van 3 weken aangehouden. De afstand van invloed is maximaal 40 m.

Afbeelding 4.7 Berekende verlaging van de freatische grondwaterstand als gevolg van de bronnering in scenario 2



Waterbezwaar

In tabel 4.4 is het waterbezwaar gepresenteerd dat volgt uit de bronnering van fase 2.1. Het debiet na één uur bemalen is 1.335 m³. Na een dag neemt de hoeveelheid al af. Het totale volume bedraagt circa 6.335 m³. Over tijd neemt het debiet af omdat de sleuf droog is bemalen. Enkel intredend grondwater water en neerslag zal langs het traject bemalen moeten worden.

Tabel 4.4 Waterbezwaar berekend voor de werkzaamheden met een freatische onttrekking in scenario 2.

Fase	Werkzaamheden	Duur [dagen]	Waterbezwaar [m ³ na 1 uur]*	Waterbezwaar [m ³ na 1 dag]*	Totaal volume [m ³]*
2.1	amoveren leiding	21	1.335	325	6.335

* afgerond op 5 en 10-tallen

4.3 Afgeleide effecten

In tabel 4.5 is een kwalitatieve beschouwing gemaakt van de effecten van de onttrekking op de omgeving. In het geval dat een mogelijk negatief effect verwacht wordt is in een onderstaande paragraaf een gedetailleerde verklaring gegeven.

Tabel 4.5 Effectbepaling bemaling [ref. 15]

Onderwerp	Beoordeling afgeleid effect bemaling
Zettingen en zakkingen	De laagst gemeten grondwaterstand bevindt zich op NAP -2,61 m. De waterstanden zijn gemeten tijdens een aanhoudende droge periode. Door het beperkte aantal metingen is het onbekend of de gemeten freatische grondwaterstand binnen de natuurlijke fluctuatie valt. Door de aanhoudende droogte is het daarom mogelijk dat, tijdens de droge periode, consolidatieprocessen zijn opgetreden. Als veilige marge is daarom een grondwaterstand onttrokken onder NAP -2,5 m beschouwd. Voor fase 2.1 bevindt het gewenste onttrekkingsniveau zich op NAP -3,8 m. Hierdoor bestaat een kans op zettingen en zakkingen. Het voorkomen van zettingen is verder toegelicht in paragraaf 4.3.2.
Droogstand en aantasting houten palen	De woningen in de omgeving zijn gebouwd op een ondergrond van zeeklei. Panden van voor 1970 kunnen gebouwd zijn op houten of hebben een ondiepe fundering. Dergelijke woningen zijn kwetsbaar voor grondwaterstandverlagingen [ref. 4]. Enkele panden staan binnen het invloedsgebied van de onttrekking in fase 2.1. Hiervan zal onderzocht moeten worden welk type fundering deze woningen hebben. Vervolgens wordt geadviseerd om te onderzoeken of de beoogde bemaling negatieve effecten heeft op de aanwezige fundering.
Verplaatsen en/of onttrekken verontreinigd grondwater	Bij de Zalmsteeg 7 is een verkennend en meerdere nadere onderzoeken uitgevoerd in 2001. Het omgevingsrapport is opgenomen in bijlage vi. Uit de resultaten volgt dat de stoffen koper en zink de interventiewaarden overschrijden. Het gehalte nikkel, chroom, cadmium en kwik bevinden zich boven de signaleringswaarde. PAK bevindt zich hier boven de toetsingswaarde. In het grondwater overschrijden zink en arsenicum de signaleringswaarden. De verontreiniging valt buiten het invloedsgebied. Daarom worden er geen negatieve effecten verwacht. Omdat de verontreiniging zo dichtbij het invloedsgebied ligt is het wel raadzaam om de kwaliteit van het onttrokken grondwater te controleren op kwaliteit alvorens er wordt geloosd.
Beïnvloeding grond- of grondwatersaneringen en nazorg	Er zijn geen bekende actieve grondwatersaneringen in de omgeving van de projectlocatie bekend [ref. 11].
Beïnvloeding drinkwaterpompstations en milieubeschermingsgebieden	Er zijn geen drinkwaterpompstations of milieubeschermingsgebieden bekend in de omgeving van het projectgebied.
Beïnvloeding andere bemalingen/permanente onttrekkingen/WKO-systemen	In het invloedsgebied bevinden zich geen onttrekkingen of WKO-systemen [ref. 14].
Schade aan landbouw	In de omgeving van de door de bemaling beïnvloedde grondwater bevinden zich geen landbouwgebieden.
Aantasting natuurwaarden en groenvoorzieningen (zoals kwetsbare, monumentale bomen)	Het invloedsgebied ligt niet in/dichtbij een beschermd Natura 2000-gebied. Alle uiterwaarden vallen onder het Natuur Netwerk Nederland (NNN). In de uiterwaarde worden geen negatieve effecten verwacht. Een enkele monumentale lindeboom bevindt zich langs de bronnering in fase 2.1. Over het algemeen bevindt de worteldiepte van een boom zich tussen 50 - 100 cm. Aangezien de wortel van de boom niet tot in het grondwater zal reiken, komt dit overeen met de geohydrologische modellering. De deklaag bestaat uit klei, waardoor de capillaire nalevering niet toereikend zal zijn om de boom van water te voorzien tijdens de bemaling. Geadviseerd wordt om de verlaging ter plaatse van de monumentale boom te monitoren. Bij verlagingen in het groeiseizoen van de boom groter dan NAP -2,5 m wordt geadviseerd om maatregelen te nemen, zodat de monumentale boom over voldoende water blijft beschikken tijdens de uitvoering.
Aantasting archeologisch en aardkundige waarden	De dijk bevindt zich in een oude dorpskern. Hierdoor is de kans op het aantreffen van archeologische sporen hoog. Een verlaging van de grondwaterstand beneden de natuurlijke fluctuatie kan negatieve effecten hebben op vondsten met een archeologische waarde. Aangeraden wordt daarom om een archeologisch vooronderzoek uit te voeren.
Upconing van brak en/of zout grondwater	Het zoetbrak grensvlak bevindt zich in dit gebied tussen een diepte van 100 tot 200 m. Door de schaal van de bemaling wordt daarom geen upconing van zout en/of brak grondwater verwacht [ref. 12].

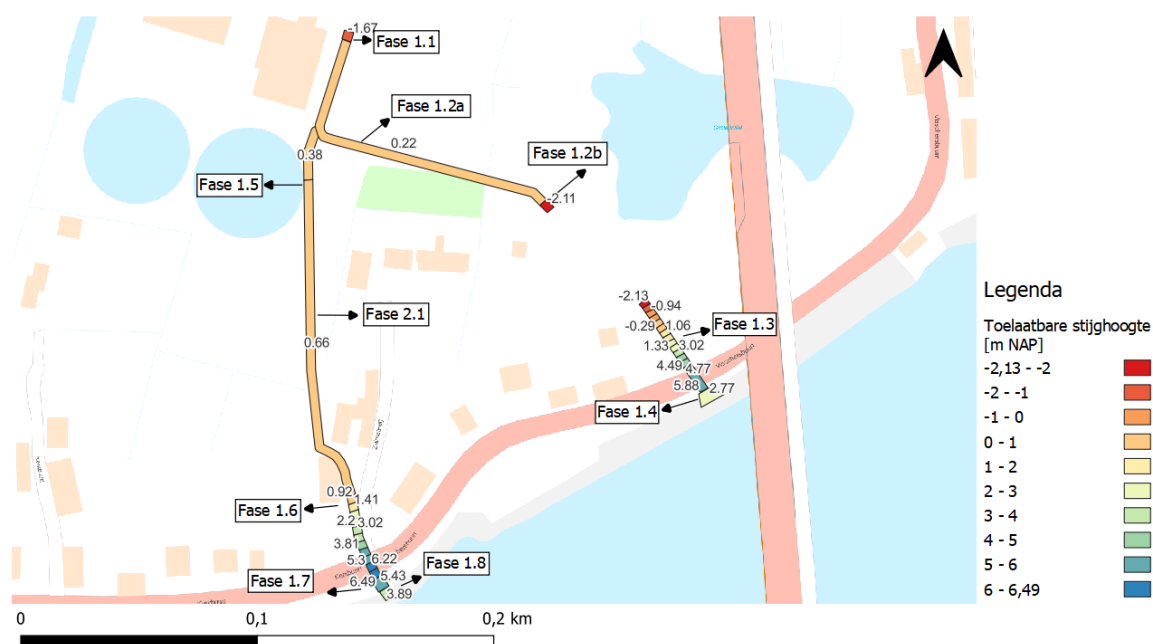
Onderwerp	Beoordeling afgeleid effect bemaling
Aantasting strategische zoet grondwatervoorraden	Projectlocatie ligt niet dichtbij strategische zoet grondwatervoorraden en/of grondwaterbeschermingsgebieden.
Grondwateroverlast (in het geval van retourbemaling)	Niet van toepassing.
Opbarsten (water)bodems	Op enkele locaties is het mogelijk dat de weerstandslagen door de ontgraving opbarsten. In paragraaf 4.3.1 zijn de locaties en berekeningen in meer detail toegelicht.
Overschrijdend lozingsnormen onttrokken grondwater	Vanwege de afstand van de locatie tot de rivier Beneden-Merwede is de verwachting dat de samenstelling van het grondwater vergelijkbaar is met het oppervlaktewater.
Effecten oppervlaktewatersysteem	De bemaling vindt plaats in een primaire waterkering naast de rivier de Beneden Merwede. De bemaling vindt plaats onder het waterpeil. Hierdoor kan oppervlaktewater aangetrokken worden door de weerstandslaag heen. De hoeveelheid is naar verwachting beperkt.

4.3.1 Opbarsten

Opbarsten is het opdrijven en scheuren van de toplaag als het gevolg van een toename in waterdruk in de watervoerende laag. Door het afgraven van de deklaag tijdens de werkzaamheden neemt de neerwaartse druk van de grondlagen af. Hierdoor kan de opwaartse druk van de stijghoogte tijdelijk te hoog worden. Berekeningen zijn uitgevoerd per fase om te bepalen of het opbarsten van de deklaag kan optreden.

Uit de berekeningen in bijlage v blijkt dat voor fase 1.1, fase 1.2b en een gedeelte van 1.3 de stijghoogte te hoog is voor de werkzaamheden. Om het opbarsten van de weerstandslagen te voorkomen zullen voorzorgsmaatregelen genomen worden. Een aantal voorbeelden van maatregelen zijn spanningsbemaling, onderwaterbeton en waterglasinjectie. In afbeelding 4.8 is de maximaal toegestane stijghoogte per fase weergegeven. De benodigde verlaging per fase is aangegeven in tabel 4.2. Voor fase 1.3 is slechts voor de eerste 10 m een voorzorgsmaatregel een vereiste. Op basis van de modellering en beschikbare bodemopbouw is de verwachting dat voor de overige segmenten geen opbarsting zal optreden. Tijdens uitvoering kan blijken dat de stijghoogte in een segment lager ligt dan de benodigde verlaging. Als de stijghoogte hoger is dan de maximale waarden in afbeelding 4.8 dan zijn maatregelen een vereiste.

Afbeelding 4.8 Maximaal toegestane stijghoogte voor de werkzaamheden in m NAP



Tabel 4.6 Overzicht werkzaamheden waarvoor maatregelen benodigd zijn.

Fase	Werkzaamheden	Afmetingen [m]	Onttrekkings-niveau [m NAP]
1.1	bouwkuip aanleg leiding	5 x 5	-1,67
1.2b	aanleg leiding	5 x 1,71	-2,11
1.3	aanleg leiding	10 x 1,71	-2,13 - -0,29

4.3.2 Zettingen

Zettingen (consolidatie) kunnen optreden als gevolg van een toename in effectieve spanning die wordt veroorzaakt door die een verlaging van de freatische grondwaterstand (bemaling). Samendrukbare gronden zoals klei en veen, vertonen kruipgedrag. Secundaire zetting (kruip) in de grond wil zeggen dat bij een constante korrelspanning toch zetting optreedt. De snelheid van de kruip neemt in de tijd af.

Voor fase 2.1 bevindt het gewenste onttrekkingsniveau zich op NAP -3,8 m. Om de kans op zettingen naast de panden aan de Zalmsteeg te bepalen is een zettingsberekening uitgevoerd met behulp van D-Settlements (V21.2). In de zettingsberekening is de grondopbouw op basis van sondering S1 gehanteerd, zoals vastgesteld in paragraaf 0. Gedurende 3 weken (21 dagen) is een grondwaterstands daling van 1,88 m toegepast. De grondwaterstand daalt van polderpeil NAP -1,92 m tot NAP -3,8 m.

Voor zettingsberekeningen is het gebruikelijk om de zettingen te berekenen na 30 jaar om zodoende ook het effect van kruipgedrag volledig te beschouwen.

Als gevolg van de bemaling is de verwachte zetting na 30 jaar circa 40 cm. Gedurende de bemaling wordt een zetting van circa 12 cm verwacht, na afloop zwelt de grond gedeeltelijk weer terug zoals te zien in

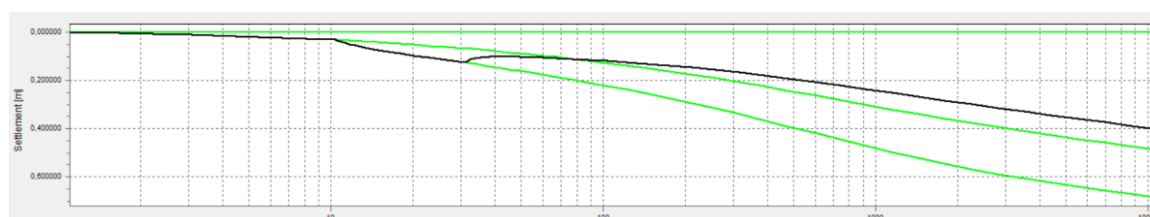
afbeelding 4.9. Het grootste deel van de zetting bestaat uit kruip (circa 70%) welke pas optreedt na het bemalen.

Belangrijke punten over deze resultaten:

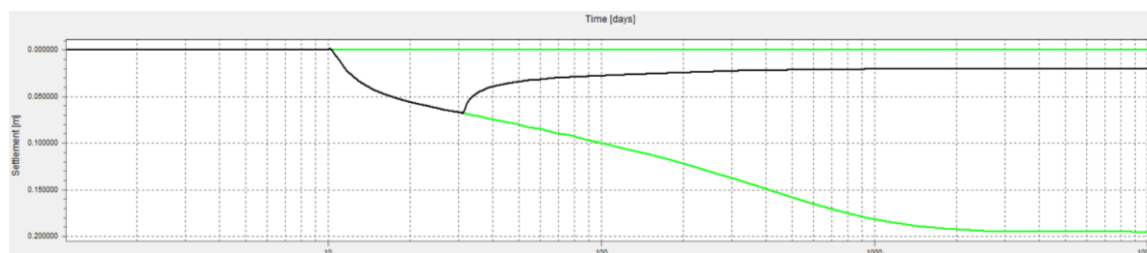
- deze berekening houdt rekening met de autonome zetting, die zult optreden ook als er geen werkzaamheden uitgevoerd worden. In afbeelding 4.10 wordt de zetting gepresenteerd voor een berekening met $C_a = 0$; in dat geval is de zetting maximaal tijdens de werkzaamheden (6cm);
- er wordt aangenomen dat de bemaling de waterdrukke in alle cohesieve zal beïnvloeden;
- de gebruikte grondparameters zijn gebaseerd op de Eurocode, die meestal conservatief zijn;
- deze berekening betreft de bemalingswerkzaamheden; de ontgraving voor verwijdering van de persleiding wordt niet meegenomen.

De berekeningen zijn bijgevoegd in bijlage vii.

Afbeelding 4.9 Output D-Settlements



Afbeelding 4.10 Output D-Settlements - zonder kruip



4.4 Beleid bevoegd gezag

4.4.1 Onttrekking

Het berekend waterbezwaar is getoetst aan de algemene regels bij de keur van het waterschap Rivierenland [ref. 16]. Voor de bronnering worden door het waterschap Rivierenland de volgende voorwaarden gesteld:

- in de provincie Zuid-Holland geldt dat de locatie geen deel uitmaakt van een boringsvrije zone volgens de Provinciale Milieuverordening;
- het debiet niet meer dan 60 m³ per uur bedraagt;
- het debiet niet meer dan 40.000 m³ per maand is;
- de duur niet langer dan 6 maanden is, en;
- de onttrekking niet plaatsvindt in de keur- of beschermingszone van de waterkering.

Voor het amoveren van de bestaande effluentleiding gelden de voorwaarden die gesteld worden onder WW 1. Voor de aanleg van de nieuwe leiding moet de bronnering voldoen aan de voorwaarden die zijn gesteld onder WW 3 en de aanvullende voorwaarden van onderdeel 6 [ref. 16]. De aanleg van de nieuwe leiding in fase 1.2 kruist een watergang met een B-status. De leiding moet minimaal 1,0 m onder de vaste bodem en het talud de watergang kruisen.

Voor het onttrekken van grondwater voor de aanleg van een leiding in een waterkering zijn enkele voorwaarden gesteld [ref. 16]. De leiding bevindt zich in een beschermde zone van een waterstaatswerk. Een vergunning voor een bronnering in een waterkering of beschermingszone is niet perse benodigd onder de volgende criteria:

- de leiding moet zoveel mogelijk buiten de waterkering en beschermingszone worden gelegd. Hierin geldt de volgende prioritering;
 - 1 buiten de beschermingszone van de waterkering;
 - 2 in de beschermingszone van de waterkering;
 - 3 in de waterkering.

Bij de melding van de bronnering moet de noodzaak voor punten 2 en 3 aangetoond worden als motivering:

- bij een kruising van de kering moet de leiding zo haaks mogelijk op het waterstaatswerk worden aangelegd in een open ontgraving.

Het berekend waterbezwaar ligt voor enkele werkzaamheden boven 60 m³ per uur tijdens de start van de onttrekking. Om het maximum niet te overschrijden zal het droogleggen enkele uren in beslag kunnen nemen. Het totale berekende volume over de gehele periode bedragen 11.220 en 6.335 voor respectievelijk fase 1 en 2. Gezamenlijk ligt de freatische onttrekking onder de toegestane grens. Voor het onttrekken van grondwater wordt gesteld dat voldaan wordt aan de zorgplicht.

Twee weken voor aanvang van de activiteiten dient een melding te worden gedaan van de onttrekking.

4.4.2 Lozing

De criteria omtrent het lozen op oppervlaktewater zijn beschreven in de Keur van het waterschap Rivierenland [ref. 16]. De lozing is vrijgesteld van een vergunning in het geval dat:

- de lozing geen hemelwater en/of rioolwater van een gemeentelijke riolering betreft;
- een maximaal debiet van 250 m³ per uur wordt geloosd in een oppervlaktewaterlichaam met een A-status. Hierbij dient de toezichthouder ingestemd te hebben met de lozing;
- een maximaal debiet van 100 m³ per uur wordt geloosd in een oppervlaktewaterlichaam met een B- of C-status. Hierbij dient de toezichthouder ingestemd te hebben met de lozing;
- geen overlast ontstaat door de lozing.

2 weken voor aanvang van de activiteiten dient een melding te worden gedaan van de lozing.

5

CONCLUSIES

5.1 Damwandontwerp

Een samenvatting van de bepaalde damwanden uit de analyses is in tabel 5.1 opgenomen.

Tabel 5.1 Details damwandplanken

Type	Veiligheid	Damwand	Bovenkant [m NAP]	Onderkant [m NAP]	Staaltype
AZ26-700	RC3	Hoofddamwand	+ 4,1 (verlengbaar tot NAP +5,0 m)	-16,5	S390
AZ26-700	RC3	Vleugelwanden	+3,0	-16,5	S390
AZ24-700	RC2	Hoofddamwand	+ 4,1 (verlengbaar tot NAP +5,0 m)	-16,5	S390
AZ24-700	RC2	Vleugelwanden	+3,0	-16,5	S390

Er dienen twee gordingen geïnstalleerd te worden. De tijdelijke gording wordt verwijderd zodra de permanente gording geïnstalleerd is. De details van de gordingen worden in tabel 5.2 gepresenteerd.

Tabel 5.2 Details gordingen (RC3)

Damwand	Type	Hoogte [m NAP]	Type	Staalkwaliteit
Hoofdwand	Tijdelijk	+ 2,00	HEB360	S355
Hoofdwand	Permanent	+ 0,25	HEB600	S355
Vleugelwanden	Tijdelijk	+ 2,00	UNP350	S355
Vleugelwanden	Permanent	+ 0,25	UNP350	S355

Enkele punten van aandacht:

- het beschikbare grondonderzoek (2 sonderingen) voldoet net aan de norm om het ontwerp van deze damwandplanken toe te laten. Grondcondities kunnen variëren. De damwandplanken dienen ten minste 4,0 m in het zand aangebracht worden;
- de vleugelwanden zouden beter haaks op de hoofddamwand geïnstalleerd worden voor optimale krachtswerking;
- de detailberekeningen vallen buiten de scope van Witteveen+Bos. Echter zijn er enkele kritische aanbevelingen gemaakt waar wij aandacht voor willen vragen:
 - de gording van de hoofdwand wordt onderbroken door de vleugelwanden. Aangezien de gording van de hoofdwand als een doorgaande ligger is beschouwd, is het noodzakelijk om deze gording te verbinden met de vleugelwand middels een volledige doorlassing, aan beide zijden van de vleugelwand. Daarnaast dient ook de gording van de vleugelwand worden verbonden aan de flens van de HEB600 profiel;

- de benodigde Z-kwaliteit om lamellaire scheurvorming te voorkomen dient te worden bepaald conform paragraaf 3.2 van NEN-EN 1993-1-10 [ref. 6];
- de vleugelwand wordt in het vlak belast door een axiale belasting vanuit de hoofddamwand. Om de schijfwerking van deze vleugelwand te realiseren, dienen de volgende kritische lassen te worden uitgevoerd:
 - de verbinding tussen de vleugelwand en de hoofdwand dient een volledige doorlassing te zijn over de gehele hoogte van de vleugelwand. Aanbevolen wordt om de eerste plank van de vleugelwand in de fabriek al te bevestigen aan de hoofdwand om vervolgens deze T-verbinding in het werk in te brengen;
 - de gording van de vleugelwand (UNP350) moet worden verbonden met elke buik van de vleugelwand met een lasverbinding. De uitwerking van deze lasverbinding is buiten de scope van Witteveen+Bos;
 - de sloten van de vleugelwand moeten worden gelast van de bovenkant van de vleugelwand tot bovenkant gording;
- in de tijdelijke situatie wordt de vleugelwand belast door een normaalkracht gelijk aan 574 kN. Ook in deze fase dient de vleugelwand als een schijf te werken, daarom wordt er aanbevolen om ook in deze fase een gording toe te passen over de vleugelwand;
- er is aangenomen in de berekeningen dat de gordingen zijn opgelegd op consoles met een h.o.h. afstand van 2,8 m. De uitwerking van deze consoles is buiten de scope van Witteveen+Bos;
- het is aanbevolen om de technische tekeningen van de damwandconstructie en vleugelwanden te laten controleren door Witteveen+Bos, om te toetsen of de tekeningen overeenkomen met het voorziende ontwerp en de berekeningen.

5.2 Bemalingsadvies

Uit de toetsing van het berekende waterbezwaar aan het bevoegd gezag van het waterschap Rivierenland volgt dat enkel een melding benodigd is. De melding dient uiterlijk 2 weken voor uitvoering van de activiteiten gedaan te worden.

De effecten van de bemaling op de omgeving zijn beschouwd. Uit de afgeleide effecten gelden de volgende risico's voor de bronnering:

- omdat de verontreiniging ter plaatse van Zalmsteeg 7 zo dichtbij het invloedsgebied ligt is het wel raadzaam om de kwaliteit van het onttrokken grondwater te controleren alvorens er wordt geloosd;
- de dijk bevindt zich in een hoogwaardig archeologisch gebied met een hoge kans op het aantreffen van archeologische sporen;
- voor fase 1.1, 1.2a en een deel van fase 1.3 dienen maatregelen tegen het opbarsten van de deklaag te worden genomen;
- de kans op significante zettingen is reëel voor de panden aan de Zalmsteeg, zie 4.3.2;
- de fundering van de panden aan de Zalmsteeg kunnen mogelijk aangetast worden. Geadviseerd wordt om onderzoek te doen naar type fundering.

Voor de bemaling is een totale periode van 147 dagen aangehouden voor het amoveren en aanleggen van effluentleidingen. In dit geval zal de freatische grondwater worden onttrokken met een maximum van:

- 60 m³ na het eerste uur;
- 1.335 m³ na de eerste dag;
- 17.555 m³ voor het totale waterbezwaar.

Voor de lozing geldt dat minder dan 250 m³ per uur geloosd mag worden op de Beneden-Merwede. Vanwege de afstand van de open bouwkuip tot het oppervlaktewaterlichaam is de verwachting dat de grondwatersamenstelling vergelijkbaar is met de samenstelling van het oppervlaktewater. Hierdoor worden geen kwaliteitsproblemen verwacht. Voor de lozing geldt dat uiterlijk 2 weken voor uitvoering een melding gedaan moet worden.