

---

**Blokken B en C nabij  
Amstelstation Amsterdam**

---



MRP Development  
Dhr. G. Sparreboom  
Herikerbergweg 292  
1101 CT Amsterdam

© 2020 CRUX Engineering BV  
Niets uit dit drukwerk mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt, in enige vorm op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, microfilm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van CRUX Engineering BV, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Documentenlocatie  
P:\181xx\18306 MRP torens Amstelstation\01 RAP\RA18306b3  
Bemalingsadvies blokken B en C Amstelstation.docm

CRUX Engineering BV  
Pedro de Medinalaan 3c  
NL-1086 XK Amsterdam

+31(0)20 494 30 70  
info@cruxbv.nl

cruxbv.nl

Amsterdam  
Delft  
Eindhoven

---

## Rapport

---

Onderwerp  
Blokken B en C nabij  
Amstelstation Amsterdam

Projectnummer  
18306

Documentnummer  
RA18306b4

Versie  
4

Datum  
29 april 2020

Opgesteld  
S.M.J Scholz MSc  
dr. T. Sweijen

Gecontroleerd  
R. Brugman MSc

Vrijgave  
ir. G. Meinhardt

Formulier  
RA-01-v18.0622

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1	Inleiding	5
1.2	Projectlocatie en omgeving	5
1.3	Doel van dit document	5
<b>2</b>	<b>Uitgangspunten</b>	<b>6</b>
2.1	Documenten	6
2.2	Programmatuur	6
2.3	Bouwontwerp en fasering	6
2.4	Grondopbouw	7
2.5	(Grond)waterstanden	7
2.5.1	Algemeen	7
2.5.2	Freatische grondwaterstand	7
2.5.3	Stijghoogte	8
2.5.4	Kwaliteit grondwater	8
<b>3</b>	<b>Bemalingsdebieten en verlagingen</b>	<b>9</b>
3.1	Algemeen	9
3.2	Prognose debiet en waterbezwaar	9
3.2.1	Onttrekkingsdebiet	9
3.2.2	Neerslag	10
3.2.3	Waterbezwaar	10
3.2.4	Rondpomp effect retourbemaling	10
3.3	Grondwaterstandsverlagingen	10
3.3.1	Algemeen	10
3.3.2	Freatisch	10
3.3.3	Wadzand	11
3.3.4	Eerste en Tweede Zandlaag	12
3.4	Bemalingsontwerp	13
3.4.1	Onttrekking	13
3.4.2	Retourbronnen	13
3.4.3	Lozing	13

3.5	Monitoring	14
<b>4</b>	<b>Omgevingseffecten en risico's</b>	<b>15</b>
4.1	Inleiding	15
4.2	Zettingen	15
4.2.1	Inleiding	15
4.2.2	Freatisch vlak	15
4.2.3	Stijghoogteverlaging	15
4.2.4	Resultaat zettingsberekeningen	15
4.3	Grondwaterverontreinigingen	16
4.4	Additionele bemaling om de grondwaterverontreiniging Omval 1-22 (locatie B) stabiel te houden	17
4.5	Rijksmonumenten en archeologie	18
4.6	Grondwaterbeschermingsgebieden, natuurgebieden en landbouw	19
4.6.1	Natuurgebieden	19
4.6.2	Grondwaterbeschermingsgebieden	19
4.6.3	Parken en recreatief groen	19
4.6.4	Stadslandbouw	19
4.7	Risico's op beïnvloeding overige onttrekkingen	20
<b>5</b>	<b>Conclusie</b>	<b>21</b>
5.1	Bemaling	21
5.2	Omgevingsbeïnvloeding	21
5.3	Vergunningen	22
5.4	Aanbevelingen	22

## Lijst van Figuren

Figuur 1: Projectlocatie.	5
Figuur 2: Meetlocaties Waternet	8
Figuur 3: Effect bemaling in freatisch pakket zonder retourbemaling tijdens een GHG-situatie.	11
Figuur 4: Effect bemaling in freatisch pakket met retourbemaling tijdens een GHG-situatie.	11
Figuur 5 Effect bemaling in de Wadzand, zonder retourbemaling tijdens een GHG-situatie.	11

Figuur 6 Effect bemaling in het Wadzand met retourbemaling. De verhogingen zijn afkomstig van de retourbronnen in de Eerste Zandlaag. Dit betreffen contourlijnen voor een GHG-situatie.	12
Figuur 7: Effect bemaling in Eerste Zandlaag zonder retourbemaling.	12
Figuur 8: Effect bemaling in Eerste Zandlaag met retourbemaling.	12
Figuur 9 Indicatieve locatie [9] retourveld zoals gebruikt in dit bemalingsadvies	14
Figuur 10: Bodemverontreinigingen [Bodemloket]?	16
Figuur 11 Locatie zorgmaatregel grondwater [8]	17
Figuur 12 Locatie onttrekkingsbron	17
Figuur 13 Effect bemaling in Eerste Zandlaag met retourbemaling én additionele bemaling om de grondwaterverontreiniging stabiel te houden.	18
Figuur 14: Rijksmonumenten binnen beschouwde invloedsgebieden	18
Figuur 15: Stadsparken en overig recreatief groen. Bron: Gemeente Amsterdam	19
Figuur 16: Stadslandbouw, i.r.t. de 5 cm contour bij een GHG-situatie	20

Bijlage 4: Verlaging van grondwaterstanden en stijghoogtes tijdens de bemaling.

Bijlage 5: Zettingsberekening parameters

Bijlage 6: Zettingsberekeningen - uitvoer DSettlement

**CRUX Engineering BV**  
cruxbv.nl

Ons kenmerk  
RA18306b4

Pagina  
4/22

## Lijst van Tabellen

-	
Tabel 1: Benodigde verlaging voor verticale stabiliteit [3]	6
Tabel 2: Bodemopbouw onder de projectlocatie	7
Tabel 3: Kernwaarden grondwaterstanden	8
Tabel 4: Kernwaarden stijghoogte Tweede Zandlaag.	8
Tabel 5: stationair onttrekkingsdebiet en bijbehorend waterbezwaar	9
Tabel 6: Waterbezwaar	10
Tabel 7: Resultaat zettingsberekeningen.	15

## Lijst van Bijlagen

-	
Bijlage 1: Gegevens bodemopbouw REGIS II v2.2	
Bijlage 2: Bepaling verticaal evenwicht t.o.v. opdrijven vanuit wadzand	
Bijlage 3: Bepaling verticaal evenwicht t.o.v. opdrijven vanuit eerste zandlaag. Bron: Bouwkuipadvies van CRUX [3]	

# 1 Inleiding

## 1.1 Inleiding

In opdracht van MRP Development heeft CRUX Engineering BV een bemalingsadvies opgesteld ten behoeve van het nieuwbouwproject blokken B en C nabij het Amstelstation te Amsterdam. De twee woonblokken worden voorzien van een twee laags parkeerkelder.

Door middel van het voorliggend rapport worden de effecten van de bouwkuipbemaling qua debieten en omgevingsbeïnvloeding geanalyseerd. Uit het eerder door CRUX aangeleverd bouwkuipadvies [3] blijkt dat een spanningsbemaling noodzakelijk is om opbarsten van de bouwkuipbodem te voorkomen.

In versie 2 is de stedelijke ecologie in meer detail uitgewerkt.

Versie 3 beschrijft de mitigerende maatregelen voor de verontreiniging op locatie Omval 1-22.

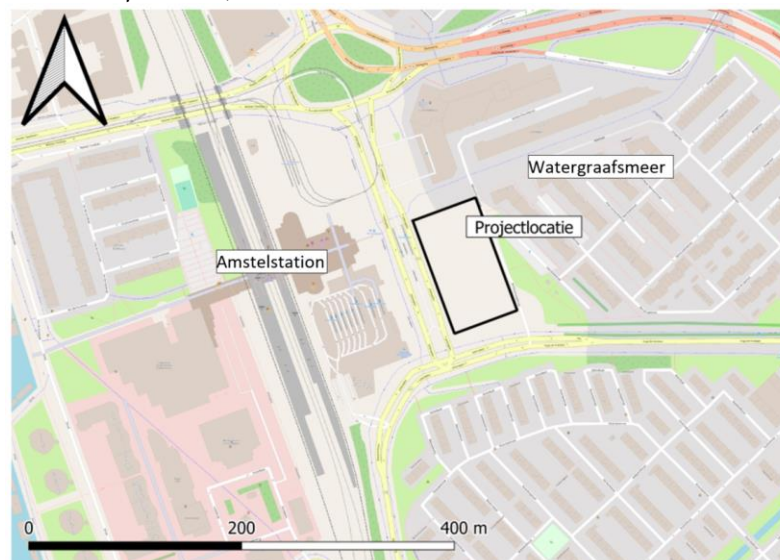
In deze versie (versie 4) is zowel een lozing als een retourbemaling opgenomen op verzoek van het bevoegd gezag. De voorkeur gaat uit voor het volledig retourneren van het spanningswater, echter is het niet zeker of het volledige debiet geretourneerd kan worden in verband met het bodemtype (hoog percentage silt) en de relatief dunne Tweede Zandlaag. Indien een deel van de spanningswater niet geretourneerd kan worden, dan wordt deze geloosd op het oppervlaktewater. Op deze manier wordt getracht de omgevingseffecten minimaal te houden middels retourbemaling, terwijl de continuïteit van de bemaling gewaarborgd blijft door de mogelijkheid om terug te vallen op een lozing.

## 1.2 Projectlocatie en omgeving

De geplande nieuwbouw ligt in de binnenstedelijke omgeving van Amsterdam, in de polder Watergraafsmeer.

De geplande nieuwbouw ligt ten oosten van het rijksmonument Amstelstation op een afstand van 80 m. Een bovenaanzicht van de projectlocatie en omgeving is gegeven in Figuur 1.

De projectlocatie is gelegen in het beheergebied van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Waternet is de uitvoerende partij van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht.



Figuur 1: Projectlocatie.

## 1.3 Doel van dit document

In het voorliggend rapport is het geohydrologisch advies voor het nieuwbouwproject blokken B en C uitgewerkt. Het gaat in op de volgende onderdelen:

- Bepalen van de bemalingsmethode en debieten tijdens de werkzaamheden;
- Analyseren van de gevolgen van de grondwaterstandsverlaging in de omgeving.

Het voorliggende bemalingsadvies is conform de richtlijnen van het SIKB opgesteld, conform protocol 12010 [1], en kan zodoende worden gebruikt als onderbouwing bij aanvraag van een watervergunning.

## 2 Uitgangspunten

### 2.1 Documenten

De volgende documenten zijn gehanteerd bij het opstellen van dit rapport:

- [1] Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer; *Voorbereiden melding of vergunning*; protocol 12010; d.d. 05-10-2011.
- [2] Multiconsult; rapportage, *Geotechnisch bodemonderzoek Amstelstation te Amsterdam*; nr. BM190388; 11 juli 2019.
- [3] CRUX Engineering BV; rapportage, *Bouwkuipadvies blok B en C nabij Amstelstation*, RA18306a3; d.d. 7 oktober 2019.
- [4] CRUX Engineering BV; notitie, *Geohydrologische beschouwing barrière werking Blok B&C, MRP Torens*; NT18306b2; d.d. 27 maart 2020.
- [5] CRUX Engineering BV; memo, *Aanvulling op geohydrologische beschouwing barrière werking Blok B&C*, ME18306a2; d.d. 20 december 2019.
- [6] Van Rossum Raadgevende Ingenieurs bv; tekening, *Kelder - 2 DOK1001 nr 9862*; d.d. 26 juli 2019.
- [7] Gemeente Amsterdam Ingenieursbureau; rapportage, *Omval, monitoring. Monitoring grondwater 2005 en aanvullend onderzoek*, auteur A. Bloem, opdrachtgever Maatschap Ontwikkelingsmaatschappij De Omval, projectnummer 123249, versie 2; d.d. 31 januari 2006.
- [8] Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied; *Bodeminformatie*; aangevraagd op 24-02-2020 voor Omval 1-22, te Amsterdam.
- [9] MOS Grondwatertechniek; email betreffende lozingslocatie; dd. 24 februari 2020.

CRUX staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

### 2.2 Programmatuur

Voor de bemalingsberekening is Modflow toegepast. Het gebruikte sturingsprogramma voor Modflow is Groundwater Vistas, versie 7.24, build 69, 64-bit.

### 2.3 Bouwontwerp en fasering

Ten behoeve van het aanleggen van de twee laags parkeerkelder dient tot verschillende niveaus te worden ontgraven (conform het bouwkuipadvies [3]). Om de werkzaamheden in den droge te kunnen uitvoeren worden damwanden tot NAP -16,5m aangebracht, zie de bouwtechnische tekening [6] voor de ligging. Hiermee wordt het freatisch pakket, Wadzand én de Eerste zandlaag ingesloten binnen de damwanden.

Voor de bemalingsduur is uitgegaan van 12 maanden (1 jaar).

De stabiliteitsberekening van de bodem is uitgevoerd met een partiele materiaalfactor van 1,1 conform NEN9997-1. De resultaten van de stabiliteitsberekeningen zijn opgenomen in het bouwkuipadvies [3] waarvan de relevante ontwateringsniveaus zijn aangegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Benodigde verlaging voor verticale stabiliteit [3]

Fase	Ontgraving [m NAP]	Grondwater-stand [m NAP]	Stijghoogte Wadzand [m NAP]	Benodigde stijghoogte watervoerend pakket [m NAP]
Aanbrengen ankers (4)	-4,50	-4,80	-3,75 (middels ontlastfilters)	n.v.t.
Ontgraving (5)	-6,00	-6,50	-5,85	-4,45
	-6,50**	-6,50	-6,40	-4,95

\*de verlaging wijkt af van het bouwkuipadvies. De verlaging wordt theoretisch tot onder ontgraving verlaagd.

\*\*Waarbij een grondverbetering van 0,50m wordt aangebracht (tot NAP -6,00m).

Vanwege de geringe dikte van de Allerød laag (namelijk 0,6m) [2], is conservatief aangenomen dat de Eerste en Tweede Zandlaag verbonden zijn.

## 2.4 Grondopbouw

Het uitgevoerde grondonderzoek bestaat uit sonderingen die door Multiconsult op projectlocatie zijn genomen, zie bouwkuipadvies [2]. De hierop gebaseerde bodemopbouw is in Tabel 2 weergegeven. De aangehouden hydrologische doorlatendheden en weerstanden zijn verkregen uit informatie van ondergrondmodel REGIS II v2.2 en ervaring met andere projecten in de regio.

De ingemeten maaiveldhoogtes variëren tussen NAP -0,6m en NAP -3,7m in verband met het talud van de polder Watergraafmeer.

Op basis van de sonderingen bestaat de Holocene deklaag lokaal uit een zandig ophooglaag van circa 1,3m tot 4,4m. Onder deze laag liggen complexe afzettingen bestaande uit klei en veen, die waterremmend zijn. Deze worden tussen NAP -7,3m en NAP -7,8m met een dunne Wadzandlaag onderbroken. Hieronder volgen watervoerende zandlagen in afwisseling met de scheidende lagen Allerød en Formatie van Eem (Eemklei).

## 2.5 (Grond)waterstanden

### 2.5.1 Algemeen

In de omgeving van de projectlocatie zijn peilbuizen van Waternet in het freatisch pakket en Tweede Zandlaag aanwezig (zie Figuur 2). De monitoringgegevens van deze peilbuizen zijn gebruikt als uitgangspunt voor onderhavige geohydrologische beschouwing van de grondwaterstand en de stijghoogte.

### 2.5.2 Freatische grondwaterstand

Tabel 3 toont een overzicht van meetperioden en kernwaarden van de freatische peilbuizen. Gemiddelde hoge grondwaterstand (GHG) en gemiddelde lage grondwaterstand (GLG) zijn respectievelijk de 5% en 95%-percentiel waarde.

Op de projectlocatie is een groot verhang van circa 2m van de gemiddelde grondwaterstanden (GG) zichtbaar, zie hiervoor indicatief peilbuizen F06233 (hoge grondwaterstand) en F06164 (lage grondwaterstand) in Tabel 3.

Dit wijst op een natuurlijke barrière in de freatische laag [4], welke als een zone van lage doorlatendheid in het model is opgenomen.

Tabel 2: Bodemopbouw onder de projectlocatie

Tijdvak	Beschrijving grondsoort	Bovenzijde laag [m NAP]	(Geo)hydrologie Doorlatendheid [m/d]	
Holoceen (deklaag)	Antropogeen, zand	-0,6 à -3,7**	Watervoerend (freatisch)	5 á 10*
	Klei en veen afzettingen, scheidende laag 1	-5,0	Waterremmend	0,002
	Zandige klei (Wadzand)	-7,3	Watervoerend	10
	Klei en veen afzettingen, scheidende laag 2	-7,8	Waterremmend	0,002
Pleistoceen	Eerste Zandlaag	-12,1	Watervoerend	10 á 30*
	Allerød	-13,9	Waterremmend	0,1*
	Tweede Zandlaag	-14,5	Watervoerend	30
	Formatie van Eem, Eemklei	-22	Waterremmend	0,005
	Formatie van Drente , eerste zandige eenheid	-32	Watervoerend	30
	Laagpakket van Uitdam	-46***	Geohydrologische basis	

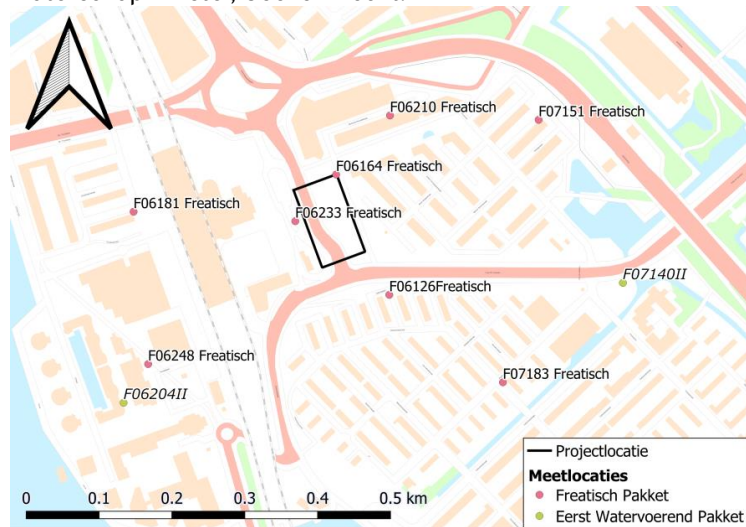
\*Doorlatendheid is hoog ingeschat in verband om een bovengrens van het bemalingsdebiet te verkrijgen.

\*\*Ingemeten en bevestigd met AHN3 hoogtebestand Nederland

\*\*\*Verkregen uit REGIS II v2.2



De maatgevende grondwaterstroming op de projectlocatie is van west naar oost (richting de Watergraafsmeerpolder). Dit is het gevolg van de hoge waterstand van de rivier de Amstel op NAP-0,4m en het beheerste lage polderpeil van NAP-5,5m door Waterschap Amstel, Gooi en Vecht.



Figuur 2: Meetlocaties Waternet

Tabel 3: Kernwaarden grondwaterstanden

Peilbuis	GLG [NAP...m]	GG [NAP...m]	GHG [NAP...m]
F06126 Freatisch	-4,16	-3,92	-3,58
F06181 Freatisch	-1,20	-0,82	-0,44
F06210 Freatisch	-5,37	-5,26	-5,15
F06248 Freatisch	-0,74	-0,60	-0,33
F07151 Freatisch	-5,08	-4,97	-4,88
F07183 Freatisch	-4,72	-4,70	-4,62
<b>F06164 Freatisch (lage zijde)</b>	<b>-5,02</b>	<b>-4,91</b>	<b>-4,79</b>
<b>F06233 Freatisch (hoge zijde)</b>	<b>-3,14</b>	<b>-2,94</b>	<b>-2,74</b>

\* Peilbuis F06164 is maatgevend voor de oostzijde (lage zijde) van het terrein en peilbuis F06233 is maatgevend voor de westzijde (hoge zijde) van het terrein.

### 2.5.3 Stijghoogte

De stijghoogte in de Tweede Zandlaag is gebaseerd op F06204II en F07140II, zie Figuur 2 en Tabel 4.

Tabel 4: Kernwaarden stijghoogte Tweede Zandlaag.

Peilbuis	GLS [NAP...m]	GS [NAP...m]	GHS [NAP...m]
F06204II (hoge zijde)	-2,54	-2,36	-2,18
F07140II (lage zijde)	-3,75	-3,52	-3,32

\* Peilbuis F07140II is maatgevend voor de oostzijde (lage zijde) van het terrein en peilbuis F06204II is maatgevend voor de westzijde (hoge zijde) van het terrein.

### 2.5.4 Kwaliteit grondwater

Bij toepassing van retourbemaling stelt de Nederlandse Waterwet dat het van nature aanwezige grondwater niet mag worden verontreinigd met het infiltratiewater. Wanneer het onttrokken grondwater wordt geloosd beoordeelt het waterschap of dit op nabij gelegen oppervlaktewater kan. De gemeente beoordeelt of bemalingswater mag worden geloosd op het riool. Om deze redenen is het nodig om inzicht te hebben in de kwaliteit van het grondwater.

De grondwaterkwaliteit op de projectlocatie is op het moment van schrijven niet bekend. Zodoende wordt aanbevolen om een grondwatermonster te nemen uit de Eerste Zandlaag. Het grondwatermonster moet worden geanalyseerd op ten minste de volgende parameters opgelost ijzer, chloride en onopgeloste bestanddelen. Tevens dient het grondwater getoetst te worden conform Besluit Lozen Buiten inrichtingen.



# 3 Bemalingsdebieten en verlagingen

## 3.1 Algemeen

De bemaling van project blokken B&C wordt middels een retourbemaling uitgevoerd. De retourbemaling is bepalend voor het bemalingsdebiet en waterbezwaar. Bij een (langdurige) retourbemaling in de Eerste en Tweede zandlaag is een reële kans op grote mate van verstopping van de bronnen. Daarom zijn alle twee scenario's, met en zonder retourbemaling, beschouwd. Hierbij is rekening gehouden met:

- Het bemalingsdebiet op basis van een bemaling met retourbemaling. In deze situatie is rekening gehouden met het grootste onttrekkingsdebiet.
- De omgevingseffecten op basis van een bemaling zonder retourbemaling. Een grondwateronttrekking zonder retourbemaling resulteert in het grootste invloedsgebied. Er wordt op deze manier rekening gehouden met de maximale omgevingseffecten.

Hierdoor wordt een worst case scenario van de omgevingseffecten en het onttrekkingsdebiet beschreven.

De voorkeur gaat uit voor het volledig retourneren van het spanningswater, echter is het niet zeker of het volledige debiet geretourneerd kan worden in verband met het bodemtype (hoog percentage silt) en de relatief dunne Tweede Zandlaag. Indien een deel van de spanningswater niet geretourneerd kan worden, dan wordt deze geloosd op het oppervlaktewater. Op deze manier wordt getracht de omgevingseffecten minimaal te houden middels retourbemaling, terwijl de continuïteit van de bemaling gewaarborgd blijft door de mogelijkheid om terug te vallen op een lozing.

In de analyse worden de grondwaterstandverlagingen voor het

- Freatische pakket;
- De Wadzandlaag;
- De Eerste én Tweede Zandlaag

behandeld. Tevens worden de debieten inzichtelijk gemaakt.

De spanningsbemaling vanuit de Eerste en Tweede zandlaag geeft de grootste reikwijdte van de invloed van de bemaling. De freatische bemaling in de bouwkuip dient alleen freatisch grondwater en kwelwater vanuit de Wadzand en spanningswater vanuit het Wadzand (via ontlastfilters) af te voeren.

Omdat de duur circa één jaar is zijn de resultaten berekend met stationaire berekeningen. Stationaire berekeningen geven de grootst mogelijke omgevingseffecten.

## 3.2 Prognose debiet en waterbezwaar

### 3.2.1 Onttrekkingsdebiet

In onderstaande Tabel 5 is het maximale onttrekkingsdebiet per watervoerende laag weergegeven. Dit is de worst-case prognose die is gebaseerd op een hoge grondwaterstand/stijghoogte en een hoge doorlatendheid.

Tabel 5: stationair onttrekkingsdebiet en bijbehorend waterbezwaar

Watervoerende laag	Verlaging [m]*	Debiet [ $m^3$ /uur]	Duur [dagen]
Freatisch	3,80**	< 5	365
Wadzand	6,0	< 5	365
Eerste en Tweede Zandlaag (incl. retourbemaling)	2,15	75	365

\*De benodigde verlaging is ingeschat op basis van de numeriek gemodelleerde stijghoogtes op basis van model kalibratie.

\*\* Verlaging ingeschat op freatische grondwaterstand aan de hoge zijde van het perceel.

### 3.2.2 Neerslag

Neerslag dat direct op de bouwkuip valt dient afgevoerd te worden. Het neerslagdebiet wordt berekend op basis van 30 jaar meetdata van neerslag zoals gerapporteerd door het KNMI in het meetstation te Schiphol. De gemiddelde neerslag is 2,3 mm/dag. De oppervlakte van de bouwlocatie is circa 7100 m<sup>2</sup>. Dit betekent een gemiddelde neerslag kan zorgen voor een debiet van 17 m<sup>3</sup>/dag.

### 3.2.3 Waterbezwaar

Het waterbezwaar als gevolg van de stationaire onttrekkingsperiode, neerslag en de opstartfase van de bemaling (droogpompen bouwlocatie) is in Tabel 6 weergegeven. Het opstartdebiet is berekend voor een duur van 7 dagen waarbij het debiet significant hoger is omdat de bouwkuip leeg gepompt dient te worden. Het exacte debiet en waterbezwaar gedurende deze periode is echter sterk afhankelijk van de uitvoering van de bemaling. Een snellere opstartfase resulteert in een hoger opstartdebiet.

De duur van de werkzaamheden is ingeschat op één jaar. De berekende debieten zijn in grote mate afhankelijk van de daadwerkelijke uitvoering en dichtheid van de damwanden, zodat geen onverwacht grote lekkages uit freatische en/of Wadzandlaag optreden.

Tabel 6: Waterbezwaar

	Fase	Debiet [m <sup>3</sup> /uur]	Duur [dagen]	waterbezwaar [m <sup>3</sup> ]
Opstartfase	Max	91	7	15.288
Onttrekkingdebiet met retourbemaling	Stationair	85	358	730.320
Neerslag	Stationair	0,7	365	6210
Totaal (incl. retourbemaling)				751.820

### 3.2.4 Rondpomp effect retourbemaling

Bij toepassing van een retourbemaling is het stationair debiet (85 m<sup>3</sup>/uur) 21% hoger ten opzichte van de variant zonder retour (70 m<sup>3</sup>/uur). Dit komt door het zogenaamde rondpompeffect.

## 3.3 Grondwaterstandsverlagingen

### 3.3.1 Algemeen

De resultaten van de modellering van het invloedsgebied en grondwaterstandsverlagingen zijn in stationaire condities weergegeven, waardoor de reikwijdte van de verlaging maximaal is. De berekend verlagingcontouren bij de variant zonder retourbemaling zijn groter dan bij de variant met retourbemaling.

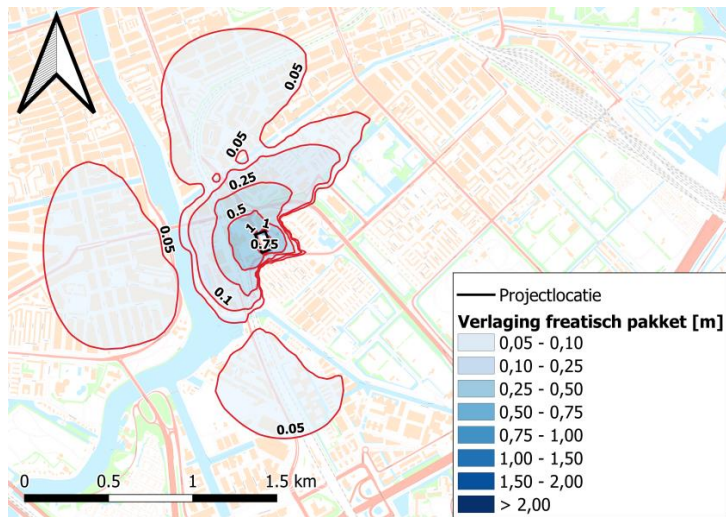
### 3.3.2 Freatisch

De freatische grondwaterstand wordt maar beperkt beïnvloed door de ondiepe bemaling in de bouwkuip. Echter doordat een stationaire situatie is berekend, wordt de freatische grondwaterstand beïnvloed door de spanningsbemaling in het watervoerend pakket. De reikwijdte is weergegeven in Figuur 3.

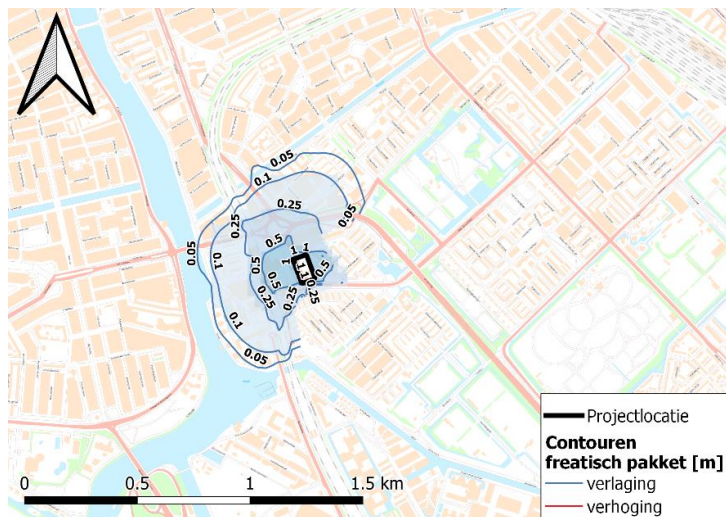
Door de spanningsbemaling wordt de kwel van het watervoerend pakket naar het freatische pakket verkleint. Dit geeft een grondwaterstandverlaging van circa 5-20 cm in de omliggende polders, afhankelijk van de exacte locatie. Indien wordt uitgegaan van het polderpeil wordt een verlaging van kleiner dan 5 cm berekend voor grote delen van Watergraafsmeer.

Buiten Watergraafsmeer wordt niet van polderpeilen uitgegaan omdat het verschil tussen de grondwaterstand en het polderpeil te groot is om realistisch gezien van het polderpeil uit te gaan.

Omdat de retourbemaling in het beheersgebied van Watergraafsmeer wordt geplaatst met een beheerste grondwaterstand zijn de effecten van de retourbemaling op de freatische grondwaterstand klein. De maximale waterstandsverhoging als gevolg van de retourbemaling bedraagt circa 14cm in Figuur 4.



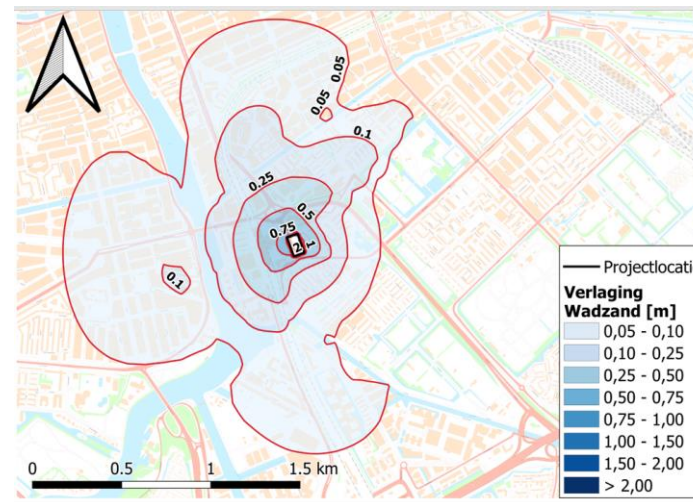
Figuur 3: Effect bemaling in freatisch pakket zonder retourbemaling tijdens een GHG-situatie.



Figuur 4: Effect bemaling in freatisch pakket met retourbemaling tijdens een GHG-situatie.

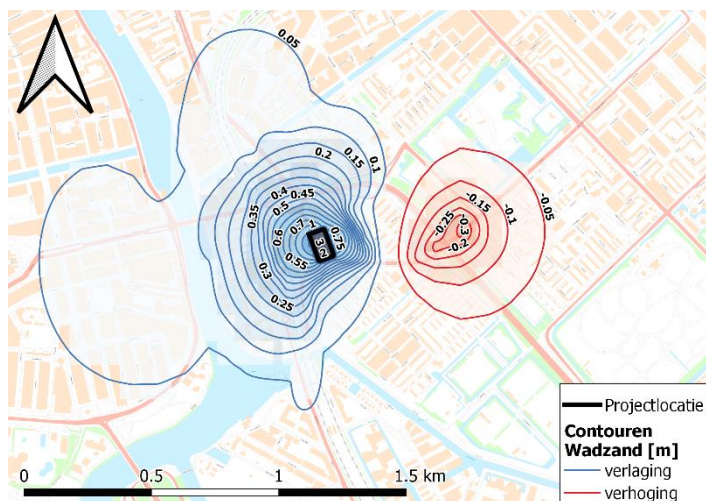
### 3.3.3 Wadzand

De stijghoogte in het Wadzand wordt beïnvloed door de spanningsbemaling in de bouwkuip. De reikwijdte is weergegeven in Figuur 5 voor de stijghoogte verlagingen zonder retourbemaling en Figuur 6 voor onttrekking met retourbemaling in de Eerste Zandlaag.



Figuur 5 Effect bemaling in de Wadzand, zonder retourbemaling tijdens een GHG-situatie.

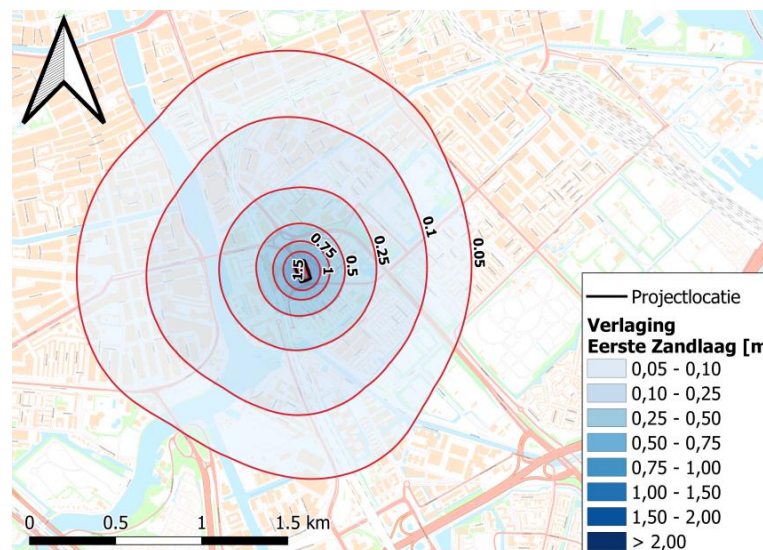




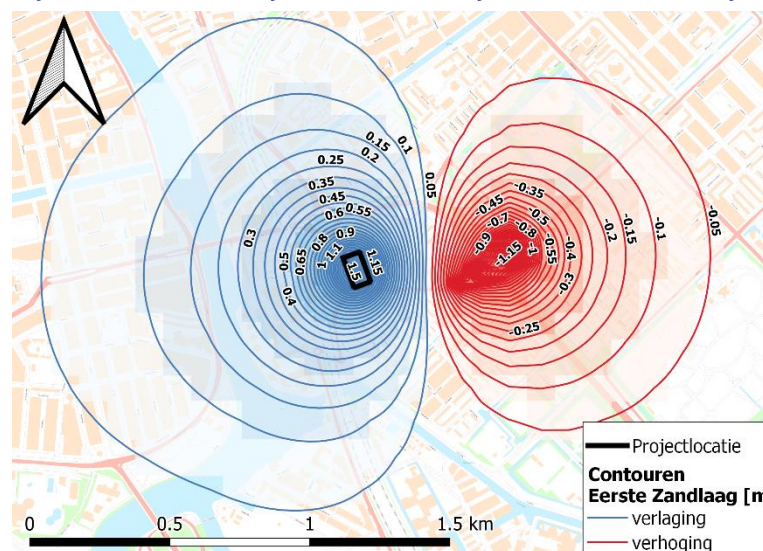
Figuur 6 Effect bemaling in het Wadzand met retourbemaling. De verhogingen zijn afkomstig van de retourbronnen in de Eerste Zandlaag. Dit betreffen contourlijnen voor een GHG-situatie.

### 3.3.4 Eerste en Tweede Zandlaag

In de Eerste Zandlaag en Tweede zandlaag reikt het invloedsgebied tot maximaal 1450m (zonder retourbemaling; zie Figuur 7) en tot 1050m (met retourbemaling; zie Figuur 8). De retourbemaling vermindert het invloedsgebied. In het oosten van de projectlocatie zorgt de retourbemaling voor een opbolling die het invloedsgebied van de spanningsbemaling begrenst. De contouren in de Tweede Zandlaag zijn identiek aan de contouren van de Eerste Zandlaag en daarom hier niet weergegeven.



Figuur 7: Effect bemaling in Eerste Zandlaag zonder retourbemaling.



Figuur 8: Effect bemaling in Eerste Zandlaag met retourbemaling.

### 3.4 Bemalingsontwerp

#### 3.4.1 Onttrekking

Het project wordt gerealiseerd door gebruik te maken van een bouwkuip welke wordt begrensd door damwanden. Het uitgevoerde grondonderzoek laat zien dat de bemaling in de freatische laag kan worden gerealiseerd door gebruik te maken van een open bemaling of ondiepe filters. Tevens dienen verticale ontlastfilters geplaatst te worden om het Wadzand te ontlasten (conform Tabel 1).

Na de initiële ontwatering van de bouwkuip zal middels deze voorziening voornamelijk een combinatie van lekwater, neerslag en eventueel kwel worden afgevoerd.

De waterspanning in de Eerste en de Tweede Zandlaag kan worden verlaagd door gebruik te maken van onttrekkingsbronnen (diepwells). Deze bronnen dienen in de Eerste Zandlaag te staan, en zullen waarschijnlijk doorgezet worden naar de Tweede Zandlaag. Geadviseerd wordt de filterstelling te verifiëren met de bemalende partij.

#### 3.4.2 Retourbronnen

Het bemalingswater wordt geretourneerd in de retourlocaties zoals voorgesteld in Figuur 9 [9]. Dit betreft een raai van ca. 250m aan de Hugo de Vrieslaan. De retourbronnen staan in Tweede Zandlaag met een filterstelling van circa NAP-15m tot NAP-22m gerekend. De filterstelling is afhankelijk van de lokale ligging van de Tweede Zandlaag.

Retourberekeningen zijn gebaseerd op de door de aannemer voorgestelde locatie zoals weergegeven in Figuur 9. De exacte detaillering is afhankelijk van de praktische uitvoering van het retoursysteem. Tijdens het ontwerp van het retoursysteem dient rekening gehouden te worden met het verticaal evenwicht van de bodem ter plaatsen van de retourbronnen. Daarnaast dient het verticaal evenwicht van de naastgelegen watergang gegarandeerd te blijven, waardoor de maximale stijghoogte in de Eerste Zandlaag NAP -3,07m bedraagt (zie bijlage 3).

De voorkeur gaat uit voor het volledig retourneren van het spanningswater, echter is het niet zeker of het volledige debiet geretourneerd kan worden in verband met het bodemtype (hoge percentage silt) en de relatief dunne Tweede Zandlaag. Indien een deel van de spanningswater niet geretourneerd kan worden, dan wordt deze geloosd op het oppervlaktewater. Op deze manier wordt getracht de omgevingseffecten minimaal te houden middels retourbemaling, terwijl de continuïteit van de bemaling gewaarborgd blijft door de mogelijkheid om terug te vallen op een lozing.

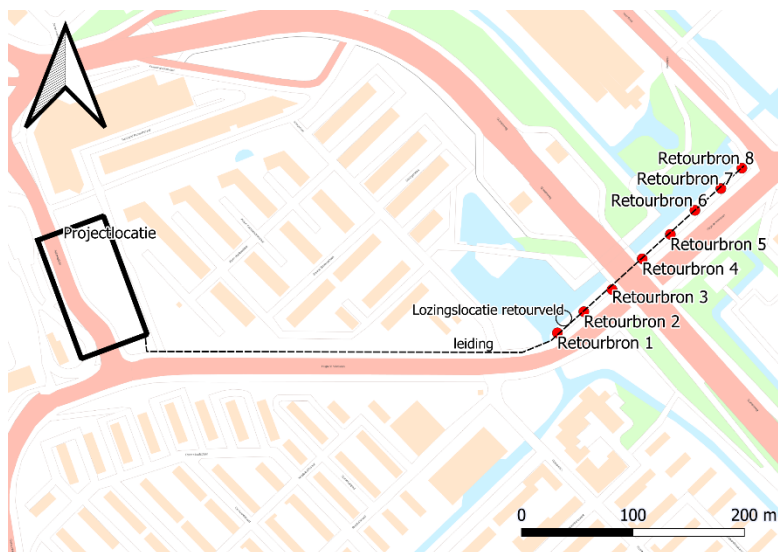
#### 3.4.3 Lozing

Het freatisch grondwater uit de bouwkuipbemaling (zogenaamde restwaterbemaling) wordt geloosd op het vuilwater riool nabij de projectlocatie. De lozing op het riool is meldingsplichtig bij de beheerder van het riool.

Het spanningswater wordt in principe geretourneerd in de bodem, indien niet het volledige onttrekkingsdebiet geretourneerd kan worden, dan wordt de rest van het spanningswater geloosd op het oppervlakte water, zoals weergegeven in (Figuur 9, lozingslocatie retourveld), nabij de watergangen van het Prins Bernhard Park.

De lozing is meldingsplichtig bij het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht.

De grondwaterkwaliteit dient gemonitord te worden en getoetst te worden aan het Besluit Lozen Buiteninrichtingen (BLBi). Zoals omschreven in hoofdstuk 2.5.4.



Figuur 9 Indicatieve locatie [9] retourveld zoals gebruikt in dit bemalingsadvies

### 3.5 Monitoring

Om de verlaging in grondwater en stijghoogte van de bemaling te controleren wordt voorgesteld om rondom de bouwkuip én in de omgeving het grondwater te monitoren. Mogelijk kunnen de bestaande peilbuizen van het meetnet van Waternet gebruikt worden, hiervoor dient vooraf overlegd te worden met het Waterschap.

Naast het gebruik van de bestaande peilbuizen in het freatisch pakket en de Eerste Zandlaag wordt aanbevolen minimaal 7 extra peilbuislocaties te gebruiken:

- 1 peilbuislocatie in de bouwkuip, om de gehaalde verlaging in het Freatisch pakket, Wadzand en Eerste Zandlaag te bepalen.
- 2 peilbuislocaties in het retourveld om het verticaleevenwicht nabij de retourbronnen te waarborgen.
- 2 peilbuislocaties in het Watergraafsmeerpolder, om de grondwaterverlagingen in het Freatisch pakket en Eerste Zandlaag te monitoren.

- 2 peilbuislocaties rondom het Amstelstation, om de grondwaterverlagingen in het Freatisch pakket en Eerste Zandlaag te monitoren

Nadat de exacte peilbuislocaties dienen signalerings- en interventiewaardes bepaald te worden waarop de grondwaterstanden gemonitord kunnen worden.

Een nulmeting van de grondwaterstanden dient 2 weken voor opstarten van de bemaling te worden uitgevoerd. Daarnaast wordt geadviseerd om de grondwaterstanden te monitoren middels digitale divers die aangesloten zijn op een online-systeem zodat de grondwatermonitoring automatisch plaatsvindt en tevens gemakkelijk digitaal gecontroleerd kan worden.

# 4 Omgevingseffecten en risico's

## 4.1 Inleiding

De grondwaterstandsverlagingen hebben effect op de verschillende omgevingsaspecten die in de volgende paragrafen per onderwerp worden behandeld:

- Schade door zettingen;
- Verplaatsen verontreinigingen;
- Rijksmonumenten en archeologie;
- Grondwaterbeschermingsgebieden, natuurgebieden en landbouw;
- Risico's op een geaccumuleerd effect (overige onttrekkingen)

## 4.2 Zettingen

### 4.2.1 Inleiding

Als gevolg van de bemaling kan de grondwaterstand in de omgeving dalen tot onder de GLG met mogelijk maaiveldzettingen tot gevolg. Eventuele zettingen ten gevolge van verlaging van de freatische waterstand en de stijghoogte in de Eerste én Tweede zandlaag zijn in deze paragraaf berekend.

### 4.2.2 Freatisch vlak

In voorgaand hoofdstuk zijn voor het freatisch vlak verlagingen berekend t.o.v. de GHG, dit om tot een bovengrens van het debiet en invloedsgebied te komen. Verlaging van de grondwaterstand leidt echter pas tot zetting indien de GLG wordt onderschreden. Op basis van de waarden in het bemalingsadvies is bepaald dat voor de beschouwde peilbuizen de GLG gemiddeld 40 cm onder de GHG ligt. Berekenende verlagingen van 1m direct naast de bouwkuip tot 5cm verlaging op grotere afstand en ten opzichte van het GHG dienen derhalve gereduceerd te worden met 40 cm. Op basis van deze maximale verlaging van 0,6m zijn maaiveldzettingen bepaald voor een hoge en een lage maaiveldligging. De resultaten zijn gegeven in Tabel 7

### 4.2.3 Stijghoogteverlaging

Als gevolg van de stijghoogteverlaging in de Eerste én Tweede Zandlaag zijn buiten de bouwkuip verlagingen tot 1m bepaald. Zetting ten gevolge van deze verlaging is bepaald in de volgende paragraaf.

### 4.2.4 Resultaat zettingsberekeningen

Zettingen zijn bepaald voor verlaging van de freatische grondwaterstand en de verlaging van de stijghoogte in de Eerste én Tweede zandlaag. Gezien de variatie in hoogteligging is dit gedaan voor een hoge (NAP -0,5m) en lage (NAP -3,0m) maaiveldligging waarbij voor de initiële grondwaterstand respectievelijk waarden van NAP -4,9m en NAP -3,0m is aangehouden. Voor de initiële stijghoogte is uitgegaan van respectievelijk NAP -2,4m en NAP -3,5m. Uitgangspunten ten aanzien van bodemopbouw en gehanteerde grondparameters zijn gegeven in Bijlage 5. Zettingen zijn berekend voor verschillende verlagingen en voor de periode van 1 jaar, de resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel. De volledige uitvoer van de berekeningen is opgenomen in Bijlage 6.

Tabel 7: Resultaat zettingsberekeningen.

Verlaging grondwaterstand of stijghoogte [m]	Zettingen t.g.v. verlagingen freatische grondwaterstand		Zetting t.g.v. verlaging stijghoogte * [mm]
	Lage zijde terrein [mm]	Hoge zijde terrein [mm]	
0,05	1	1	0
0,10	2	1	0
0,25	4	3	1
0,50	8	5	2
0,60	9	6	2
0,75	-	-	2
1,0	-	-	3

\* Voor zetting door de stijghoogte verlaging is geen rekening gehouden met verschil in de initiële maaiveldligging. Dit heeft slechts een beperkt invloed op de berekende zettingen.

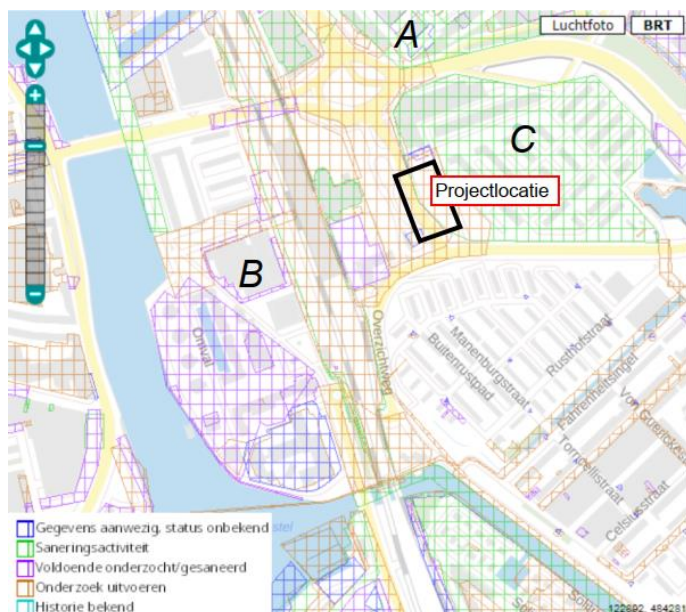


Rekening houdend met de verlaging ten opzichte van de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) wordt in de zone direct naast de bouwkuip een zetting tot maximaal 10mm berekend. Gezien de funderingswijze van de belendende panden (gebouw na 1970 en op prefab betonpalen) heeft deze zetting geen nadelig gevolg voor gebouwen in de omgeving.

De zetting ten gevolge van de stijghoogteverlaging in de Eerste en Tweede Zandlaag bedraagt direct naast de bouwkuip maximaal 3mm en loopt naar de rand van het invloedsgebied terug naar 0 mm. De zetting en het verloop hiervan is dusdanig klein dat hieruit geen nadelige effecten voor de omgeving worden verwacht.

### 4.3 Grondwaterverontreinigingen

Volgens bodemloket zijn in de directe omgeving verschillende verontreinigingen aanwezig (zie Figuur 10). Om hier inzicht in te verkrijgen is bij het digitale loket van Omgevingsdienst Noordzeekanaal informatie opgevraagd.



Figuur 10: Bodemverontreinigingen [Bodemloket]?

De volgende verontreinigingslocaties zijn aanwezig:

- Ten plaatsen van het politiebureau (aan de James Wattstraat) is een PAK, koper, kwik en zink verontreiniging geconstateerd, met concentraties boven de *interventiewaarde*. Verder ligt ter plaatse van Wibaustraat 220 een verontreiniging met minerale olie boven de *interventiewaarde*. Naast de Stephensonstraat 22 zijn tevens verontreinigingen boven de *interventiewaarde* van benzeen geconstateerd.
- In het gebied ten westen van de projectlocatie zijn verschillende grondwaterverontreinigingen aangetroffen. De verontreiniging is aanwezig rondom:
  - de Mr. Treublaan, Amstelstation en Amstel.
  - van Gogh-appartementen aan de Omval. Hier zijn verontreinigingen van Arseen, Chroom en Tetrachlooretheen gemeten, deze liggen boven de *interventiewaarde*. Op locatie Omval 1-22 is een ernstige verontreiniging van Benzeen boven de *interventiewaarde* geconstateerd die ook in het diepe grondwater is aangetroffen.
- Het gebied ten oosten van de projectlocatie worden eveneens verontreinigingen in het grondwater geconstateerd, Dit betreffen slechts verontreinigingen met concentraties onder de *interventiewaarde*.

Op locatie A (rondom het politiebureau) is een freatische benzeen verontreiniging aanwezig. Uitgaand van een retardatiefactor van benzeen in zand van 2 tot 5 in combinatie met een gemodelleerde horizontale stroomsnelheid van 0,05 m/d kan de verplaatsing worden berekend (waarbij de natuurlijk stroomsnelheid 0,03 m/d betreft). Bij aanname van een bemalingsduur van één jaar wordt een additionele verplaatsing tussen 0,70 tot 1,8m in zuidelijke richting aangetroffen (als gevolg van de bemaling). De berekende verplaatsing is een overschatting van het daadwerkelijke verplaatsing omdat het model het effect van de spanningsbemaling op het freatisch pakket overschat. Aangeraden wordt om de grondwaterstroming rond de verontreiniging te monitoren middels twee peilbuizen; één ten noorden en één ten zuiden van de verontreiniging.

Op locatie B (Omval 1-22) is een verontreiniging van Benzeen boven de interventiewaarde in de eerste zandlaag geconstateerd. Uitgaand van een horizontale stroomsnelheid van 0,3 m/d (ten opzichte van een natuurlijke snelheid van 0,2m/d) kan de verplaatsing worden berekend. Bij aanname van een spanningsbemaling van één jaar en direct bereikte maximale stromingssnelheid wordt een additionele verplaatsing tussen 4 tot 15m in noordoostelijke richting berekend als gevolg van de bemaling.

Voor verontreiniging C geldt dat de natuurlijke kwel naar het Watergraafsmeer wordt verminderd door de spanningsbemaling, dit is een positief effect op de verplaatsing van eventuele verontreinigingen.

Daarnaast wordt aangeraden om met Gemeente Amsterdam en de omgevingsdienst de status en exacte detaillering van de grondwaterverontreiniging nabij de Omval 1-22 te bespreken.

In de volgende paragraaf wordt een voorstel tot mitigerende maatregel besproken ten behoeve van de grondwaterverontreiniging.



Figuur 11 Locatie zorgmaatregel grondwater [8]

#### 4.4 Additionele bemaling om de grondwaterverontreiniging Omval 1-22 (locatie B) stabiel te houden

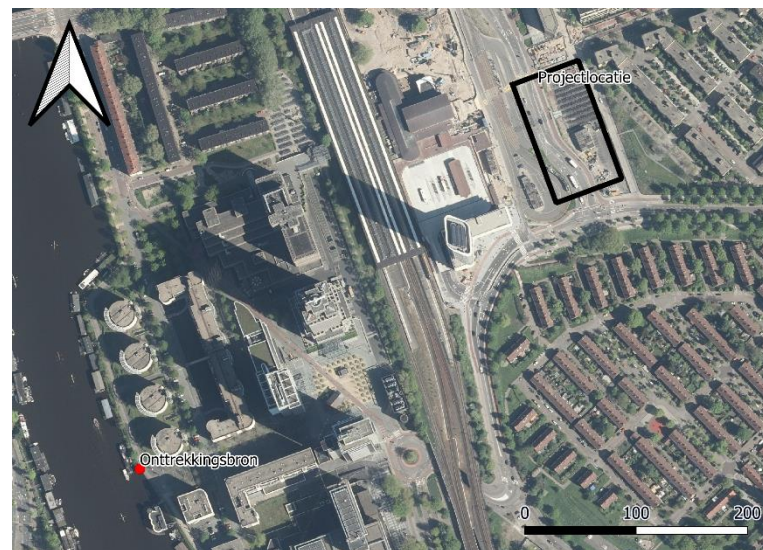
Gezien de complexe restverontreiniging van benzeen op locatie B (Omval 1-22) wordt aangeraden om een bemalingsbron ten westen van de verontreiniging te plaatsen.

De onttrekking in de bemalingsbron kan worden gestuurd zodat de grondwaterverontreiniging niet wordt verplaatst. In Figuur 11 is de contourlijn van de restverontreiniging weergegeven. Door het plaatsen van een onttrekkingsbron ten westen van de verontreiniging wordt het verhang in de stijghoogte geminimaliseerd.

Voorgesteld wordt om een onttrekkingsbron nabij de Omval te plaatsen, aan de Amstel (zie Figuur 12), in de Eerste Zandlaag. Als deze onttrekkingsbron met ca. 8 m<sup>3</sup>/uur grondwater onttrekt, daalt de theoretische additionele verplaatsing naar 0,35m. Deze verplaatsing is zéér gering en heeft naar verwachting verwaarloosbare invloed op de locatie van de verontreiniging.

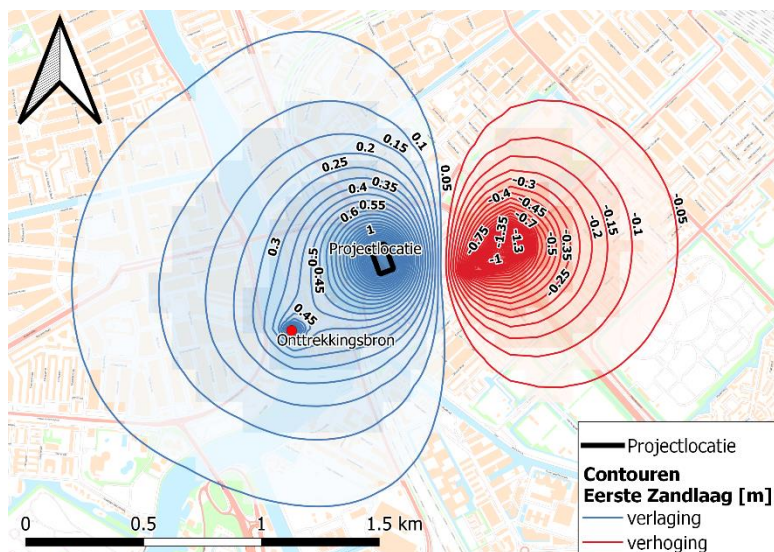
De werking van de additionele bemaling dient geverifieerd te worden tijdens de werkzaamheden middels twee additionele peilbuizen in de Eerste Zandlaag (als toevoeging op de peilbuizen in hoofdstuk 3.5).

De additionele bemaling resulteert in een geringe toename van verlagingen in de Eerste Zandlaag (zie Figuur 13).



Figuur 12 Locatie onttrekkingsbron





Figuur 13 Effect bemaling in Eerste Zandlaag met retourbemaling én additionele bemaling om de grondwaterverontreiniging stabiel te houden.

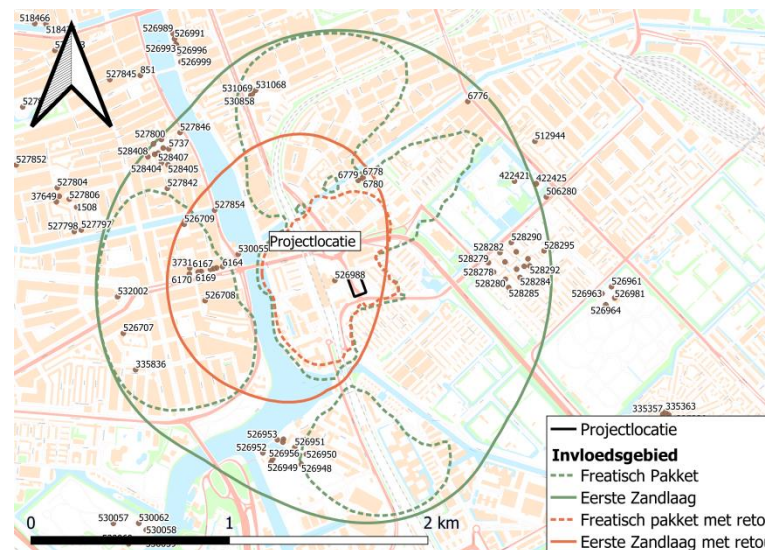
#### 4.5 Rijksmonumenten en archeologie

Binnen de omgevingscontouren bij een GHG situatie zijn rijksmonumenten aanwezig, zie Figuur 14. De grondwaterverlagingen met de retourbemaling zijn getoetst.

Bij gebruik van een retourbemaling ervaren rijksmonumenten 6778, 6779 en 6780 noordelijk van de projectlocatie een grondwaterverlaging van circa 5cm. Door de geringe verlagingen wordt het risico op droogstand van eventuele aanwezige houten palen als gering ingeschat.

Amstelstation met monumentnummer 526988 ligt direct naast de projectlocatie waar een freatische verlaging van circa 1m wordt bereikt. Het stationsgebouw staat volgens beschrijving in het rijksmonumentregister op gewapend betonpalen. Het Amstelstation wordt daarom niet negatief beïnvloed.

Als geen retourbemaling wordt toegepast ervaren meer monumenten grondwaterstandverlagingen, zie Figuur 14. De freatische verlaging is maximaal 10 cm in de Rijnbuurt en IJsselbuurt en blijft in de andere gebieden daaronder. Bij deze variant wordt het risico op droogstand van eventuele aanwezige houten palen eveneens als gering ingeschat.



Figuur 14: Rijksmonumenten binnen beschouwde invloedsgebieden

De projectlocatie bevindt zich op een archeologische vindplaats, “bodem van de Watergraafsmeer”. Hier is in 2016 door Gemeente Amsterdam, Monumenten en Archeologie een veldonderzoek uitgevoerd. Hier wordt maximaal 10mm aan maaiveld zettingen verwacht en een freatische grondwaterstandsverlaging van 0,75m tot 1,0m. Aangeraden wordt om de situatie omtrent de archeologie “Bodem van de Watergraafsmeer” te overleggen met Gemeente Amsterdam.

Tevens zijn in de omgeving drie verschillende archeologische onderzoeken uitgevoerd:

- Wibaustraat 198 en Overamstelstraat 139. Op beide locaties wordt een freatische grondwaterstandsverlaging van maximaal 10cm verwacht (als gevolg van de bemaling). Tevens worden hier maximaal 2mm aan maaiveldzettingen verwacht.
- H.J.E. Wenckebachweg: Op deze locatie wordt een freatische grondwaterstandsverlaging van maximaal 10cm verwacht (als gevolg van de bemaling). Tevens worden hier maximaal 1mm aan maaiveldzettingen verwacht.

Op bovenstaande drie locaties worden geen negatieve effecten verwacht op archeologische vondsten, omdat de zettingen nihil zijn en de grondwaterverlagingen maximaal 10 cm.

## 4.6 Grondwaterbeschermingsgebieden, natuurgebieden en landbouw

### 4.6.1 Natuurgebieden

Het dichtstbijzijnde natuurgebied conform Natuurnetwerk Nederland (NNN) is het Amsterdamse Bos. Het dichtstbijzijnde natuurgebied volgens Natura 2000 is het Markermeer & IJmeer, de Bothol en Zuid Kennemerland. Geen van de genoemde gebieden ervaart als gevolg van de spanningsbemaling verlagingen van de grondwaterstand. Effecten van de spanningsbemaling op natuurgebieden zijn daarom niet aanwezig.

### 4.6.2 Grondwaterbeschermingsgebieden

De dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebieden zijn *Wingebied Zuid-Kennemerland* bij Zandvoort en *Waterleidingplas GWA* bij Loenen aan de Vecht. De bemaling heeft hier geen invloed op.

### 4.6.3 Parken en recreatief groen

In het invloedsgebied rond projectlocatie zijn meerdere groengebieden aanwezig, met name:

- Julianabuurtparkje
- Prins Bernhardpark
- Darwinplantsoen
- Frankendael

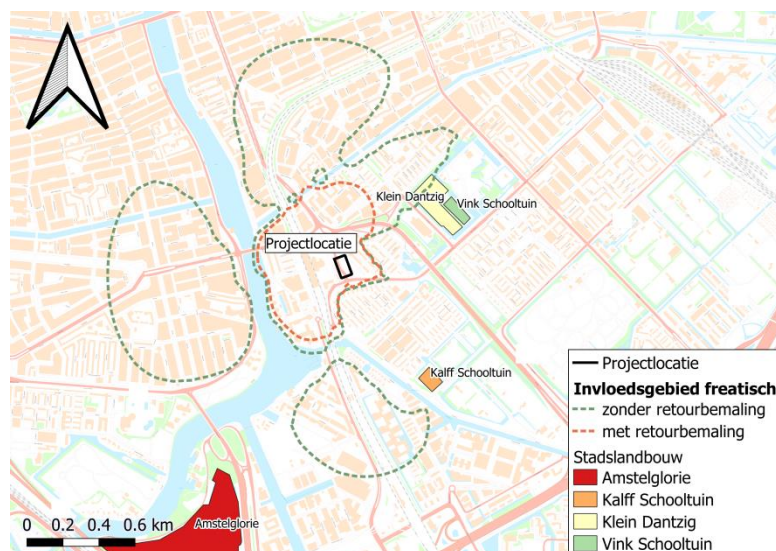
Prins Bernhardpark, Darwinplantsoen en Frankendael liggen in het Watergraafsmeer. Hier is de verlaging met kleiner dan 5cm gering en een nadelige beïnvloeding wordt niet verwacht. Bij het Julianabuurtparkje op 10m afstand ten oosten van de projectlocatie worden verlagingen van de freatische grondwaterstand van maximaal 0,6m berekend. Afhankelijk van de verlaging in de praktijk en de bemalingsperiode kan een bewateringsvoorziening noodzakelijk zijn om de lokale vegetatie te behouden; dit geldt met name voor verlagingen tijdens het groeiseizoen. Aan hand van de planning en de monitoring kan bepaald worden of bewatering nodig is.



Figuur 15: Stadsparken en overig recreatief groen. Bron: Gemeente Amsterdam

### 4.6.4 Stadslandbouw

Het freatische invloedsgebied bereikt het stadslandbouwgebied (zie Figuur 16) Klein Dantzig, hier wordt de grondwaterstand circa 5cm verlaagd. Aangezien de geringe verlaging ruimschoots binnen de natuurlijke grondwaterstandfluctuatie ligt, wordt buiten extreme droogteperiodes geen nadelige beïnvloeding verwacht.



Figuur 16: Stadslandbouw, i.r.t. de 5 cm contour bij een GHG-situatie

#### 4.7 Risico's op beïnvloeding overige onttrekkingen

Direct naast Amstelstation zijn twee WKO-systemen aanwezig (bron: WKOtool.nl). Naar verwachting zijn deze WKO-systemen op diepte van het tweede of derde watervoerend pakket geplaatst, bijvoorbeeld ter plaatse van het nieuwe Amsteltower op NAP -125m. Daarmee worden deze door het 12m dik waterremmend laag van de Formatie van Uitdam van de Eerste en Tweede zandlaag gescheiden. Het effect van de spanningsbemaling op de WKO's in de omgeving wordt nihil geacht.

Aanvullend zijn geen overige onttrekkingen in omgeving bekend.



# 5 Conclusie

## 5.1 Bemaling

Voor de nieuwbouw van blokken B&C nabij Amstelstation te Amsterdam dient de bouwkuip tot NAP -6,5m ontgraven te worden, waarbij bemaling noodzakelijk is. Dit betreft een spanningsbemaling in de Eerste en Tweede Zandlaag (om het verticale evenwicht te garanderen), een ontlasting van de Wadzand en tevens een freatische bouwkuip bemaling (lekwater).

De bemaling betreft een stationair debiet van 85 m<sup>3</sup>/uur met retourbemaling en 70 m<sup>3</sup>/uur zonder retourbemaling.

Gezien het debiet dient het grondwater geretourneerd te worden, volgens de keur van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht.

De totale waterbezwaar is berekend op 751.820 m<sup>3</sup> voor een duur van één jaar.

## 5.2 Omgevingsbeïnvloeding

De bemaling zorgt voor grondwaterverlagingen in de omgeving, waardoor potentiële negatieve effecten kunnen optreden. Deze effecten zijn geanalyseerd en hieruit kan het volgende worden geconcludeerd:

- Maaiveldzettingen als gevolg van de grondwaterstandsverlaging in het freatische pakket en de verlaging van de stijghoogte in de Eerste en Tweede Zandlaag ontstaan maaiveldzettingen. Rekening houdend met de verlaging ten opzichte van de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) wordt in de zone direct naast de bouwkuip een zetting tot maximaal 10mm berekend. Gezien de funderingswijze van de belendende panden (gebouwd na 1970 en op prefab betonpalen) heeft deze zetting geen nadelige gevolgen voor gebouwen in de omgeving.
- De zetting ten gevolge van de stijghoogteverlaging in de Eerste en Tweede Zandlaag bedraagt direct naast de bouwkuip maximaal 3mm en loopt naar de rand van het invloedsgebied terug naar 0 mm. De zetting en het verloop

hiervan is dusdanig klein dat hieruit geen nadelige effecten voor de omgeving uit worden verwacht.

- De maximale verlaging onder het rijksmonument Amstelstation bedraagt 0,7m in het freatisch pakket. Vanwege de type fundering (gewapend betonpalen) wordt hier echter geen negatieve beïnvloeding verwacht.
- De archeologische vindplaats “bodem van de Watergraafsmeer” ondervindt effecten als gevolg de werkzaamheden. Dit betreft grondwaterstandverlagingen, van 0,75m tot 1,0m, en maaiveldzettingen tot 10mm. Aangeraden wordt om in overleg te treden met Gemeente Amsterdam omtrent deze archeologische vindplaats.
- De spanningsbemaling reikt alleen tot het eerste watervoerend pakket (de Eerste én Tweede Zandlaag). Door afsluiting van het laagpakket van Uitdam worden dieper aanwezige WKO-bronnen in de omgeving niet beïnvloed.
- Beïnvloeding van natuurgebieden (welke) is nihil omdat zeer beperkt tot geen verlagingen van de grondwaterstanden worden berekend.
- Recreatief groen direct naast de projectlocatie (Julianabuurtparkje) ervaart grondwaterstandsverlagingen van maximaal 0,6m. Hier bestaat het risico op droogstand met nadelige beïnvloeding op de aanwezige vegetatie. Gedurende het groeiseizoen is het mogelijk om bewatering van de bomen toe te passen.
- Grondwaterbeschermingsgebieden vallen niet binnen het invloedsgebied van de bemaling. Het effect van de bemaling hierop wordt nihil geacht.
- Ecologische structuur valt binnen het effectgebied van de bemaling. Een negatieve invloed van de constructies (faunapassage, faunarichel en fauna uittreedplaats) wordt niet verwacht door de geringe verlaging van de grondwaterstand op deze locaties.

In de omgeving van de projectlocatie zijn verschillende grondwaterverontreinigingen aanwezig, die door de bemaling beïnvloed kunnen worden.

In de Eerste Zandlaag ter plaatse van Omval [7] is een sterke verontreiniging van Benzeen en soortgelijke aromaten geconstateerd. De bemaling zorgt hier mogelijk voor een additionele verplaatsing tot 15m in noordoostelijke richting. Om deze verplaatsing tegen te gaan wordt een onttrekkingsbron geplaatst ten westen van de verontreiniging als zijnde spiegelbron om de verplaatsing van de grondwaterverontreiniging te minimaliseren.

In elk geval wordt aangeraden om de verontreinigingssituatie met Gemeente Amsterdam en de omgevingsdienst te overleggen, om zo de status van de verontreiniging en de optie tot mitigerende maatregelen te bediscussiëren.

Nabij het politiebureau (aan de James Wattstraat) is een freatische verontreiniging aanwezig waarvan Benzeen is aangetroffen boven de interventie waarden. Hier wordt een additionele verplaatsing van 0,70 tot 1,8m aangetroffen, als gevolg van de bemaling. Aangeraden wordt om de freatische grondwaterstroming te monitoren om het daadwerkelijke effect van de bemaling te monitoren.

### 5.3 Vergunningen

Aangezien de door de spanningsbemaling optredende debieten van hoger dan 15.000 m<sup>3</sup>/maand is het aanvragen van een watervergunning bij Waterschap Amstel, Gooi en Vecht vereist. Het indienen van de aanvraag wordt voor dit project door CRUX op verzoek van MRP Development verzorgd.

De watervergunning dient aangevraagd te worden voor een bemaling in combinatie met retourbemaling in de Tweede Zandlaag. De retourbemaling betreft een debiet van 75 m<sup>3</sup>/uur. Tevens dient in de aanvraag de bemaling op de locatie Omval 1-22 (zie paragraaf 4.3) aangevraagd te worden (8 m<sup>3</sup>/uur).

Tegelijkertijd met de aanvraag van de onttrekking wordt door CRUX een lozingsvergunning aangevraagd voor het freatische bemalingswater bij de gemeente Amsterdam en het lozen van het

spanningswater bij waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Indien het retourveld onvoldoende capaciteit heeft, kan het bemalingswater geloosd worden op de watergang. Het lozingsdebiet dat aangevraagd dient te worden bedraagt 75 m<sup>3</sup>/uur (debiet zonder retourbemaling) met een opstartdebiet van 91 m<sup>3</sup>/uur. De lozingsvergunning dient tevens de lozing bij de Omval te bevatten (8 m<sup>3</sup>/uur).

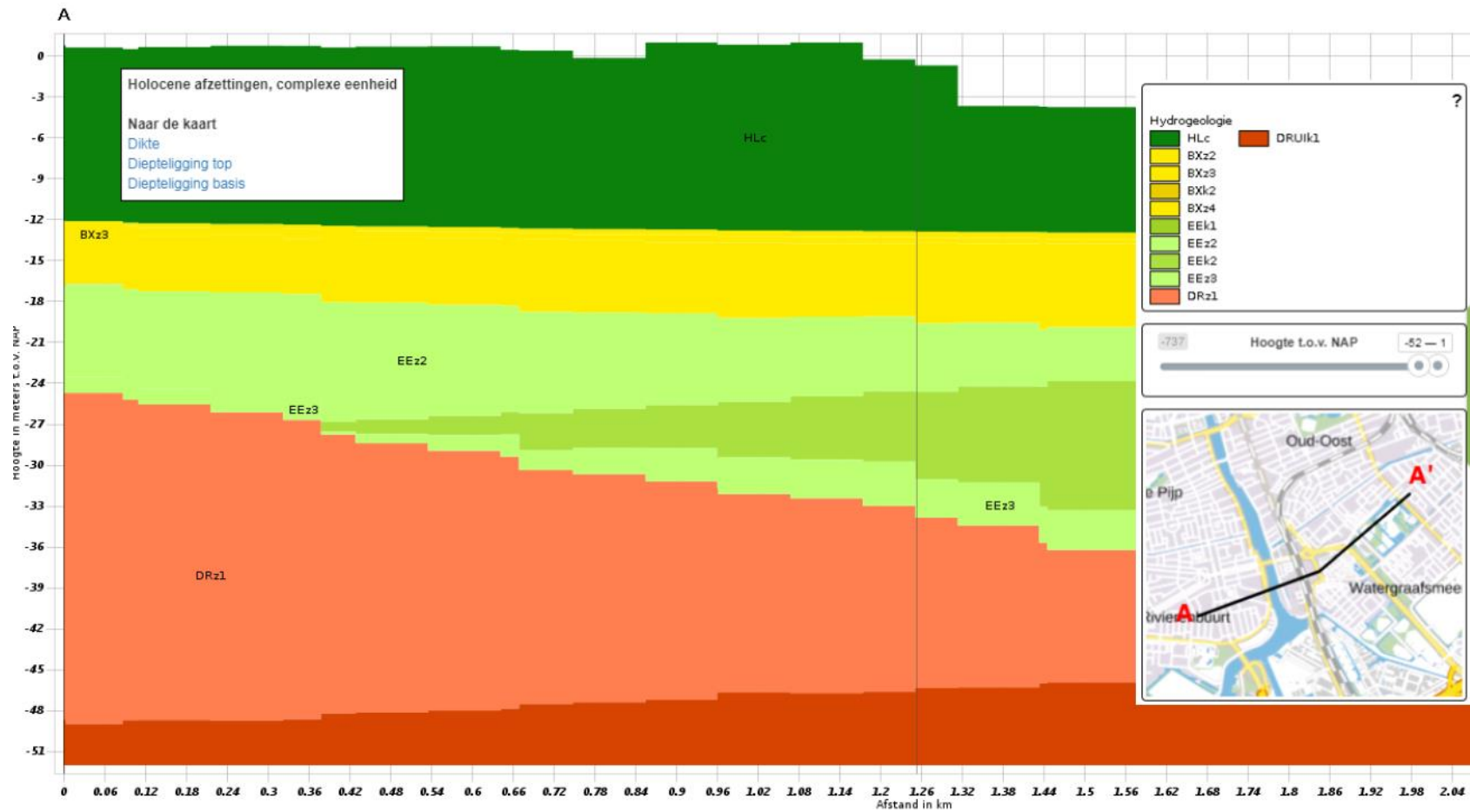
Als laatste onderdeel van de watervergunning wordt door CRUX ook een melding BLBI gedaan ten behoeve van het lozen van grondwater.

### 5.4 Aanbevelingen


Aanbevolen wordt dat de opdrachtgever/projectbureau rekening houdt met de volgende punten:

- Het toetsen van de haalbaarheid van een retourbemaling vanuit uitvoeringstechnisch oogpunt met de detailvraag of een retourveld gerealiseerd kan worden in het binnenstedelijk gebied op de voorgestelde locatie. Geadviseerd wordt om een bemalende partij bij het ontwerp te betrekken.
- Het opstellen van een monitoringsplan voor grondwaterverlagingen nadat de locaties voor peilbuizen bekend zijn, hier dient tevens de monitoring van de verontreinigingslocatie Omval 1-22 beschouwd te worden. Op verzoek kunnen we dit monitoringsplan opstellen.
- De projectlocatie bevindt zich op een archeologische vindplaats, “bodem van de Watergraafsmeer”. Hier wordt maximaal 10mm aan maaiveld zettingen verwacht en een freatische grondwaterstandsverlaging van 0,75m tot 1,0m. Aangeraden wordt om de grondwaterstanddaling in relatie tot de archeologie “Bodem van de Watergraafsmeer” te overleggen met Gemeente Amsterdam.







Sheet	Toets opdrijven		<div>CRUX</div> <div></div>	
Project	MRP Torens Amstelveen			
Projectnummer	18306	Opmerking:		
Fase / onderdeel				
Datum	3-10-2019		versie	v030
Opsteller			versiedatum	15-5-2019

P:\181xx\18306 MRP torens Amstelstation\04 REK\Excel\RA18306e\QSH18306 Opdrijven v030\_ban.xlsb\Wadzand -6,5

## Invoergegevens

Ontgravingsniveau	-6,5	m tov NAP
Waterpeil in ontgraving (lage waarde)	-6,5	m tov NAP
Stijghoogte in w.v.p.	-6,36	m tov NAP
Waterspanning tegen onderkant laag	3. Klei, slap	
Evenwichtsniveau	-7,0	m tov NAP
Belastingfactor $\gamma_{G,slb}$	0,9	-

Zandlaagje op bodem

- ☐ Taludinvloed in rekening brengen  
☐ Wrijving in rekening brengen

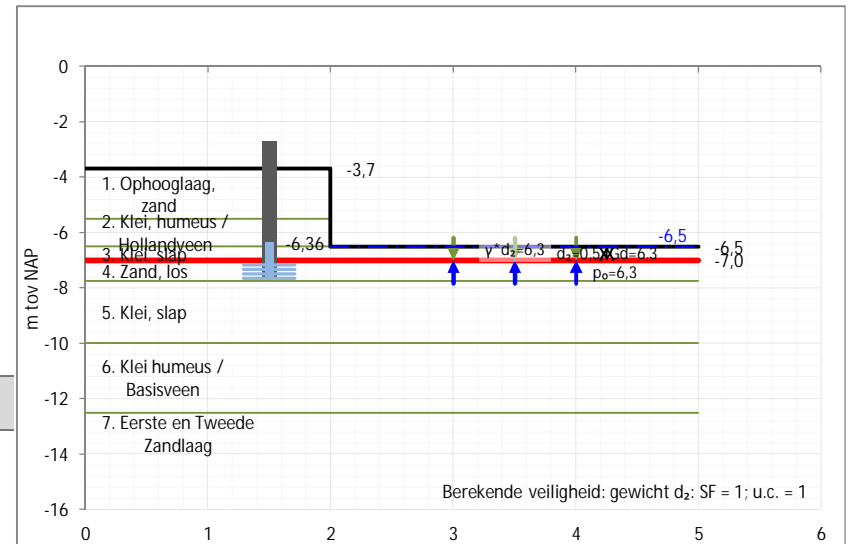
Stijghoogte waarbij  $SF=1$  : -6,36 m tov NAP  
 Benodigde verlaging: 0,00 m

Berekende veiligheid: gewicht  $d_z$ 


Druk omlaag	6,3	kN/m <sup>2</sup>
Druk omhoog	6,3	kN/m <sup>2</sup>
Veiligheidsfactor	SF	1,0
Unity check	u.c.	1,0
Veiligheid tegen opdrijven:	Voldoet	

Berekening gewicht grond onder ontgraving (in  $d_z$ )

laag	b.k.laag m tov NAP	o.k.laag m tov NAP	$\gamma_k$ kN/m <sup>3</sup>	dikte m	$G_k$ kN/m <sup>2</sup>	neerwaarts $G_{d,i}$ kN/m <sup>2</sup>	opwaarts waterdruk kN/m <sup>2</sup>
3 Klei, slap	-6,5	-7,0	14,0	0,5	7,0	6,3	
					0,5	7,0	totaal: 6,3
							6,3





Sheet	Toets opdrijven		<div>CRUX</div> <div></div>	
Project	MRP Torens Amstelveen			
Projectnummer	18306	Opmerking:		
Fase / onderdeel				
Datum	3-10-2019		versie	v030
Opsteller			versiedatum	15-5-2019

P:\181xx\18306 MRP torens Amstelstation\04 REK\Excel\RA18306e\QSH18306 Opdrijven v030\_ban.xls[Eerste zandlaag -6,5

## Invoergegevens

Ontgravingsniveau	-6,5	m tov NAP
Waterpeil in ontgraving (lage waarde)	-6,5	m tov NAP
Stijghoogte in w.v.p.	-4,92	m tov NAP
Waterspanning tegen onderkant laag 6. Klei humeus / Basisveen		
Evenwichtsniveau	-12,5	m tov NAP
Belastingfactor $\gamma_{G,slb}$	0,9	-

Zandlaagje op bodem m

- ☐ Taludinvloed in rekening brengen  
☐ Wrijving in rekening brengen

Stijghoogte waarbij  $SF=1$  : -4,91 m tov NAP  
 Benodigde verlaging: 0,00 m

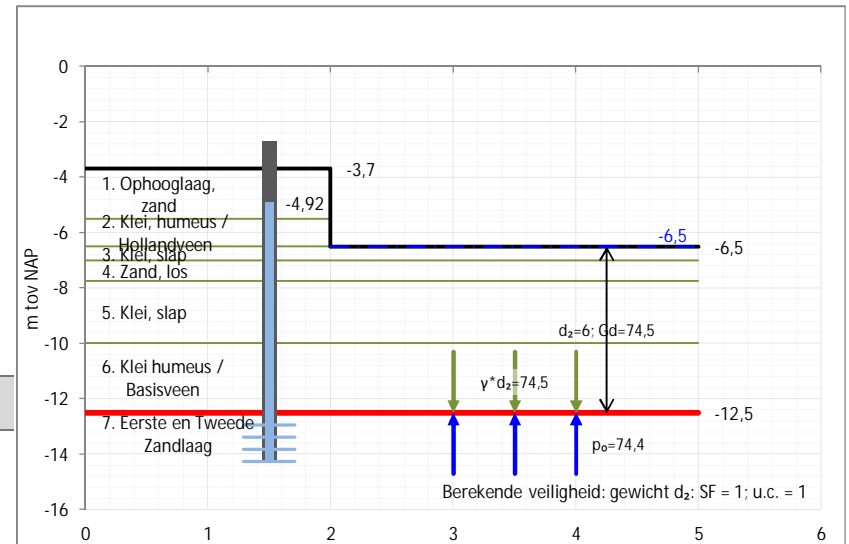
Berekende veiligheid: gewicht  $d_z$ 

Druk omlaag	74,5	kN/m <sup>2</sup>
Druk omhoog	74,4	kN/m <sup>2</sup>

Veiligheidsfactor	SF	1,0	-/-
Unity check	u.c.	1,0	-/-
Veiligheid tegen opdrijven:	Voldoet		

Berekening gewicht grond onder ontgraving (in  $d_z$ )

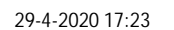
laag	b.k.laag m tov NAP	o.k.laag m tov NAP	$\gamma_k$ kN/m <sup>3</sup>	dikte m	$G_k$ kN/m <sup>2</sup>	neerwaarts $G_{d,i}$ kN/m <sup>2</sup>	opwaarts waterdruk kN/m <sup>2</sup>
3 Klei, slap	-6,5	-7,0	14,0	0,5	7,0	6,3	
4 Zand, los	-7,0	-7,75	19,0	0,75	14,25	12,83	
5 Klei, slap	-7,75	-10,0	14,0	2,25	31,5	28,35	
6 Klei humeus / Basisveen	-10,0	-12,5	12,0	2,5	30,0	27,0	
						totaal:	74,4
						6,0	82,8

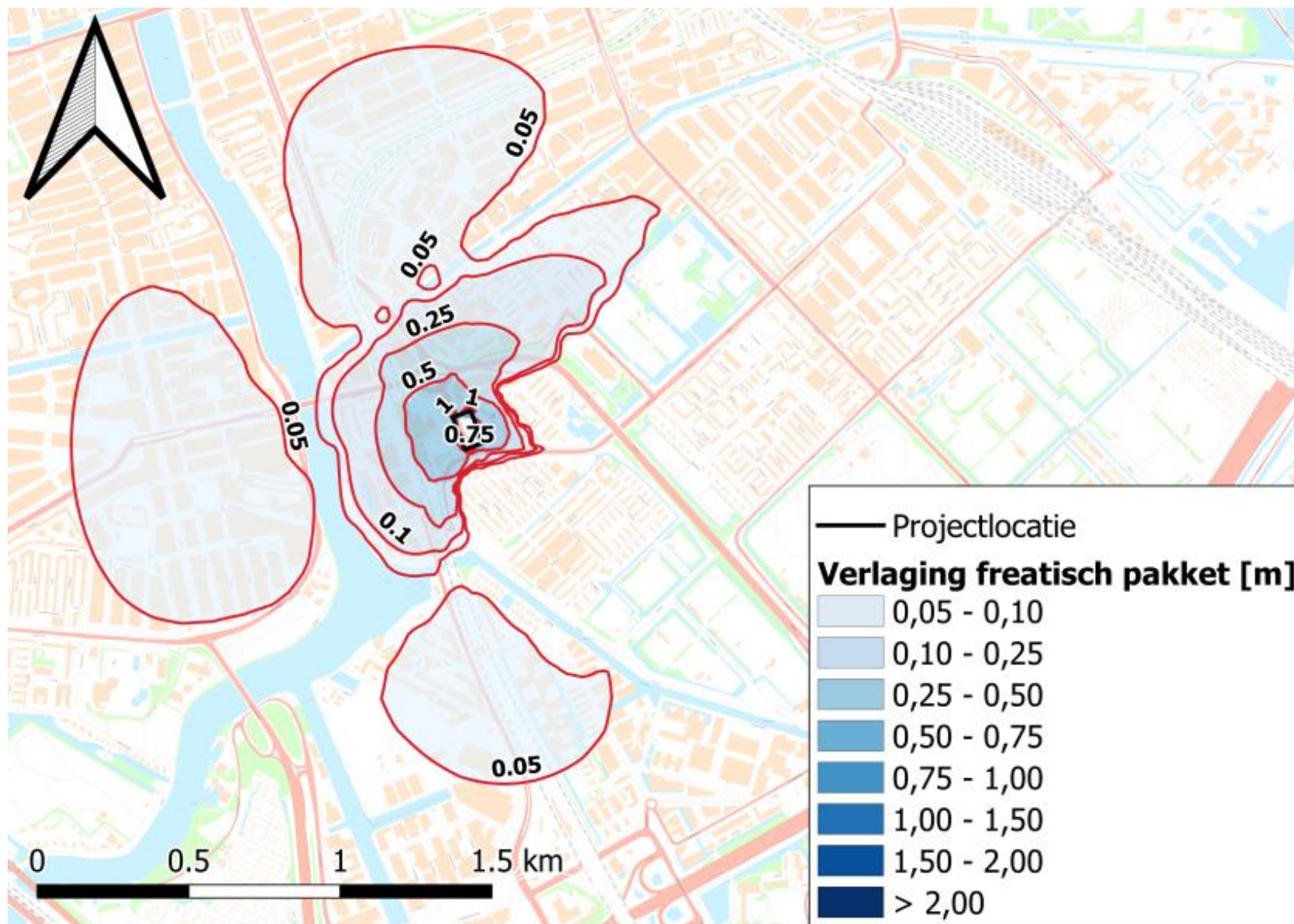


P:\181xx\18306 MRP torens Amstelstation\04 REK\Excel\RA18306b1 bemalingsadvies\[QSH18306 Opdrijven retourbemaling 20200324.xlsb]retourveld\_watgang

Stijghoogte waarbij SF=1 : -3,32 m tov NAP  
Benodigde verlaging: 0,25 m

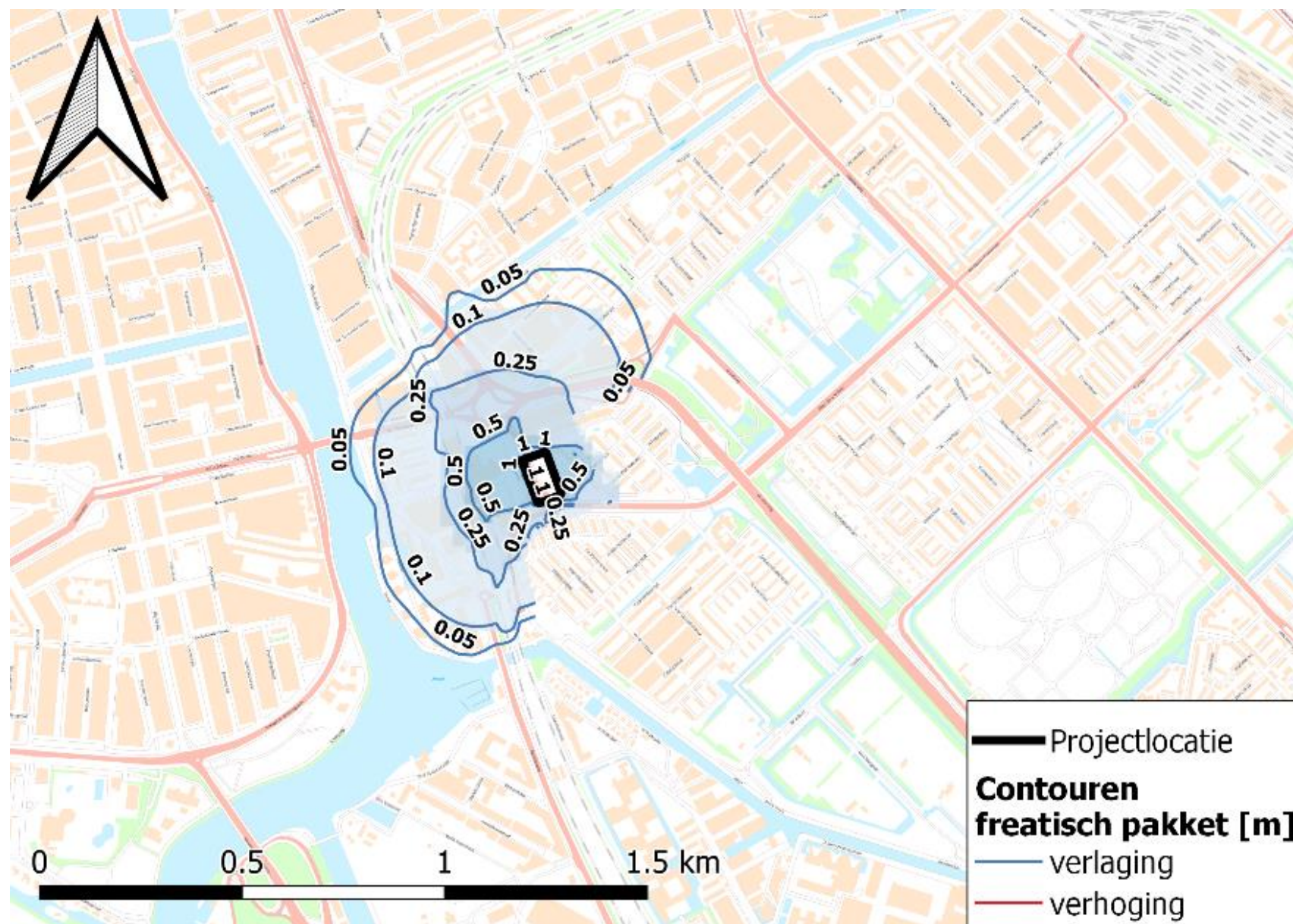
veiligheidsfactor (uit alleen  $\gamma^* d_2$ ):  $88,1 / 90,5 = 0,97$





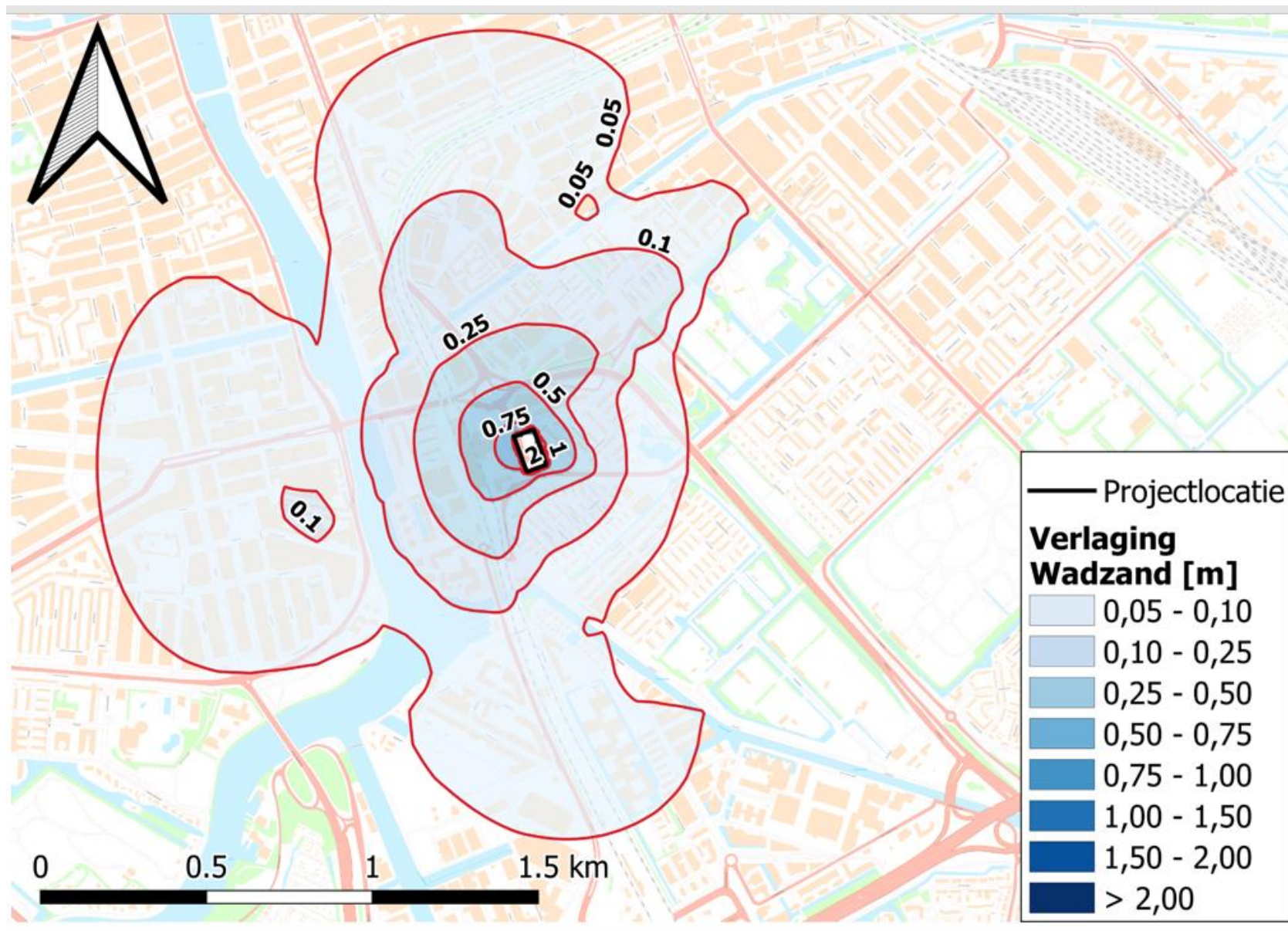
Figuur 3: Effect bemaling in freatisch pakket zonder retourbemaling tijdens een GHG-situatie.





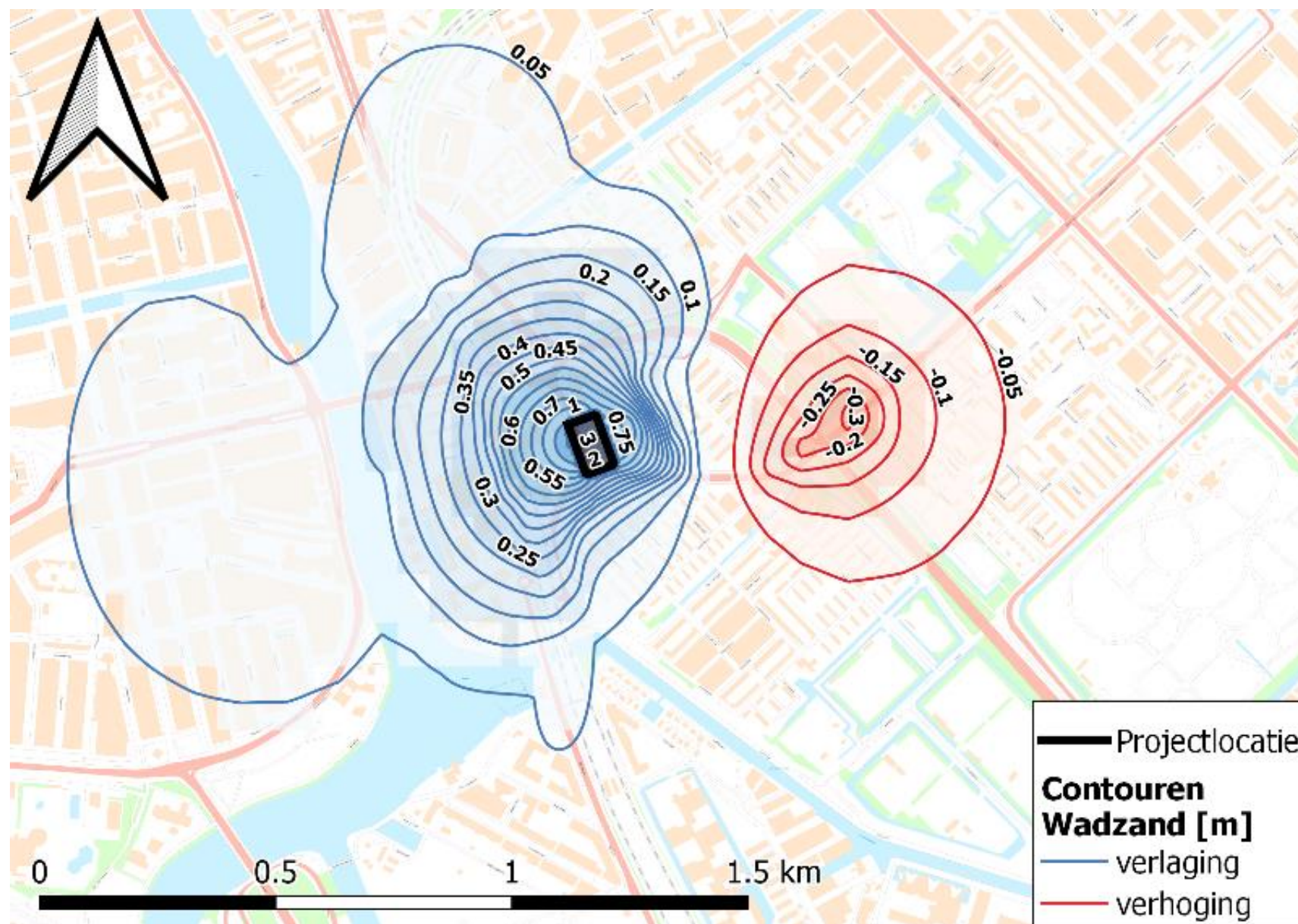
Figuur4: Effect bemaling in freatisch pakket met retourbemaling tijdens een GHG-situatie.





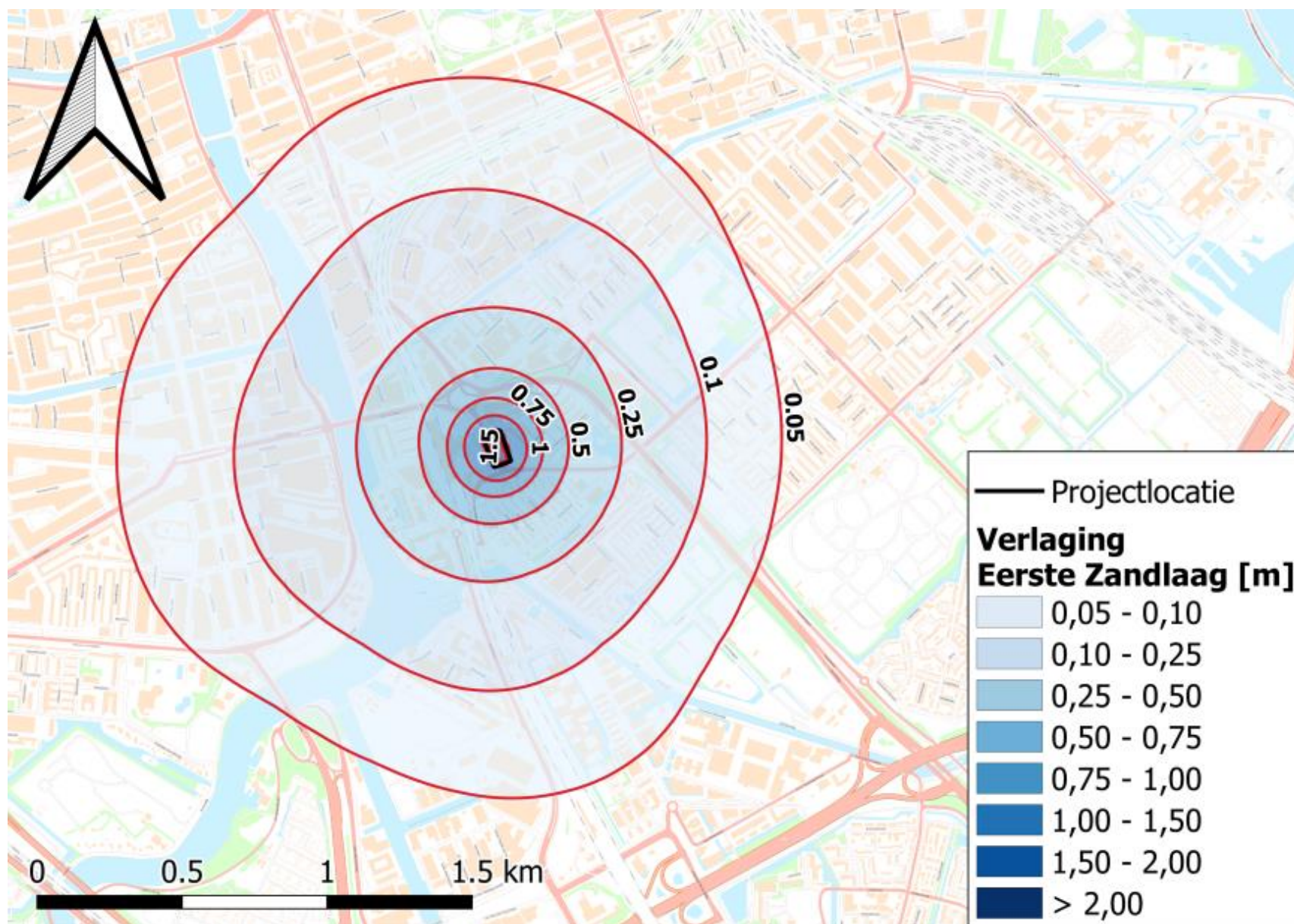
Figuur 5 Effect bemaling in de Wadzand, zonder retourbemaling tijdens een GHG-situatie.





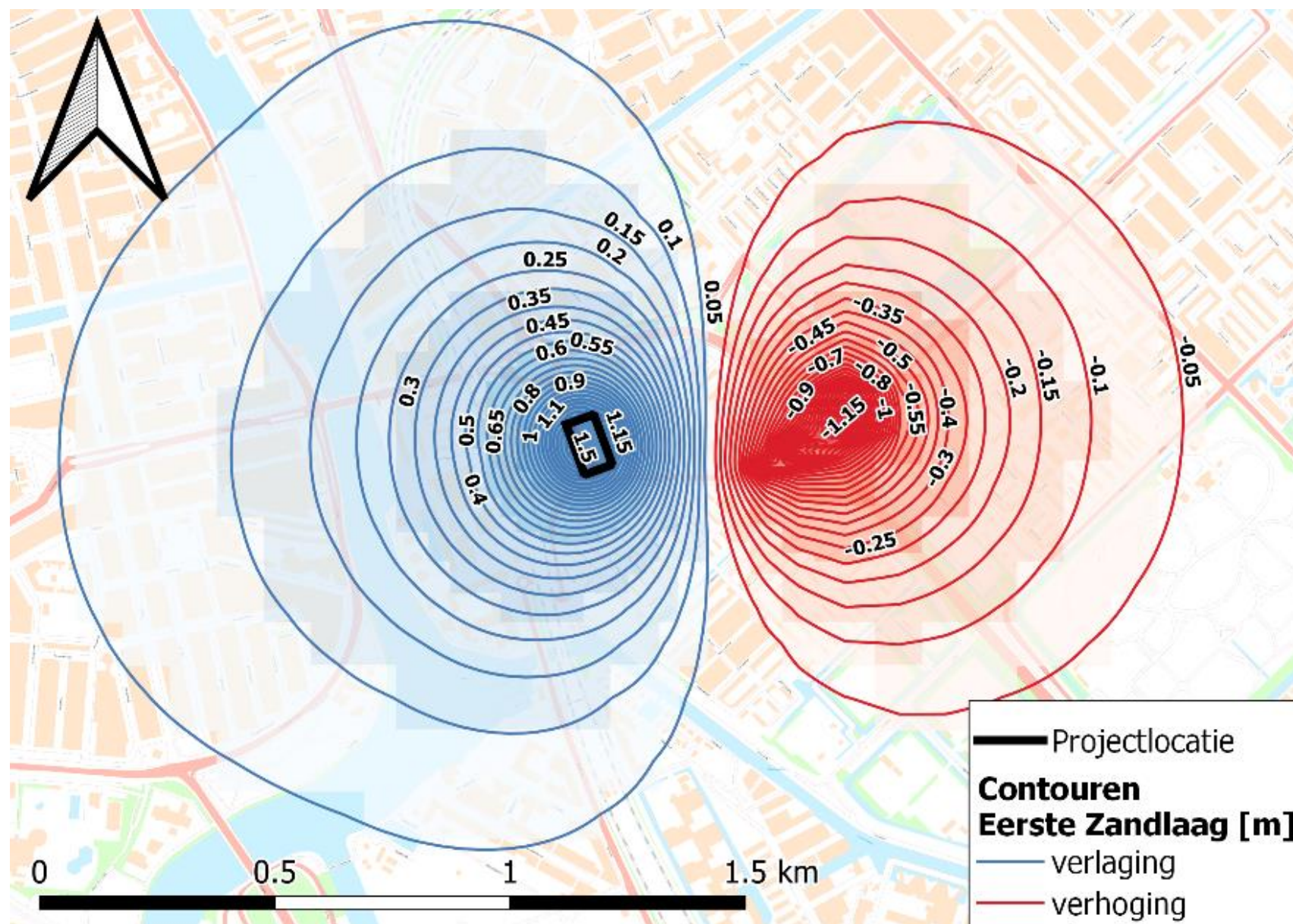
Figuur 6 Effect bemaling in het Wadzand met retourbemaling. De verhogingen zijn afkomstig van de retourbronnen in de Eerste Zandlaag. Dit betreffen contourlijnen voor een GHG-situatie.





Figuur 7: Effect bemaling in Eerste Zandlaag zonder retourbemaling.





Figuur 8: Effect bemaling in Eerste Zandlaag met retourbemaling.

1. Bepaling Koppejan parameters obv correlatie												
Laag	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$C_p / C'_p$ [-]	na grensspanning obv correlatie					voor grensspanning obv opgegeven verhouding				
			$C'_p$ [-]	$C'_s$ [-]	$C'$ [-]	primair [%]	secundair [%]	$C_p$ [-]	$C_s$ [-]	$C$ [-]	primair [%]	secundair [%]
zand	17/19	3,0	600,0	~	-	-	-	1800,0	~	-	-	-
klei humeus	13,9	4,0	14,6	89,6	8,9	60	40	58,6	216,7	28,1	48	52
klei zandig	17,8	4,0	36,5	342,7	25,6	70	30	145,8	671,4	78,0	54	46
hollandveen	10,5	5,0	6,6	30,0	3,5	53	47	33,0	101,0	14,3	43	57
klei siltig	16,9	4,0	29,5	248,6	20,0	68	32	118,1	517,1	61,7	52	48
basisveen	11,7	4,0	8,7	43,9	4,9	56	44	35,0	114,5	15,7	45	55

Bodemopbouw lage maaiveldligging				Bodemopbouw hoge maaiveldligging			
Layer number	Material name	Depth		Layer number	Material name	Depth	
		From [m]	To [m]			From [m]	To [m]
13	1 toplaag zand	-3,00	-5,00	13	1 toplaag zand	-0,50	-5,00
12	3 klei humeus	-5,00	-5,30	12	3 klei humeus	-5,00	-5,30
11	4 6 8 10 12 klei siltig	-5,30	-5,70	11	4 6 8 10 12 klei siltig	-5,30	-5,70
10	5 9 11 hollandveen	-5,70	-6,30	10	5 9 11 hollandveen	-5,70	-6,30
9	4 6 8 10 12 klei siltig	-6,30	-7,30	9	4 6 8 10 12 klei siltig	-6,30	-7,30
8	7 klei zandig	-7,30	-7,80	8	7 klei zandig	-7,30	-7,80
7	4 6 8 10 12 klei siltig	-7,80	-10,00	7	4 6 8 10 12 klei siltig	-7,80	-10,00
6	13 basisveen	-10,00	-10,30	6	13 basisveen	-10,00	-10,30
5	4 6 8 10 12 klei siltig	-10,30	-10,60	5	4 6 8 10 12 klei siltig	-10,30	-10,60
4	13 basisveen	-10,60	-10,90	4	13 basisveen	-10,60	-10,90
3	4 6 8 10 12 klei siltig	-10,90	-11,70	3	4 6 8 10 12 klei siltig	-10,90	-11,70
2	13 basisveen	-11,70	-12,10	2	13 basisveen	-11,70	-12,10
1	14 zand	-12,10	-15,00	1	14 zand	-12,10	-21,00
Total				Total			





Report for D-Settlement 19.1

Settlement Calculations  
Developed by Deltares

Company:

CRUX Engineering B.V.

Date of report:

30-10-2019

Time of report:

14:57:56

Report with version:

19.1.1.23743

Date of calculation:

30-10-2019

Time of calculation:

11:35:40

Calculated with version:

19.1.1.23743

File name:

P:\..\GEO\Zet\zetting tgv bemaling\18306 - Zetting bemaling - laag mv

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Echo of the Input	3
2.1 Layer Boundaries	3
2.2 PI-lines	3
2.3 General Data	3
2.4 Soil Profiles	4
2.5 Soil Properties	4
2.6 Water Loads	5
2.6.1 Water Load: STIJGH VERL	5
2.7 Verticals	5
3 Results per Vertical	6
3.1 Results for Vertical 1 (X = -45,00 m; Z = 0,00 m)	6
4 Settlements	8
4.1 Settlements	8
4.2 Residual Times	8
5 Warnings and errors	9

## 2 Echo of the Input

### 2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]			
13 - X -	-50,000	100,000		
13 - Y -	-3,000	-3,000		
12 - X -	-50,000	100,000		
12 - Y -	-5,000	-5,000		
11 - X -	-50,000	100,000		
11 - Y -	-5,300	-5,300		
10 - X -	-50,000	100,000		
10 - Y -	-5,700	-5,700		
9 - X -	-50,000	100,000		
9 - Y -	-6,300	-6,300		
8 - X -	-50,000	100,000		
8 - Y -	-7,300	-7,300		
7 - X -	-50,000	100,000		
7 - Y -	-7,800	-7,800		
6 - X -	-50,000	100,000		
6 - Y -	-10,000	-10,000		
5 - X -	-50,000	100,000		
5 - Y -	-10,300	-10,300		
4 - X -	-50,000	100,000		
4 - Y -	-10,600	-10,600		
3 - X -	-50,000	100,000		
3 - Y -	-10,900	-10,900		
2 - X -	-50,000	100,000		
2 - Y -	-11,700	-11,700		
1 - X -	-50,000	100,000		
1 - Y -	-12,100	-12,100		
0 - X -	-50,000	100,000		
0 - Y -	-21,000	-21,000		

### 2.2 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]			
1 - X -	-50,000	100,000		
1 - Y -	-3,500	-3,200		
2 - X -	-50,000	-40,011	-40,010	-30,014
2 - Y -	-4,500	-4,500	-4,250	-4,000
2 - X -	-20,000	-20,000	-10,000	-10,000
2 - Y -	-4,000	-3,750	-3,750	-3,600
2 - X -	100,000			
2 - Y -	-3,628			
3 - X -	-50,000	100,000		
3 - Y -	-4,900	-4,900		

### 2.3 General Data

Soil model: Koppejan  
Consolidation model: Terzaghi  
Strain model: Natural  
Groundwater level: Initial determined by PI-line number 3  
Unit weight of water: 9,81 [kN/m<sup>3</sup>]  
Dispersion conditions layer boundaries  
- Top: drained  
- Bottom: drained  
Stress distribution  
- Soil: Buisman  
- Loads: None  
End of consolidation: 10000,00 [days]  
No maintain profile

Pc (initial): Variable parallel to the initial effective stress  
Pc (per step): Automatic increased to the final effective stresses  
No imaginary surface  
With submerging  
(only for non uniform loads)  
- Iteration stop criterium : 0,10 [m]  
Load column width  
- Non-Uniform Loads : 1,00 [m]  
- Trapeziform Loads : 1,00 [m]

### 2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PI-line top	PI-line bottom
13	1 top laag zand	3	3
12	3 klei humeus	3	3
11	4 6 8 10 12 klei siltig	3	3
10	5 9 11 hollandveen	3	3
9	4 6 8 10 12 klei siltig	3	3
8	7 klei zandig	3	3
7	4 6 8 10 12 klei siltig	3	3
6	13 basisveen	3	3
5	4 6 8 10 12 klei siltig	3	99
4	13 basisveen	99	99
3	4 6 8 10 12 klei siltig	99	99
2	13 basisveen	99	1
1	14 zand	1	1

### 2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m <sup>3</sup> ]	Saturated [kN/m <sup>3</sup> ]
13	Yes	17,00	19,00
12	No	13,90	13,90
11	No	16,90	16,90
10	No	10,50	10,50
9	No	16,90	16,90
8	No	17,80	17,80
7	No	16,90	16,90
6	No	11,70	11,70
5	No	16,90	16,90
4	No	11,70	11,70
3	No	16,90	16,90
2	No	11,70	11,70
1	Yes	18,00	20,00

Layer number	Vert. consolid. coefficient Cv [m <sup>2</sup> /s]
13	-
12	1,00E-08
11	1,00E-08
10	5,00E-08
9	1,00E-08
8	1,00E-04
7	1,00E-08
6	2,00E-08
5	1,00E-08
4	2,00E-08
3	1,00E-08
2	2,00E-08
1	-

Layer number	Precons. pressure [kN/m²]	POP [kN/m²]	OCR [-]
13	-	-	1,00
12	-	10,00	-
11	-	10,00	-
10	-	10,00	-
9	-	10,00	-
8	-	10,00	-
7	-	10,00	-
6	-	10,00	-
5	-	10,00	-
4	-	10,00	-
3	-	10,00	-
2	-	10,00	-
1	-	10,00	-

Layer number	Primary compr. coeff.		Secular compr. coeff.		Swell constants	
	Cp [-]	Cp' [-]	Cs [-]	Cs' [-]	Ap [-]	As [-]
13	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	1,00E+00	1,00E+00
12	5,86E+01	1,46E+01	2,17E+02	8,96E+01	5,86E+01	8,96E+01
11	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
10	3,30E+01	6,60E+00	1,01E+02	3,00E+01	1,00E+00	1,00E+00
9	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
8	1,46E+02	3,65E+01	6,71E+02	3,43E+02	1,00E+00	1,00E+00
7	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
6	3,50E+01	8,70E+00	1,15E+02	4,39E+01	1,00E+00	1,00E+00
5	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
4	3,50E+01	8,70E+00	1,15E+02	4,39E+01	1,00E+00	1,00E+00
3	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
2	3,50E+01	8,70E+00	1,15E+02	4,39E+01	1,00E+00	1,00E+00
1	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+99	1,00E+99	1,00E+00	1,00E+00

## 2.6 Water Loads

### 2.6.1 Water Load: STIJGH VERL

Phreatic line 3  
Time [days] 0

Layer number	PI-line top	PI-line bottom
13	3	3
12	3	3
11	3	3
10	3	3
9	3	3
8	3	3
7	3	3
6	3	3
5	3	99
4	99	99
3	99	99
2	99	2
1	2	2

## 2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 5	-45,000	-35,000	-25,000	-15,000	-5,000

## 3 Results per Vertical

### 3.1 Results for Vertical 1 (X = -45,00 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]
Layer 13						
-3,00	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001
-3,10	1,700	0,000	1,700	1,700	0,000	1,700
-3,20	3,400	0,000	3,400	3,400	0,000	3,400
-3,30	5,100	0,000	5,100	5,100	0,000	5,100
-3,40	6,800	0,000	6,800	6,800	0,000	6,800
-3,49	8,330	0,000	8,330	8,330	0,000	8,330
-3,50	8,500	0,000	8,500	8,500	0,000	8,500
-3,60	10,200	0,000	10,200	10,200	0,000	10,200
-3,70	11,900	0,000	11,900	11,900	0,000	11,900
-3,80	13,600	0,000	13,600	13,600	0,000	13,600
-3,90	15,300	0,000	15,300	15,300	0,000	15,300
-4,00	17,000	0,000	17,000	17,000	0,000	17,000
-4,50	25,500	0,000	25,500	25,500	0,000	25,500
-4,90	32,300	0,000	32,300	32,354	0,054	32,300
-5,00	34,200	0,981	33,219	34,254	1,035	33,219
Layer 12						
-5,00	34,200	0,981	33,219	34,255	1,035	33,219
-5,15	36,285	2,453	33,832	36,339	2,507	33,832
-5,30	38,370	3,924	34,446	38,424	3,978	34,446
Layer 11						
-5,30	38,370	3,924	34,446	38,425	3,978	34,446
-5,50	41,750	5,886	35,864	41,804	5,940	35,864
-5,70	45,130	7,848	37,282	45,184	7,902	37,282
Layer 10						
-5,70	45,130	7,848	37,282	45,184	7,902	37,282
-6,00	48,280	10,791	37,489	48,334	10,845	37,489
-6,30	51,430	13,734	37,696	51,484	13,788	37,696
Layer 9						
-6,30	51,430	13,734	37,696	51,485	13,788	37,696
-6,80	59,880	18,639	41,241	59,934	18,693	41,241
-7,30	68,330	23,544	44,786	68,384	23,598	44,786
Layer 8						
-7,30	68,330	23,544	44,786	68,385	23,598	44,786
-7,55	72,780	25,997	46,784	72,834	26,051	46,784
-7,80	77,230	28,449	48,781	77,284	28,503	48,781
Layer 7						
-7,80	77,230	28,449	48,781	77,285	28,503	48,781
-8,40	87,370	34,335	53,035	87,424	34,389	53,035
-8,90	95,820	39,240	56,580	95,874	39,294	56,580
-9,50	105,960	45,126	60,834	106,014	45,180	60,834
-10,00	114,410	50,031	64,379	114,464	50,085	64,379
Layer 6						
-10,00	114,410	50,031	64,379	114,465	50,085	64,379
-10,15	116,165	51,502	64,663	116,219	51,557	64,662
-10,30	117,920	52,974	64,946	117,974	53,028	64,946
Layer 5						
-10,30	117,920	52,974	64,946	117,975	53,029	64,946
-10,45	120,455	55,598	64,857	120,509	54,827	65,683
-10,60	122,990	58,222	64,768	123,044	56,625	66,419
Layer 4						
-10,60	122,990	58,223	64,768	123,044	56,625	66,419
-10,75	124,745	60,847	63,898	124,796	58,420	66,376
-10,90	126,500	63,471	63,029	126,547	60,215	66,332
Layer 3						

Depth [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]
-10,90	126,500	63,471	63,029	126,547	60,215	66,332
-11,30	133,260	70,469	62,791	133,303	65,007	68,296
-11,70	140,020	77,466	62,554	140,057	69,797	70,260
Layer 2						
-11,70	140,020	77,466	62,554	140,057	69,797	70,260
-11,90	142,360	80,965	61,395	142,382	72,180	70,202
-12,10	144,700	84,464	60,236	144,705	74,561	70,144
Layer 1						
-12,10	144,700	84,464	60,236	144,705	74,561	70,144
-12,95	161,700	92,803	68,897	161,704	82,898	78,805
-13,95	181,700	102,613	79,087	181,703	92,708	88,996
-14,95	201,700	112,423	89,277	201,703	102,517	99,185
-15,95	221,700	122,233	99,467	221,702	112,327	109,376
-16,55	233,700	128,119	105,581	233,702	118,212	115,490
-17,40	250,700	136,457	114,243	250,701	126,550	124,151
-18,40	270,700	146,267	124,433	270,701	136,360	134,341
-19,40	290,700	156,077	134,623	290,701	146,170	144,531
-20,40	310,700	165,887	144,813	310,700	155,979	154,721
-21,00	322,700	171,773	150,927	322,700	161,865	160,835

Layer number	Swelling		Settlement b. Sp.		Settlement a. Sp.	
	Primary [m]	Secondary [m]	Primary [m]	Secondary 10 [days] [m]	Primary [m]	Secondary 10 [days] [m]
13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
12	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0003	0,0001	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0006	0,0001	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0015	0,0005	0,0000	0,0000
1	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000
Total	0,0000	0,0000	0,0029	0,0007	0,0000	0,0000

Depth		Layer number	Total settlement (100% cons.)			Percentage of original layer height [%]
From [m]	To [m]		Primary [m]	Secondary 10 [days] [m]	After 10000 [days] [m]	
-3,00	-5,00	13	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-5,00	-5,30	12	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-5,30	-5,70	11	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-5,70	-6,30	10	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-6,30	-7,30	9	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-7,30	-7,80	8	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-7,80	-10,00	7	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-10,00	-10,30	6	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-10,30	-10,60	5	0,0000	0,0000	0,0001	0,02
-10,60	-10,90	4	0,0003	0,0001	0,0007	0,23
-10,90	-11,70	3	0,0006	0,0001	0,0010	0,13
-11,70	-12,10	2	0,0015	0,0005	0,0033	0,82
-12,10	-21,00	1	0,0005	0,0000	0,0005	0,01
Total			0,0029	0,0007	0,0055	

## 4 Settlements

### 4.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Z co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	-45,00	0,00	-3,00	0,006
2	-35,00	0,00	-3,00	0,004
3	-25,00	0,00	-3,00	0,003
4	-15,00	0,00	-3,00	0,002
5	-5,00	0,00	-3,00	0,001

### 4.2 Residual Times

Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	90	0,002	37,975	0,003
	180	0,002	43,685	0,003
	365	0,003	50,345	0,003
2	90	0,002	37,956	0,003
	180	0,002	43,663	0,002
	365	0,002	50,324	0,002
3	90	0,001	37,935	0,002
	180	0,001	43,643	0,002
	365	0,002	50,305	0,002
4	90	0,001	37,912	0,001
	180	0,001	43,622	0,001
	365	0,001	50,283	0,001
5	90	0,000	37,900	0,001
	180	0,000	43,612	0,001
	365	0,001	50,277	0,001

## 5 Warnings and errors

List of non-fatal warnings and errors generated during calculation.

- 1 D-Settlement will incorporate submerging as a one-off load reduction at time zero, due to the limitations of the Terzaghi model. Use the Darcy model for a gradual weight reduction of soil and loading during submerging
- 2 The Terzaghi model uses one consolidation coefficient for loading/unloading. This can underestimate residual settlements after unloading. Switch to Darcy for, more accurate calculations of the consolidation stage.
- 3 The use of 'Submerging' option in combination with 'Water Loads' is strongly discouraged. The Submerging option makes changes in the stress distribution in layers due to diminishing layer thickness and water level relative to layer boundaries. When 'Submerging' is selected in combination with 'Water Loads', the original phreatic line will be maintained and effective stresses can be calculated in the wrong way. For more information, the user manual can be consulted.
- 4 If multiple layers, that are designated as 'drained' in the 'Materials' window, are used in the subsurface schematisation, the (effective) stresses in these layers are immediately adapted to the water pressure in the layer to which the Water Loads are applied if that layer is also designated as a drained layer. For more information, the user manual can be consulted.

## End of Report



Report for D-Settlement 19.1

Settlement Calculations  
Developed by Deltares

Company: CRUX Engineering B.V.

Date of report: 30-10-2019  
Time of report: 14:57:16  
Report with version: 19.1.1.23743

Date of calculation: 30-10-2019  
Time of calculation: 11:56:02  
Calculated with version: 19.1.1.23743

File name: P:\.\18306 - Zetting bemaling freatisch - laag mv

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Echo of the Input	3
2.1 Layer Boundaries	3
2.2 PI-lines	3
2.3 General Data	3
2.4 Soil Profiles	4
2.5 Soil Properties	4
2.6 Water Loads	5
2.6.1 Water Load: STIJGH VERL	5
2.7 Verticals	5
3 Results per Vertical	6
3.1 Results for Vertical 1 (X = -45,00 m; Z = 0,00 m)	6
4 Settlements	8
4.1 Settlements	8
4.2 Residual Times	8
5 Warnings and errors	9

## 2 Echo of the Input

### 2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]			
13 - X -	-50,000	100,000		
13 - Y -	-3,000	-3,000		
12 - X -	-50,000	100,000		
12 - Y -	-5,000	-5,000		
11 - X -	-50,000	100,000		
11 - Y -	-5,300	-5,300		
10 - X -	-50,000	100,000		
10 - Y -	-5,700	-5,700		
9 - X -	-50,000	100,000		
9 - Y -	-6,300	-6,300		
8 - X -	-50,000	100,000		
8 - Y -	-7,300	-7,300		
7 - X -	-50,000	100,000		
7 - Y -	-7,800	-7,800		
6 - X -	-50,000	100,000		
6 - Y -	-10,000	-10,000		
5 - X -	-50,000	100,000		
5 - Y -	-10,300	-10,300		
4 - X -	-50,000	100,000		
4 - Y -	-10,600	-10,600		
3 - X -	-50,000	100,000		
3 - Y -	-10,900	-10,900		
2 - X -	-50,000	100,000		
2 - Y -	-11,700	-11,700		
1 - X -	-50,000	100,000		
1 - Y -	-12,100	-12,100		
0 - X -	-50,000	100,000		
0 - Y -	-21,000	-21,000		

### 2.2 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	-50,000	100,000			
1 - Y -	-3,500	-3,200			
2 - X -	-50,000	-40,011	-40,010	-30,014	-30,013
2 - Y -	-5,500	-5,500	-5,400	-5,400	-5,150
2 - X -	-20,000	-20,000	-10,000	-10,000	0,000
2 - Y -	-5,150	-5,000	-5,000	-4,950	-4,950
2 - X -	100,000				
2 - Y -	-3,628				
3 - X -	-50,000	100,000			
3 - Y -	-4,900	-4,900			

### 2.3 General Data

Soil model: Koppejan  
 Consolidation model: Terzaghi  
 Strain model: Natural  
 Groundwater level: Initial determined by PI-line number 3  
 Unit weight of water: 9,81 [kN/m³]  
 Dispersion conditions layer boundaries  
 - Top: drained  
 - Bottom: drained  
 Stress distribution  
 - Soil: Buisman  
 - Loads: None  
 End of consolidation: 10000,00 [days]  
 No maintain profile

Pc (initial): Variable parallel to the initial effective stress  
 Pc (per step): Automatic increased to the final effective stresses  
 No imaginary surface  
 With submerging  
 (only for non uniform loads)  
 - Iteration stop criterium : 0,10 [m]  
 Load column width  
 - Non-Uniform Loads : 1,00 [m]  
 - Trapeziform Loads : 1,00 [m]

### 2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PI-line top	PI-line bottom
13	1 top laag zand	3	3
12	3 klei humeus	3	3
11	4 6 8 10 12 klei siltig	3	3
10	5 9 11 hollandveen	3	3
9	4 6 8 10 12 klei siltig	3	3
8	7 klei zandig	3	3
7	4 6 8 10 12 klei siltig	3	3
6	13 basisveen	3	3
5	4 6 8 10 12 klei siltig	3	99
4	13 basisveen	99	99
3	4 6 8 10 12 klei siltig	99	99
2	13 basisveen	99	1
1	14 zand	1	1

### 2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
13	Yes	17,00	19,00
12	No	13,90	13,90
11	No	16,90	16,90
10	No	10,50	10,50
9	No	16,90	16,90
8	No	17,80	17,80
7	No	16,90	16,90
6	No	11,70	11,70
5	No	16,90	16,90
4	No	11,70	11,70
3	No	16,90	16,90
2	No	11,70	11,70
1	Yes	18,00	20,00

Layer number	Vert. consolid. coefficient Cv [m²/s]
13	-
12	1,00E-08
11	1,00E-08
10	5,00E-08
9	1,00E-08
8	1,00E-04
7	1,00E-08
6	2,00E-08
5	1,00E-08
4	2,00E-08
3	1,00E-08
2	2,00E-08
1	-

Layer number	Precons. pressure [kN/m²]	POP [kN/m²]	OCR [-]
13	-	-	1,00
12	-	-	1,00
11	-	-	1,00
10	-	-	1,00
9	-	-	1,00
8	-	-	1,00
7	-	-	1,00
6	-	-	1,00
5	-	-	1,00
4	-	-	1,00
3	-	-	1,00
2	-	-	1,00
1	-	10,00	-

Layer number	Primary compr. coeff.		Secular compr. coeff.		Swell constants	
	Cp [-]	Cp' [-]	Cs [-]	Cs' [-]	Ap [-]	As [-]
13	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	1,80E+03	1,00E+09
12	5,86E+01	1,46E+01	2,17E+02	8,96E+01	5,86E+01	8,96E+01
11	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
10	3,30E+01	6,60E+00	1,01E+02	3,00E+01	3,30E+01	3,00E+01
9	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
8	1,46E+02	3,65E+01	6,71E+02	3,43E+02	1,46E+02	3,43E+02
7	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
6	3,50E+01	8,70E+00	1,15E+02	4,39E+01	3,50E+01	4,39E+01
5	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
4	3,50E+01	8,70E+00	1,15E+02	4,39E+01	3,50E+01	4,39E+01
3	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
2	3,50E+01	8,70E+00	1,15E+02	4,39E+01	3,50E+01	4,39E+01
1	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	1,80E+03	1,00E+09

## 2.6 Water Loads

### 2.6.1 Water Load: STIJGH VERL

Phreatic line 3  
Time [days] 0

Layer number	PI-line top	PI-line bottom
13	2	2
12	2	2
11	2	99
10	99	99
9	99	3
8	3	3
7	3	3
6	3	3
5	3	99
4	99	99
3	99	99
2	99	1
1	1	1

## 2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 5	-45,000	-35,000	-25,000	-15,000	-5,000

## 3 Results per Vertical

### 3.1 Results for Vertical 1 (X = -45,00 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]
Layer 13						
-3,00	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001
-3,10	1,700	0,000	1,700	1,700	0,000	1,700
-3,20	3,400	0,000	3,400	3,400	0,000	3,400
-3,30	5,100	0,000	5,100	5,100	0,000	5,100
-3,40	6,800	0,000	6,800	6,800	0,000	6,800
-3,49	8,330	0,000	8,330	8,330	0,000	8,330
-3,50	8,500	0,000	8,500	8,500	0,000	8,500
-3,60	10,200	0,000	10,200	10,200	0,000	10,200
-3,70	11,900	0,000	11,900	11,900	0,000	11,900
-3,80	13,600	0,000	13,600	13,600	0,000	13,600
-3,90	15,300	0,000	15,300	15,300	0,000	15,300
-4,00	17,000	0,000	17,000	17,000	0,000	17,000
-4,90	32,300	0,000	32,300	32,516	0,216	32,300
-5,00	34,200	0,981	33,219	34,416	0,216	34,200
Layer 12						
-5,00	34,200	0,981	33,219	34,416	0,216	34,200
-5,15	36,285	2,453	33,832	36,493	0,208	36,285
-5,30	38,370	3,924	34,446	38,564	0,194	38,370
Layer 11						
-5,30	38,370	3,924	34,446	38,564	0,194	38,370
-5,50	41,750	5,886	35,864	41,933	0,771	41,161
-5,70	45,130	7,848	37,282	45,301	3,310	41,991
Layer 10						
-5,70	45,130	7,848	37,282	45,301	3,310	41,991
-6,00	48,280	10,791	37,489	48,365	7,050	41,315
-6,30	51,430	13,734	37,696	51,447	10,808	40,639
Layer 9						
-6,30	51,430	13,734	37,696	51,447	10,808	40,639
-6,80	59,880	18,639	41,241	59,884	17,171	42,713
-7,30	68,330	23,544	44,786	68,330	23,544	44,786
Layer 8						
-7,30	68,330	23,544	44,786	68,330	23,544	44,786
-7,55	72,780	25,997	46,784	72,780	25,997	46,784
-7,80	77,230	28,449	48,781	77,230	28,449	48,781
Layer 7						
-7,80	77,230	28,449	48,781	77,230	28,449	48,781
-8,40	87,370	34,335	53,035	87,370	34,335	53,035
-8,90	95,820	39,240	56,580	95,820	39,240	56,580
-9,50	105,960	45,126	60,834	105,960	45,126	60,834
-10,00	114,410	50,031	64,379	114,410	50,031	64,379
Layer 6						
-10,00	114,410	50,031	64,379	114,410	50,031	64,379
-10,15	116,165	51,502	64,663	116,165	51,502	64,663
-10,30	117,920	52,974	64,946	117,920	52,974	64,946
Layer 5						
-10,30	117,920	52,974	64,946	117,920	52,974	64,946
-10,45	120,455	55,598	64,857	120,455	55,598	64,857
-10,60	122,990	58,222	64,768	122,990	58,222	64,768
Layer 4						
-10,60	122,990	58,222	64,768	122,990	58,222	64,768
-10,75	124,745	60,847	63,898	124,745	60,847	63,898
-10,90	126,500	63,471	63,029	126,500	63,471	63,029
Layer 3						
-10,90	126,500	63,471	63,029	126,500	63,471	63,029

Depth [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]
-11,30	133,260	70,469	62,791	133,260	70,469	62,791
-11,70	140,020	77,466	62,554	140,020	77,466	62,554
Layer 2						
-11,70	140,020	77,466	62,554	140,020	77,466	62,554
-11,90	142,360	80,965	61,395	142,360	80,965	61,395
-12,10	144,700	84,464	60,236	144,700	84,464	60,236
Layer 1						
-12,10	144,700	84,464	60,236	144,700	84,464	60,236
-12,95	161,700	92,803	68,897	161,700	92,803	68,897
-13,95	181,700	102,613	79,087	181,700	102,613	79,087
-14,95	201,700	112,423	89,277	201,700	112,423	89,277
-15,95	221,700	122,233	99,467	221,700	122,233	99,467
-16,55	233,700	128,119	105,581	233,700	128,119	105,581
-17,40	250,700	136,457	114,243	250,700	136,457	114,243
-18,40	270,700	146,267	124,433	270,700	146,267	124,433
-19,40	290,700	156,077	134,623	290,700	156,077	134,623
-20,40	310,700	165,887	144,813	310,700	165,887	144,813
-21,00	322,700	171,773	150,927	322,700	171,773	150,927

Layer number	Swelling		Settlement b. Sp.		Settlement a. Sp.	
	Primary [m]	Secondary [m]	Primary [m]	Secondary 10 [days] [m]	Primary [m]	Secondary 10 [days] [m]
13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
12	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0014	0,0002
11	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0017	0,0002
10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0088	0,0019
9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0001
8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0132	0,0025

Depth		Layer number	Total settlement (100% cons.)			Percentage of original layer height [%]
From [m]	To [m]		Primary [m]	Secondary 10 [days] [m]	After 10000 [days] [m]	
-3,00	-5,00	13	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-5,00	-5,30	12	0,0014	0,0002	0,0022	0,75
-5,30	-5,70	11	0,0017	0,0002	0,0024	0,59
-5,70	-6,30	10	0,0088	0,0019	0,0157	2,62
-6,30	-7,30	9	0,0012	0,0001	0,0017	0,17
-7,30	-7,80	8	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-7,80	-10,00	7	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-10,00	-10,30	6	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-10,30	-10,60	5	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-10,60	-10,90	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-10,90	-11,70	3	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-11,70	-12,10	2	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-12,10	-21,00	1	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
Total			0,0132	0,0025	0,0220	

## 4 Settlements

### 4.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Z co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	-45,00	0,00	-3,00	0,022
2	-35,00	0,00	-3,00	0,019
3	-25,00	0,00	-3,00	0,011
4	-15,00	0,00	-3,00	0,004
5	-5,00	0,00	-3,00	0,002

### 4.2 Residual Times

Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	90	0,006	28,610	0,016
	180	0,008	34,589	0,014
	365	0,009	41,797	0,013
2	90	0,005	28,519	0,014
	180	0,007	34,490	0,012
	365	0,008	41,694	0,011
3	90	0,003	28,325	0,008
	180	0,004	34,279	0,007
	365	0,004	41,473	0,006
4	90	0,001	28,253	0,003
	180	0,002	34,196	0,003
	365	0,002	41,383	0,003
5	90	0,001	28,253	0,002
	180	0,001	34,192	0,001
	365	0,001	41,375	0,001

## 5 Warnings and errors

List of non-fatal warnings and errors generated during calculation.

- 1 D-Settlement will incorporate submerging as a one-off load reduction at time zero, due to the limitations of the Terzaghi model. Use the Darcy model for a gradual weight reduction of soil and loading during submerging
- 2 The Terzaghi model uses one consolidation coefficient for loading/unloading. This can underestimate residual settlements after unloading. Switch to Darcy for, more accurate calculations of the consolidation stage.
- 3 The use of 'Submerging' option in combination with 'Water Loads' is strongly discouraged. The Submerging option makes changes in the stress distribution in layers due to diminishing layer thickness and water level relative to layer boundaries. When 'Submerging' is selected in combination with 'Water Loads', the original phreatic line will be maintained and effective stresses can be calculated in the wrong way. For more information, the user manual can be consulted.
- 4 If multiple layers, that are designated as 'drained' in the 'Materials' window, are used in the subsurface schematisation, the (effective) stresses in these layers are immediately adapted to the water pressure in the layer to which the Water Loads are applied if that layer is also designated as a drained layer. For more information, the user manual can be consulted.

## End of Report



Report for D-Settlement 19.1

Settlement Calculations  
Developed by Deltares

Company:

CRUX Engineering B.V.

Date of report:

30-10-2019

Time of report:

14:55:40

Report with version:

19.1.1.23743

Date of calculation:

30-10-2019

Time of calculation:

14:53:46

Calculated with version:

19.1.1.23743

File name:

P:\...\18306 - Zetting bemaling freatisch - hoog mv

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Echo of the Input	3
2.1 Layer Boundaries	3
2.2 PI-lines	3
2.3 General Data	3
2.4 Soil Profiles	4
2.5 Soil Properties	4
2.6 Water Loads	5
2.6.1 Water Load: STIJGH VERL	5
2.7 Verticals	5
3 Results per Vertical	6
3.1 Results for Vertical 1 (X = -45,00 m; Z = 0,00 m)	6
4 Settlements	8
4.1 Settlements	8
4.2 Residual Times	8
5 Warnings and errors	9

## 2 Echo of the Input

### 2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]			
13 - X -	-50,000	100,000		
13 - Y -	-0,500	-0,500		
12 - X -	-50,000	100,000		
12 - Y -	-5,000	-5,000		
11 - X -	-50,000	100,000		
11 - Y -	-5,300	-5,300		
10 - X -	-50,000	100,000		
10 - Y -	-5,700	-5,700		
9 - X -	-50,000	100,000		
9 - Y -	-6,300	-6,300		
8 - X -	-50,000	100,000		
8 - Y -	-7,300	-7,300		
7 - X -	-50,000	100,000		
7 - Y -	-7,800	-7,800		
6 - X -	-50,000	100,000		
6 - Y -	-10,000	-10,000		
5 - X -	-50,000	100,000		
5 - Y -	-10,300	-10,300		
4 - X -	-50,000	100,000		
4 - Y -	-10,600	-10,600		
3 - X -	-50,000	100,000		
3 - Y -	-10,900	-10,900		
2 - X -	-50,000	100,000		
2 - Y -	-11,700	-11,700		
1 - X -	-50,000	100,000		
1 - Y -	-12,100	-12,100		
0 - X -	-50,000	100,000		
0 - Y -	-21,000	-21,000		

### 2.2 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]			
1 - X -	-50,000	100,000		
1 - Y -	-2,400	-2,400		
2 - X -	-50,000	-40,011	-40,010	-30,014
2 - Y -	-3,600	-3,600	-3,500	-3,500
2 - X -	-20,000	-20,000	-10,000	-10,000
2 - Y -	-3,250	-3,100	-3,100	-3,050
2 - X -	100,000			
2 - Y -	-3,628			
3 - X -	-50,000	100,000		
3 - Y -	-3,000	-3,000		

### 2.3 General Data

Soil model: Koppejan  
Consolidation model: Terzaghi  
Strain model: Natural  
Groundwater level: Initial determined by PI-line number 3  
Unit weight of water: 9,81 [kN/m³]  
Dispersion conditions layer boundaries  
- Top: drained  
- Bottom: drained  
Stress distribution  
- Soil: Buisman  
- Loads: None  
End of consolidation: 10000,00 [days]  
No maintain profile

Pc (initial): Variable parallel to the initial effective stress  
Pc (per step): Automatic increased to the final effective stresses  
No imaginary surface  
With submerging  
(only for non uniform loads)  
- Iteration stop criterium : 0,10 [m]  
Load column width  
- Non-Uniform Loads : 1,00 [m]  
- Trapeziform Loads : 1,00 [m]

### 2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PI-line top	PI-line bottom
13	1 top laag zand	3	3
12	3 klei humeus	3	3
11	4 6 8 10 12 klei siltig	3	3
10	5 9 11 hollandveen	3	3
9	4 6 8 10 12 klei siltig	3	3
8	7 klei zandig	3	3
7	4 6 8 10 12 klei siltig	3	3
6	13 basisveen	3	3
5	4 6 8 10 12 klei siltig	3	99
4	13 basisveen	99	99
3	4 6 8 10 12 klei siltig	99	99
2	13 basisveen	99	1
1	14 zand	1	1

### 2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
13	Yes	17,00	19,00
12	No	13,90	13,90
11	No	16,90	16,90
10	No	10,50	10,50
9	No	16,90	16,90
8	No	17,80	17,80
7	No	16,90	16,90
6	No	11,70	11,70
5	No	16,90	16,90
4	No	11,70	11,70
3	No	16,90	16,90
2	No	11,70	11,70
1	Yes	18,00	20,00

Layer number	Vert. consolid. coefficient Cv [m²/s]
13	-
12	1,00E-08
11	1,00E-08
10	5,00E-08
9	1,00E-08
8	1,00E-04
7	1,00E-08
6	2,00E-08
5	1,00E-08
4	2,00E-08
3	1,00E-08
2	2,00E-08
1	-

Layer number	Precons. pressure [kN/m²]	POP [kN/m²]	OCR [-]
13	-	-	1,00
12	-	-	1,00
11	-	-	1,00
10	-	-	1,00
9	-	-	1,00
8	-	-	1,00
7	-	-	1,00
6	-	-	1,00
5	-	-	1,00
4	-	-	1,00
3	-	-	1,00
2	-	-	1,00
1	-	10,00	-

Layer number	Primary compr. coeff.		Secular compr. coeff.		Swell constants	
	Cp [-]	Cp' [-]	Cs [-]	Cs' [-]	Ap [-]	As [-]
13	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	1,80E+03	1,00E+09
12	5,86E+01	1,46E+01	2,17E+02	8,96E+01	5,86E+01	8,96E+01
11	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
10	3,30E+01	6,60E+00	1,01E+02	3,00E+01	3,30E+01	3,00E+01
9	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
8	1,46E+02	3,65E+01	6,71E+02	3,43E+02	1,46E+02	3,43E+02
7	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
6	3,50E+01	8,70E+00	1,15E+02	4,39E+01	3,50E+01	4,39E+01
5	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
4	3,50E+01	8,70E+00	1,15E+02	4,39E+01	3,50E+01	4,39E+01
3	1,18E+02	2,95E+01	5,17E+02	2,49E+02	1,18E+02	2,49E+02
2	3,50E+01	8,70E+00	1,15E+02	4,39E+01	3,50E+01	4,39E+01
1	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	1,80E+03	1,00E+09

## 2.6 Water Loads

### 2.6.1 Water Load: STIJGH VERL

Phreatic line 3  
Time [days] 0

Layer number	PI-line top	PI-line bottom
13	2	2
12	2	2
11	2	99
10	99	99
9	99	3
8	3	3
7	3	3
6	3	3
5	3	99
4	99	99
3	99	99
2	99	1
1	1	1

## 2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 5	-45,000	-35,000	-25,000	-15,000	-5,000

## 3 Results per Vertical

### 3.1 Results for Vertical 1 (X = -45,00 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]
Layer 13						
-0.50	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001
-0.60	1,700	0,000	1,700	1,700	0,000	1,700
-0.70	3,400	0,000	3,400	3,400	0,000	3,400
-0.80	5,100	0,000	5,100	5,100	0,000	5,100
-0.90	6,800	0,000	6,800	6,800	0,000	6,800
-1.00	8,500	0,000	8,500	8,500	0,000	8,500
-1.10	10,200	0,000	10,200	10,200	0,000	10,200
-1.20	11,900	0,000	11,900	11,900	0,000	11,900
-1.30	13,600	0,000	13,600	13,600	0,000	13,600
-1.40	15,300	0,000	15,300	15,300	0,000	15,300
-1.50	17,000	0,000	17,000	17,000	0,000	17,000
-2.40	32,300	0,000	32,300	32,300	0,000	32,300
-2.75	38,250	0,000	38,250	38,250	0,000	38,250
-3.00	42,500	0,000	42,500	42,648	0,148	42,500
-3.60	53,900	5,886	48,014	54,047	0,147	53,900
-4.30	67,200	12,753	54,447	67,346	7,013	60,333
-5.00	80,500	19,620	60,880	80,645	13,879	66,766
Layer 12						
-5.00	80,500	19,620	60,880	80,645	13,879	66,766
-5.15	82,585	21,091	61,493	82,715	15,336	67,379
-5.30	84,670	22,563	62,107	84,786	16,793	67,993
Layer 11						
-5.30	84,670	22,563	62,107	84,786	16,793	67,993
-5.50	88,050	24,525	63,525	88,158	19,336	68,822
-5.70	91,430	26,487	64,943	91,531	21,879	69,652
Layer 10						
-5.70	91,430	26,487	64,943	91,531	21,879	69,652
-6.00	94,580	29,430	65,150	94,630	25,654	68,976
-6.30	97,730	32,373	65,357	97,740	29,440	68,300
Layer 9						
-6.30	97,730	32,373	65,357	97,740	29,440	68,300
-6.80	106,180	37,278	68,902	106,182	35,809	70,374
-7.30	114,630	42,183	72,447	114,630	42,183	72,447
Layer 8						
-7.30	114,630	42,183	72,447	114,630	42,183	72,447
-7.55	119,080	44,636	74,445	119,080	44,636	74,445
-7.80	123,530	47,088	76,442	123,530	47,088	76,442
Layer 7						
-7.80	123,530	47,088	76,442	123,530	47,088	76,442
-8.40	133,670	52,974	80,696	133,670	52,974	80,696
-8.90	142,120	57,879	84,241	142,120	57,879	84,241
-9.50	152,260	63,765	88,495	152,260	63,765	88,495
-10.00	160,710	68,670	92,040	160,710	68,670	92,040
Layer 6						
-10.00	160,710	68,670	92,040	160,710	68,670	92,040
-10.15	162,465	70,141	92,324	162,465	70,141	92,324
-10.30	164,220	71,613	92,607	164,220	71,613	92,607
Layer 5						
-10.30	164,220	71,613	92,607	164,220	71,613	92,607
-10.45	166,755	73,575	93,180	166,755	73,575	93,180
-10.60	169,290	75,537	93,753	169,290	75,537	93,753
Layer 4						
-10.60	169,290	75,537	93,753	169,290	75,537	93,753
-10.75	171,045	77,499	93,546	171,045	77,499	93,546

Depth [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]	S-total [kN/m²]	S-water [kN/m²]	S-eff. [kN/m²]
-10,90	172,800	79,461	93,339	172,800	79,461	93,339
Layer 3						
-10,90	172,800	79,461	93,339	172,800	79,461	93,339
-11,30	179,560	84,693	94,867	179,560	84,693	94,867
-11,70	186,320	89,925	96,395	186,320	89,925	96,395
Layer 2						
-11,70	186,320	89,925	96,395	186,320	89,925	96,395
-11,90	188,660	92,541	96,119	188,660	92,541	96,119
-12,10	191,000	95,157	95,843	191,000	95,157	95,843
Layer 1						
-12,10	191,000	95,157	95,843	191,000	95,157	95,843
-12,95	208,000	103,496	104,504	208,000	103,496	104,504
-13,95	228,000	113,305	114,695	228,000	113,305	114,695
-14,95	248,000	123,115	124,885	248,000	123,115	124,885
-15,95	268,000	132,926	135,075	268,000	132,926	135,075
-16,55	280,000	138,811	141,189	280,000	138,811	141,189
-18,00	309,000	153,036	155,964	309,000	153,036	155,964
-19,00	329,000	162,846	166,154	329,000	162,846	166,154
-20,00	349,000	172,656	176,344	349,000	172,656	176,344
-21,00	369,000	182,466	186,534	369,000	182,466	186,534

Layer number	Swelling		Settlement b. Sp.		Settlement a. Sp.	
	Primary [m]	Secondary [m]	Primary [m]	Secondary 10 [days] [m]	Primary [m]	Secondary 10 [days] [m]
13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000
12	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0019	0,0003
11	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0001
10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0052	0,0011
9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0001
8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0092	0,0017

Depth		Layer number	Total settlement (100% cons.)			Percentage of original layer height [%]
From [m]	To [m]		Primary [m]	Secondary 10 [days] [m]	After 10000 [days] [m]	
-0,50	-5,00	13	0,0003	0,0000	0,0003	0,01
-5,00	-5,30	12	0,0019	0,0003	0,0029	0,98
-5,30	-5,70	11	0,0011	0,0001	0,0015	0,38
-5,70	-6,30	10	0,0052	0,0011	0,0093	1,55
-6,30	-7,30	9	0,0007	0,0001	0,0010	0,10
-7,30	-7,80	8	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-7,80	-10,00	7	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-10,00	-10,30	6	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-10,30	-10,60	5	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-10,60	-10,90	4	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-10,90	-11,70	3	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-11,70	-12,10	2	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
-12,10	-21,00	1	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
Total			0,0092	0,0017	0,0151	

## 4 Settlements

### 4.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Z co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	-45,00	0,00	-0,50	0,015
2	-35,00	0,00	-0,50	0,013
3	-25,00	0,00	-0,50	0,006
4	-15,00	0,00	-0,50	0,003
5	-5,00	0,00	-0,50	0,001

### 4.2 Residual Times

Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	90	0,004	29,758	0,011
	180	0,005	35,594	0,010
	365	0,006	42,647	0,009
2	90	0,004	29,783	0,009
	180	0,005	35,614	0,008
	365	0,005	42,661	0,007
3	90	0,002	29,854	0,005
	180	0,002	35,669	0,004
	365	0,003	42,699	0,004
4	90	0,001	29,900	0,002
	180	0,001	35,705	0,002
	365	0,001	42,724	0,001
5	90	0,000	29,917	0,001
	180	0,000	35,719	0,001
	365	0,001	42,739	0,001

## 5 Warnings and errors

List of non-fatal warnings and errors generated during calculation.

- 1 D-Settlement will incorporate submerging as a one-off load reduction at time zero, due to the limitations of the Terzaghi model. Use the Darcy model for a gradual weight reduction of soil and loading during submerging
- 2 The Terzaghi model uses one consolidation coefficient for loading/unloading. This can underestimate residual settlements after unloading. Switch to Darcy for, more accurate calculations of the consolidation stage.
- 3 The use of 'Submerging' option in combination with 'Water Loads' is strongly discouraged. The Submerging option makes changes in the stress distribution in layers due to diminishing layer thickness and water level relative to layer boundaries. When 'Submerging' is selected in combination with 'Water Loads', the original phreatic line will be maintained and effective stresses can be calculated in the wrong way. For more information, the user manual can be consulted.
- 4 If multiple layers, that are designated as 'drained' in the 'Materials' window, are used in the subsurface schematisation, the (effective) stresses in these layers are immediately adapted to the water pressure in the layer to which the Water Loads are applied if that layer is also designated as a drained layer. For more information, the user manual can be consulted.

## End of Report



