

## Memo

---

Aan : R. Visser  
Van : C. te Boekhorst  
Verificatie : S. Castellani  
c.c. : R. van Leeuwen, A. Hoogcarspel, R. van den Heijden, A. Spoor  
G. Winters, G. Partiman, S. Wolthuis (Tjaden) en H. de Paep (Tjaden)  
Project : Ombouw Amstelveenlijn (C11021)  
Documentnummer : VITAL-012387 v2.0  
Datum : 4 juni 2018  
Betreft : Verwachte omgevingsbeïnvloeding a.g.v. spanningsbemaling

---

### 1. Inleiding

Bij de verdiepte liggingen Kronenburg, Zonnestein en Sportlaan is gekozen voor een spanningsbemaling om de bouwkuip inclusief waterkelder droog uit te kunnen voeren, en daarnaast om opbarsten van de bouwkuipbodem te voorkomen. De benodigde verlaging in deze bouwkuipen is maximaal 7 m, en lokaal ter plaatse van de waterkelder is ca. 11 m verlaging benodigd.

Bij Kronenburg en Zonnestein wordt de waterkelder 4 weken voorafgaand aan de verdiepte ligging gebouwd. Na de bouw van de waterkelder is de spanningsbemaling nog 6 weken in werking (excl. testfase) voor de ruwbouw van de rest van de verdiepte ligging. Dit vindt plaats tijdens de buitendienststelling in de zomer van 2019 (week 29 t/m 34). In deze periode gaan tramlijn 5 en 51 tijdelijk uit dienst.

Bij Sportlaan wordt de waterkelder gelijktijdig bemalen met de verdiepte ligging, wederom in een periode van maximaal 4 weken om de omgevingseffecten van de diepe onttrekking te minimaliseren. De totale duur van de bemaling bij Sportlaan is 16 weken (excl. testfase). In de testfase wordt gecontroleerd of de bemalingsbronnen op de gewenste diepte zijn geplaatst en of de vooraf ingeschatte richting van de anisotropie correct is geweest.

Om de invloed van de spanningsbemaling op de omgeving te beperken is naast het minimaliseren van de uitvoeringsduur bij de verdiepte liggingen een 100% retourbemaling voorzien. Kronenburg en Zonnestein maken gebruik van hetzelfde retourveld dat tussen twee verdiepte liggingen in is gepositioneerd. Bij Sportlaan ligt de retourbemaling aan de zuidwest zijde bij de sportvelden.

Ondanks deze maatregelen treden er verlagingen op in het freatische grondwater van de ca. 7 m dikke deklaag. Deze deklaag bestaat uit een zandige antropogene top laag van ca. 1 m, daaronder een matig tot sterk zandige kleilaag die lokaal is onderbroken door dunne laagjes wadzand, en de deklaag eindigt met een basisveenlaag van ca. 0,5 m. Daaronder ligt het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket dat bestaat uit zandlagen met een wisselende pakking die lokaal worden onderbroken door kleiige stoorlaagjes.

In de onderhavige memo worden de effecten van de freatische grondwaterstandsverlagingen bij de verdiepte liggingen als gevolg van de spanningsbemaling in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket nader beschouwd. Deze memo dient beschouwd te worden als een aanvulling op het DO Bemalingsadvies, hierin was de omgevingsbeïnvloeding slechts summier beschreven [2]. Voor de beschouwing van de verwachte omgevingsbeïnvloeding zijn de gepresenteerde verlagingen uit dit advies in de deklaag en 1<sup>e</sup> watervoerend pakket (hierna 1<sup>e</sup> wvp genoemd) gehanteerd.

Als gevolg van een verlaging van de freatische grondwater neemt de korrelspanning in de samendrukbare deklaag toe waardoor er zettingen op kunnen treden die in de loop van de tijd voortschrijden. Afhankelijk van de grootte worden de onderstaande risico's geïdentificeerd.

- Schade aan nabijgelegen bebouwing door extra negatieve kleef belasting op de fundering
- Schade aan nabijgelegen bebouwing door droogstand van houten palen
- Hinder voor de bedrijfsvoering van tramlijn 5 en 51 door verzakking van het spoor tijdens de uitvoering van de waterkelders bij Kronenburg en Zonnestein
- Hinder voor het wegverkeer op de verlegde Beneluxbaan door verzakking van het weglichaam
- Schade aan nabijgelegen kabels en leidingen die gevoelig zijn voor (verschil)zettingen

Het gros van de bebouwing rondom de verdiepte liggingen dateert van na 1960, aan de westzijde bij Kronenburg en Zonnestein is enige bebouwing aanwezig dat dateert van na 1945. De verwachting is dat de bebouwing is gefundeerd op betonpalen [1]. Indien een aantal panden toch op houten palen is gefundeerd wordt het risico op schade als laag geclassificeerd, vanwege de beperkte bemalingsduur.

Tenslotte wordt een waardeoordeel gegeven over de invloed van de zettingen op de nabijgelegen panden en infrastructuur. Zijn ze acceptabel of zijn aanvullende maatregelen benodigd om de grootte te beperken.

Ten opzichte van versie 1.0 zijn de locaties en grootte van de retourvelden aangepast. Als gevolg hiervan zijn de verlaginglijnen rondom de bouwkuipen gewijzigd. In deze versie zijn deze aanpassingen meegenomen en het effect hiervan op de omgeving is opnieuw beschouwd.

## 2. Referenties

De gehanteerde referenties zijn hieronder puntsgewijs opgesomd.

- [1] VITAL-010057 Ontwerpbasis Geotechniek v2.0
- [2] VITAL-011775 DO Bemalingsadvies v2.0
- [3] VITAL-011375 DO Geotechnisch Ontwerp Bouwkuip Kronenburg v1.0
- [4] VITAL-011389 DO Geotechnisch Ontwerp Bouwkuip Zonnestein v1.0
- [5] VITAL-011401 DO Geotechnisch Ontwerp Bouwkuip Sportlaan v1.0
- [6] SBR rapport "Leidraad voor het onderzoek naar de invloed van een grondwaterstandsval op de bebouwing", 1998
- [7] GVB "Voorschriften en eisen voor werken langs- en/of in trambanen", d.d. 17 februari 2016

### 3. Uitgangspunten zettingsberekeningen

In de uitgevoerde zettingsberekeningen zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

- Zettingsverloop ten gevolge van de bemaling is berekend met Plaxis 2D versie 2017.
- De verlagingen in de deklaag en 1<sup>e</sup> watervoerend pakket zijn conform het berekeningsresultaat uit DO Bemalingsadvies [2].
- De representatieve grondparameters zijn weergegeven in Tabel 1. Voor meer informatie over de bepaling van de grondparameters wordt verwezen naar de Ontwerpbasis Geotechniek [1].

*Tabel 1 – Gehanteerde representatieve grondparameters*

Omschrijving [-]	$\gamma_{dr} / \gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{2\%}$ [°]	$c'_{2\%}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_{oed;ref}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_{50;ref}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_{ur;ref}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	POP [kN/m <sup>2</sup> ]	$K_v$ [m/s]
Ophoogzand	17 / 19	30	0	15	15	60	10	1,0 E-05
Sterk zandige klei	18 / 18	27	1	2,5	5	15	10	5,0 E-08
Zwak zandige klei	16 / 16	25	3	2	4	12	10	5,0 E-09
Stoorlaag klei/leem	17 / 20	28	1	6	6	18	10	1,0 E-06
Basisveen	11 / 11	22	1	1	2	6	20	2,0 E-09
Zand, matig	18 / 20	34	0	40	40	160	20	2,5 E-05

Waarin:

$\gamma_{dr}$  = volumiek gewicht van de grond bij een natuurlijk watergehalte [kN/m<sup>3</sup>]

$\gamma_{sat}$  = volumiek gewicht van verzadigde grond [kN/m<sup>3</sup>]

$c'$  = effectieve cohesie bij 2% of 5% rek [kN/m<sup>2</sup>]

$\phi'$  = hoek van interne wrijving bij 2% of 5% rek [°]

$E_{oed;ref}$  = oedometer stijfheid bij referentiespanning van 100 kPa [MN/m<sup>2</sup>]

$E_{50;ref}$  = triaxiaal stijfheid bij referentiespanning van 100 kPa [MN/m<sup>2</sup>]

$E_{ur;ref}$  = ontlast-herbelast stijfheid bij referentiespanning van 100 kPa [MN/m<sup>2</sup>]

POP= initiële overconsolidatie [kN/m<sup>2</sup>]

$K_v$ = verticale doorlatendheid [m/s]

- De aangehouden horizontale doorlatendheid is een factor 1,5 hoger dan de verticale doorlatendheid die gepresenteerd in Tabel 1 voor klei- en veenlagen. Voor zandlagen is een factor 10 aangehouden.
- De zettingen zijn in Plaxis gemodelleerd met het Hardening Soil Small Strain model waarbij het tijdsafhankelijke effect is meegenomen middels een consolidatie analyse. Opgemerkt wordt dat de kruipzetting niet meegenomen wordt in dit grondmodel. Gezien de korte bemalingsduur zal de kruipzetting naar verwachting verwaarloosbaar zijn.
- Voor de nulsituatie (i.e. situatie voor bemaling) is uitgegaan van een gemiddelde freatische grondwaterstand en stijghoogte in het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket. Op basis van de beschikbare peilbuisgegevens is bij Kronenburg en Zonnestein uitgegaan van een freatische grondwaterstand van NAP -4,6 m en een stijghoogte van NAP -3,8 m. Bij Sportlaan is uitgegaan van een gemiddelde freatische grondwaterstand van NAP -5,0 m en een stijghoogte van NAP -4,5 m [2].

- De gehanteerde bodemopbouw voor Kronenburg en Zonnestein is weergegeven in Tabel 2A, en voor Sportlaan is de bodemopbouw weergegeven in Tabel 2B.

*Tabel 2A – Bodemopbouw Kronenburg en Zonnestein*

Grondlaag	Nadere classificering	Modellering Drainage Plaxis	B.k. Grondlaag [NAP +m]
Zandige antropogene toplaag (gemodelleerd als ophoogzand)	Deklaag 1	Drained	-4,0 (= mv)
Sterk zandige klei	Deklaag 1	Undrained A	-5,0
Wadzand (gemodelleerd als stoorlaag klei/leem)	Deklaag 1	Undrained A	-7,5
Zwak zandige klei	Deklaag 1	Undrained A	-8,5
Basisveen	Deklaag 2	Undrained A	-10,5
Pleistoceen zand (gemodelleerd als zand, matig)	1 <sup>e</sup> Watervoerend pakket	Drained	-11,0

\* mv = maaiveld

*Tabel 2B – Bodemopbouw Sportlaan*

Grondlaag	Nadere classificering	Modellering Drainage Plaxis	B.k. Grondlaag [NAP +m]
Zandige antropogene toplaag (gemodelleerd als ophoogzand)	Deklaag 1	Drained	-4,3 (= mv)
Sterk zandige klei	Deklaag 1	Undrained A	-5,3
Zwak zandige klei	Deklaag 1	Undrained A	-8,0
Basisveen	Deklaag 2	Undrained A	-10,5
Pleistoceen zand (gemodelleerd als zand, matig)	1 <sup>e</sup> Watervoerend pakket	Drained	-11,0

\* mv = maaiveld

#### 4. Beschouwde doorsneden

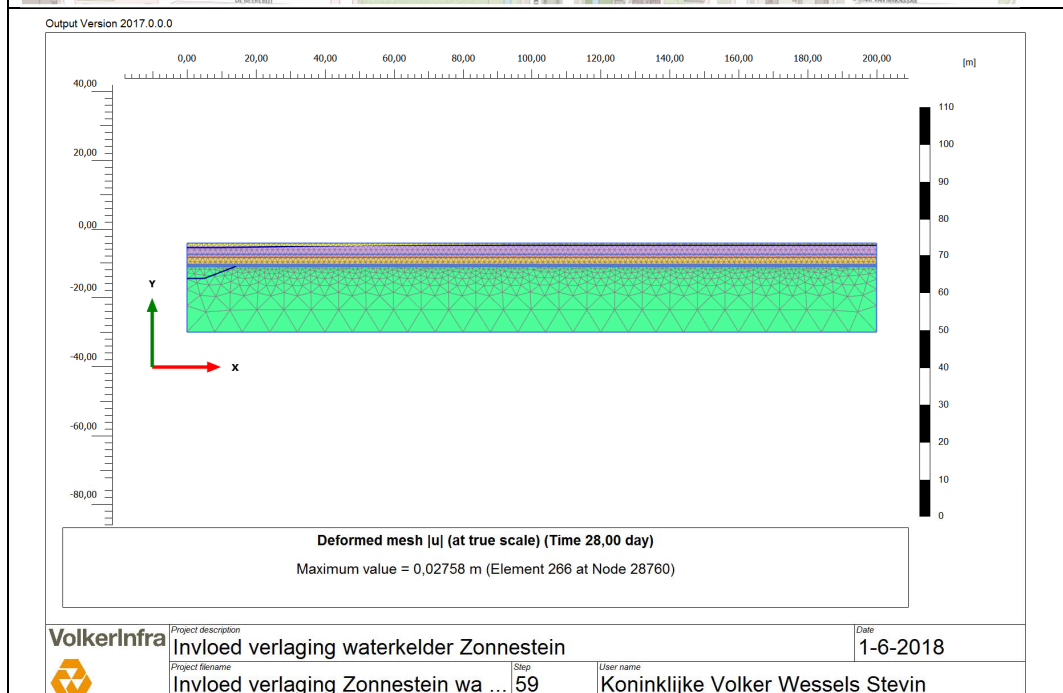
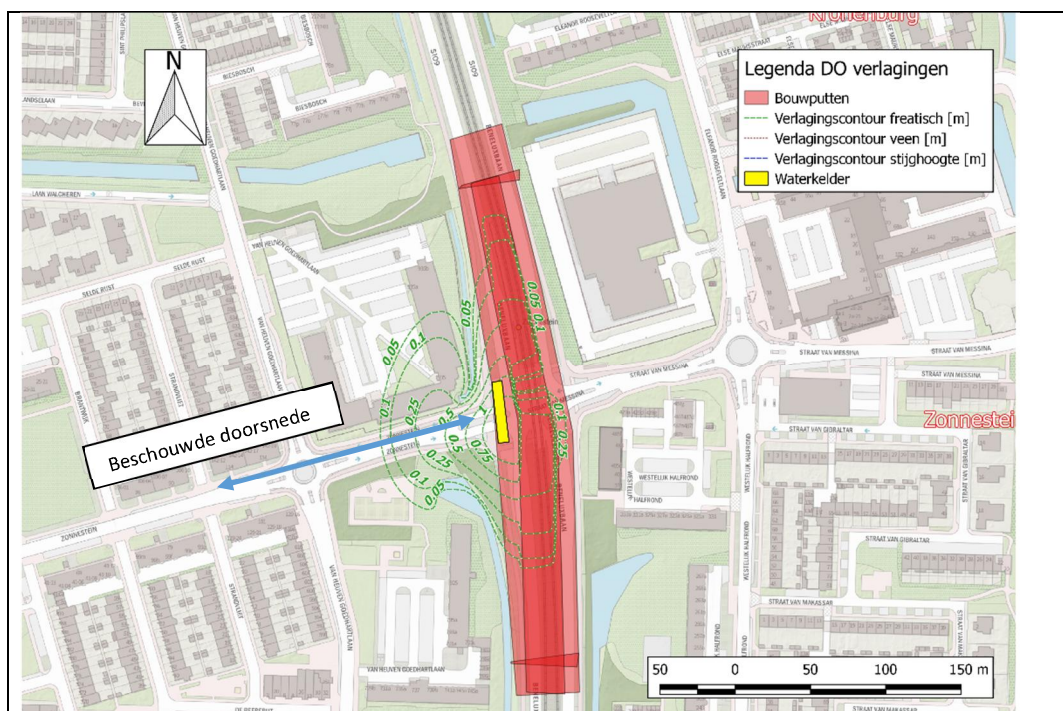
In totaal zijn er 4 doorsneden beschouwd om de maaiveldzettingen als gevolg van de spanningsbemaling te bepalen (zie Figuren 1 t/m 4). Het betreft de situatie met en zonder de bemaling van de waterkelder voor verdiepte liggingen Zonnestein en Sportlaan.

Er is bewust gekozen om Zonnestein en niet Kronenburg te beschouwen, omdat de bebouwing bij Zonnestein dicht bij de bouwkuip ligt. Bij Zonnestein wordt bij de bemaling van de waterkelder de grootste verlagingen verwacht aan de westzijde. Bij de bemaling van de rest van de verdiepte ligging zijn de verlagingen aan weerszijden van de bouwkuip gelijkwaardig.

Bij Sportlaan wordt bij de bemaling van de verdiepte ligging de grootste verlagingen berekend aan de oostzijde van de bouwkuip, omdat het retourveld aan de zuidwest van de verdiepte ligging is gepositioneerd. Bij de keuze van de beschouwde doorsneden is hier rekening mee gehouden. Opgemerkt wordt dat de consolidatie nagenoeg volledig is opgetreden na 84 dagen. Dat betekent dat de onzekerheid in doorlatendheid hiermee wordt afgedekt.

In de onderstaande figuren zijn tevens de gemodelleerde verlagingcontouren weergegeven voor de deklaag en het 1<sup>e</sup> wvp, waarbij X=0 ter plaatse is van de bouwkuip. Tussen de punten is de waterstand lineair geïnterpoleerd.



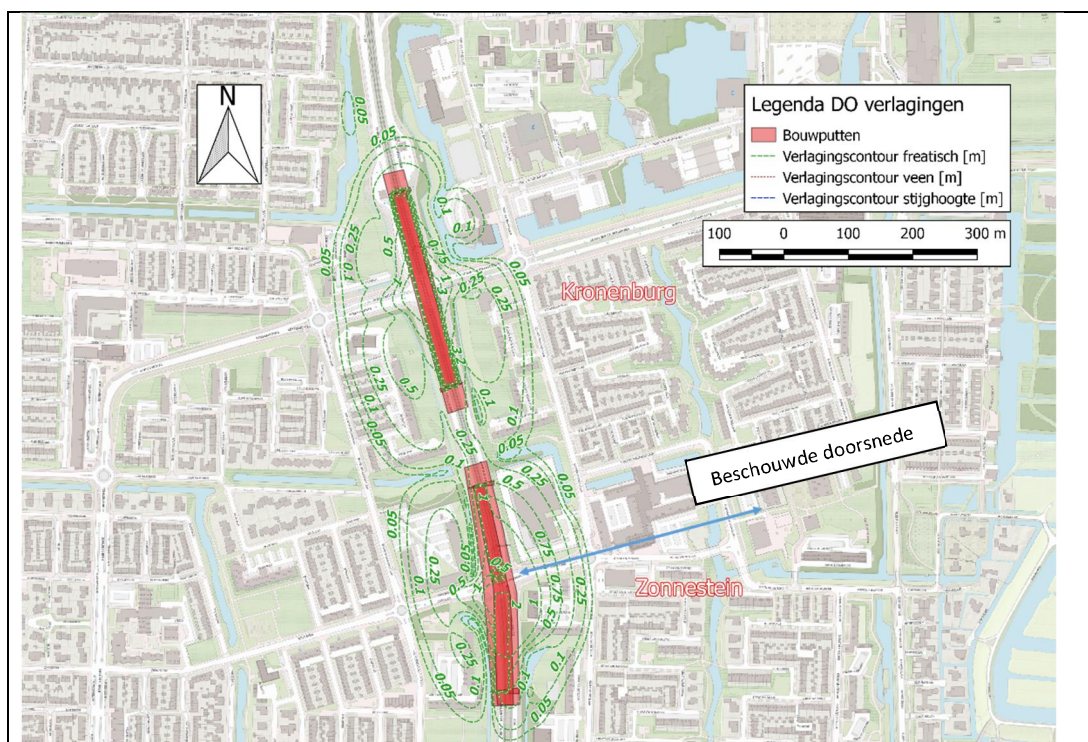


Deklaag 1: X=0 m NAP -5,6 m; X=10 m NAP -5,6 m; X=25 m NAP -5,35 m; X=40 m NAP -5,1 m; X=60 m NAP -4,85 m; X=75 m NAP -4,7 m; X=100 m NAP -4,6 m; X=200 m NAP -4,6 m

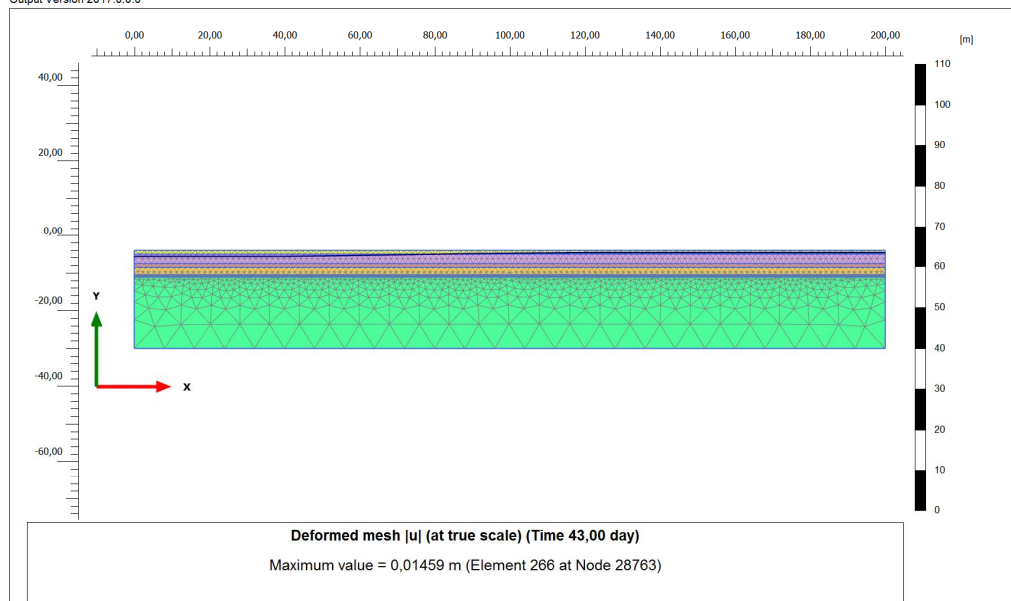
Deklaag 2: X=0 m NAP -7,6 m; X= 5 m NAP -7,6 m; X=20 m NAP -6,6 m; X=45 m NAP -5,6 m; X=60 m NAP -5,35 m; X=75 m NAP -5,1 m; X=100 m NAP -4,85 m; X=150 m NAP -4,6 m; X=200 m NAP -4,6 m


1<sup>e</sup> WVP: X=0 m NAP -14,5 m; X=5 m NAP -14,5 m; x=20 m NAP -8,8 m; X=60 m NAP -5,8 m; x=100 m NAP -4,8 m; X=150 m NAP -4,3 m; X=180 m NAP -3,8 m; X=200 m NAP -3,8 m

*Figuur 1 – Modellerings doorsnede waterkelder Zonnestein (na 28 dagen)*



Output Version 2017.0.0.0



	Project description	Verlaging verdiepte ligging Zonnestein		Date	1-6-2018
	Project filename	Invloed verlaging Zonnestein VD ...	Step	User name	Koninklijke Volker Wessels Stevin

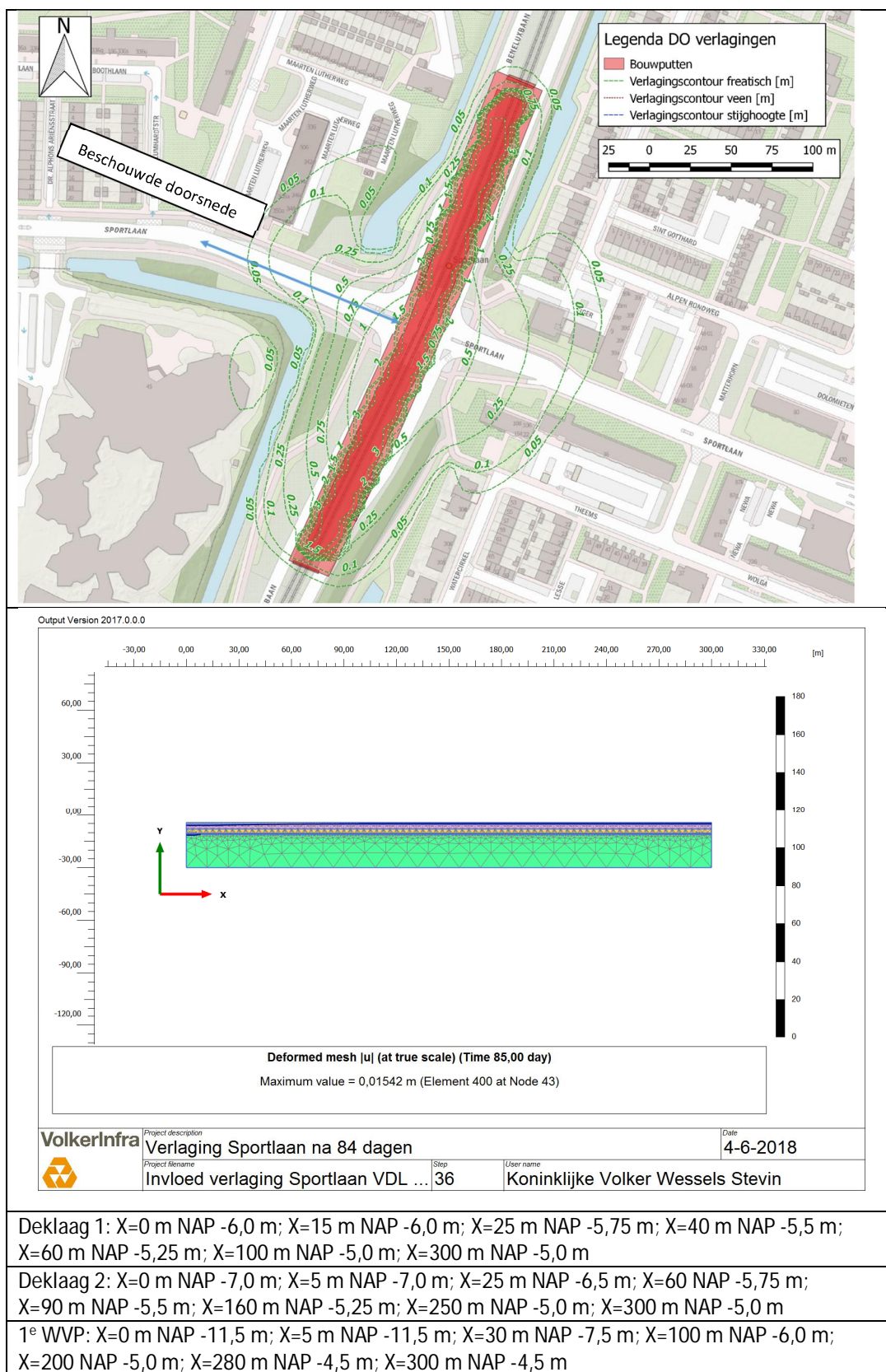
Deklaag 1: X=0 m NAP -5,6 m; X=40 m NAP -5,6 m; X=60 m NAP -5,35 m; X=75 m NAP -5,1 m; X=90 m NAP -4,85 m; X=120 m NAP -4,6 m; X=200 m NAP -4,6 m

Deklaag 2: X=0 m NAP -6,6 m; X=20 m NAP -6,6 m; X=60 m NAP -5,6 m; X=120 m NAP -4,85 m; X=160 m NAP -4,6 m; X=200 m NAP -4,6 m

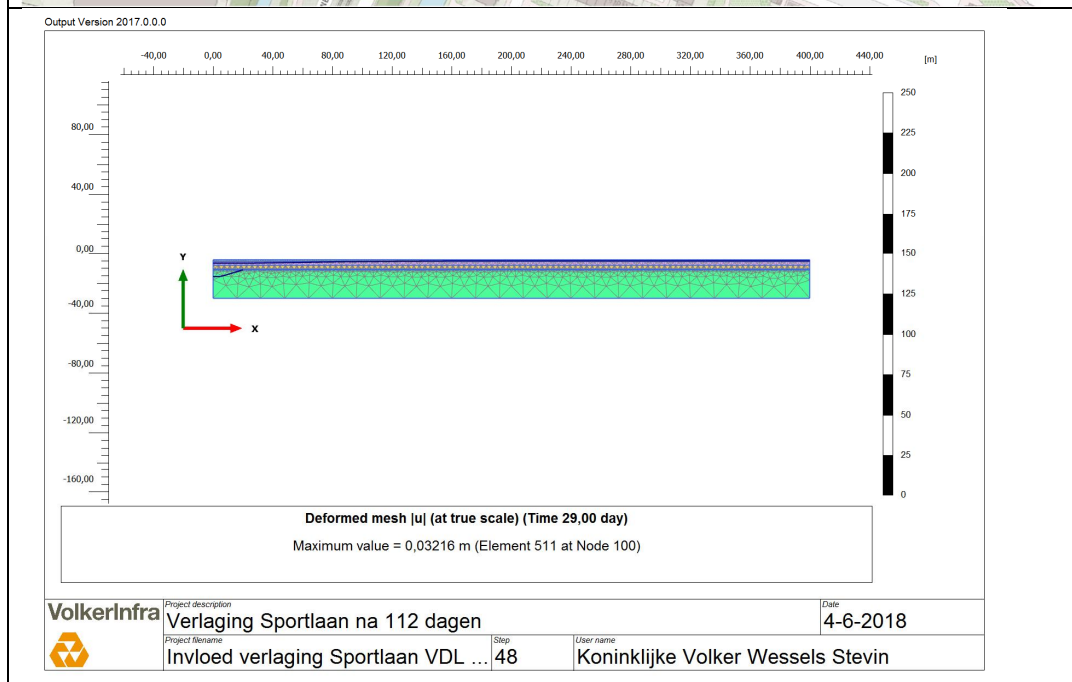
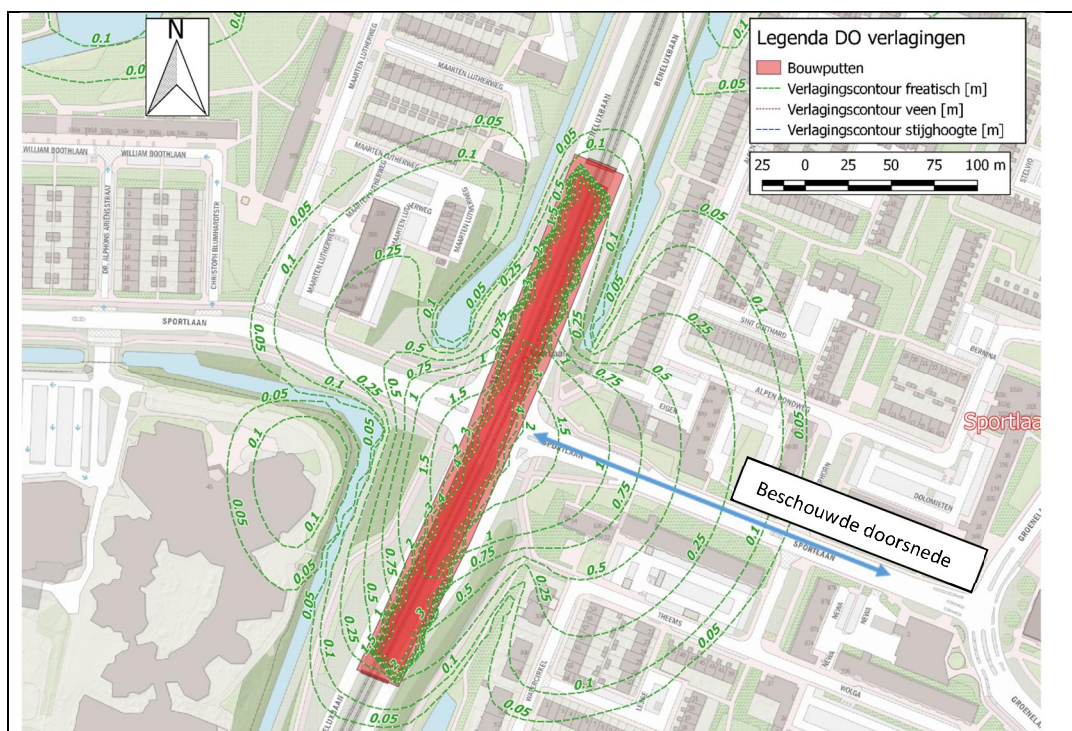
1<sup>e</sup> WVP: X=0 m NAP -10,5 m; X=5 m NAP -10,5 m; X=40 m NAP -6,8 m; X=90 m NAP -4,8 m; X=180 m NAP -3,8 m; X=200 m NAP -3,8 m

Figuur 2 – Modellering doorsnede verdiepte ligging Zonnestein (na 42 dagen)





Figuur 3 – Modelling doorsnede verdiepte ligging Sportlaan excl. waterkelder (na 84 dagen)



Deklaag 1: X=0 m NAP -7,0 m; X=5 m NAP -7,0 m; X=30 m NAP -6,5 m; X=60 m NAP -6,0 m; X=90 m NAP -5,5 m; X=125 m NAP -5,25 m; X=170 m NAP -5,0 m; X=400 m NAP -5,0 m

Deklaag 2: X=0 m NAP -7,5 m; X=5 m NAP -7,5 m; X=25 m NAP -7,0 m; X=60 m NAP -6,5 m; X=90 m NAP -6,0 m; X=150 m NAP -5,5 m; X=250 m NAP -5,25 m; X=350 m NAP -5,0 m; X=400 m NAP -5,0 m

1<sup>e</sup> WVP: X=0 m NAP -15,5 m; X=5 m NAP -15,5 m; X=25 m NAP -9,5 m; X=50 m NAP -7,5 m; X=90 m NAP -6,5 m; X=125 m NAP -6,0 m; X=200 m NAP -5,5 m; X=300 m NAP -5,0 m; X=380 m NAP -4,5 m; X=400 m NAP -4,5 m

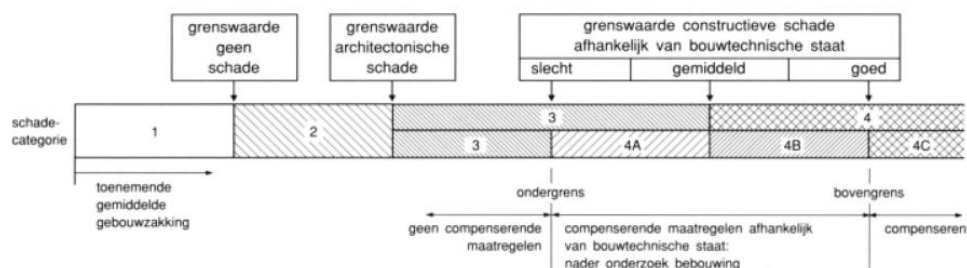
Figuur 4 – Modelleringsdoorsnede verdiepte ligging Sportlaan incl. waterkelder (na 112 dagen)

## 5. Aanpak omgevingsbeïnvloeding panden

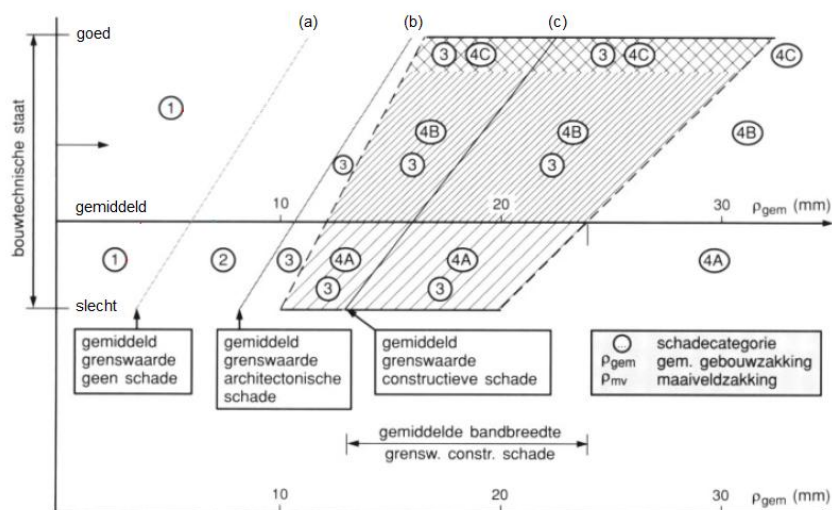
De invloed van maaiveldzettingen op de nabijgelegen panden is bepaald conform SBR rapport "Leidraad voor het onderzoek naar de invloed van een grondwaterstands daling op de bebouwing". Deze leidraad houdt rekening met het feit dat in de praktijk door heterogeniteit van het bodemprofiel en variatie in de samendrukbaarheid binnen grondlagen pandzakkingen optreden die ongelijkmatiger kunnen verlopen dan verwacht op basis van het berekende zettingsverloop. Alle panden binnen het invloedsgebied van de spanningsbemaling worden aan deze grenswaarde getoetst.

Op basis van deze leidraad kan een inschatting van de schade gemaakt worden aan de hand van de bouwkundige staat van de bebouwing, het funderingstype en de omvang van de duur van de bemaling. Voor de classificatie (zie Figuren 5 en 6) van de panden zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- Panden rondom de verdiepte liggingen bevinden zich in redelijke tot goede staat.
- Ervan uitgaande dat de panden op betonpalen zijn gefundeerd wordt aangenomen dat maximaal 50% van de rekenkundige maaiveldzettingen worden overgedragen aan de panden. Dit is een veilige aanname omdat een deel van de belasting mogelijk ook wordt afgedragen in de wadzandlaag/-lagen.
- De belendende panden liggen op een dusdanige afstand dat vervormingen ten gevolge van het ontgraven van de bouwkuip geen invloed hebben.



Figuur 5 – Weergave van grenswaarden en categorieën [6]

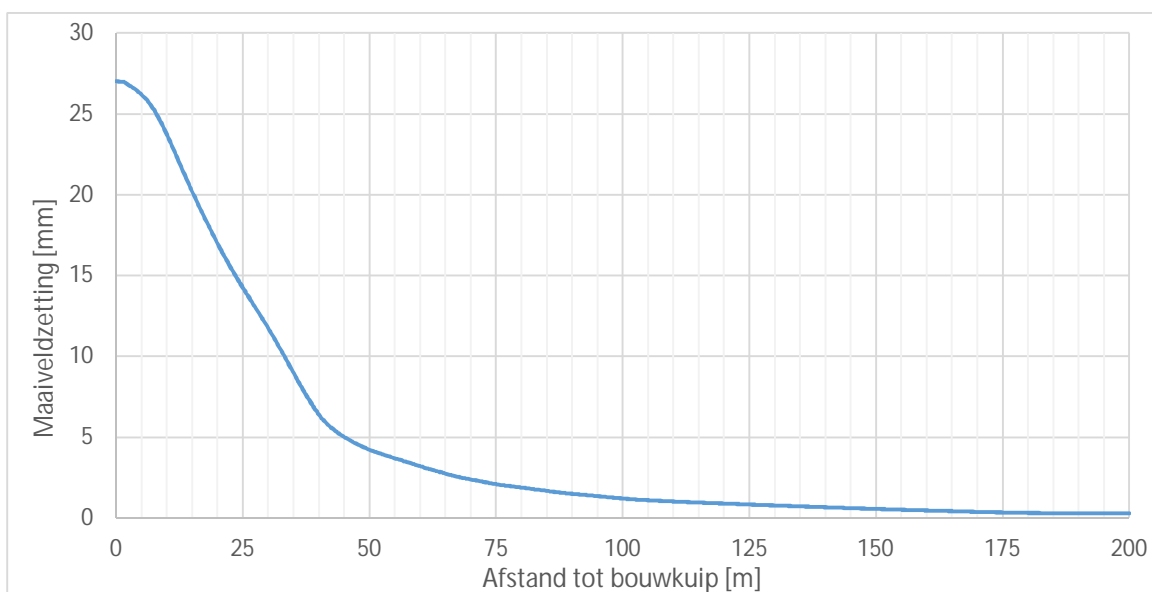


Figuur 6 – Grenswaarden gebouwzakking door grondwaterstands daling [6]

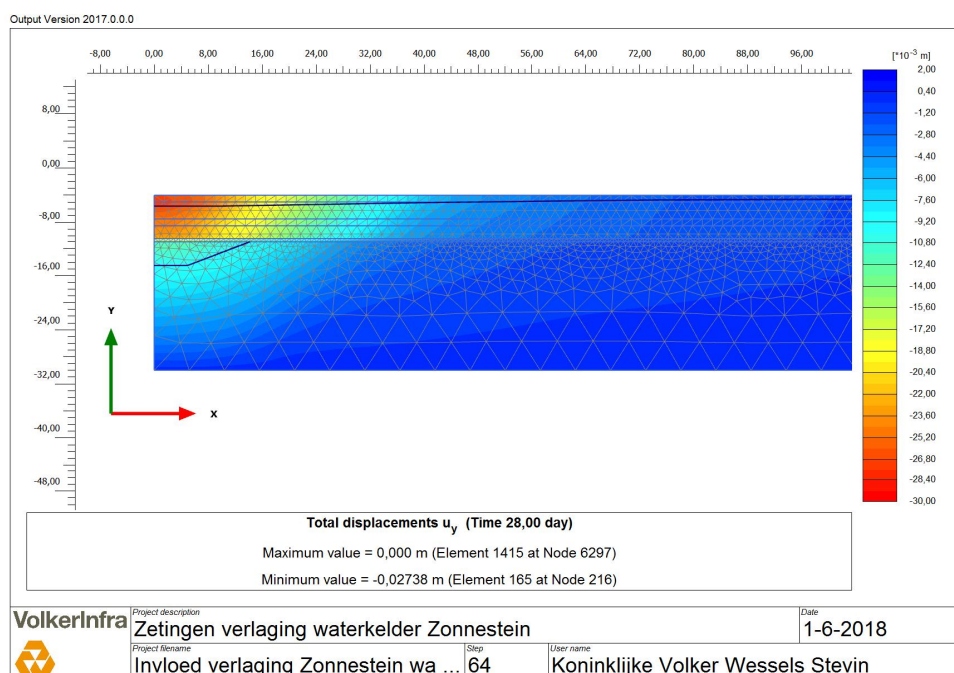


## 6. Resultaten

Het verwachte zettingsverloop op maaiveld na 28 dagen bemalen van de waterkelder van de verdiepte ligging Zonnestein is weergegeven in Figuren 7 en 8. Het zettingsverloop is gebaseerd op de verwachte verlagingcontouren welke zijn opgenomen in Bijlage 1. Opgemerkt wordt dat het gepresenteerde zettingsverloop uitsluitend van toepassing is voor de westzijde in het centrale deel van bouwkuip Kronenburg en Zonnestein (i.e. ter hoogte van moten 4 t/m 7). Buiten deze zone wordt geen noemenswaardige zetting verwacht als gevolg van de spanningsbemaling van de waterkelder.

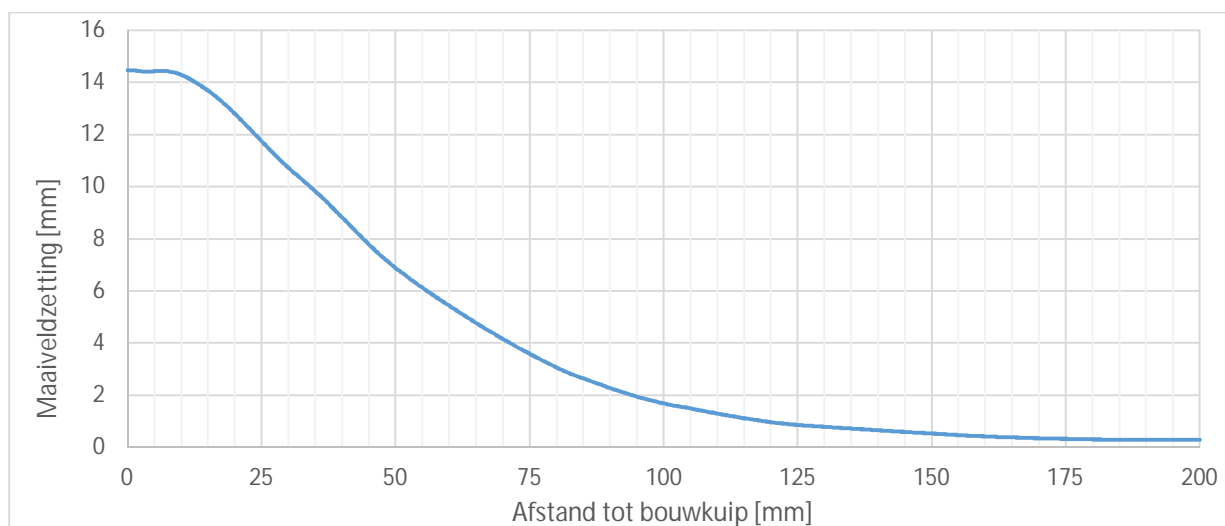


*Figuur 7 – Zettingsverloop op maaiveld bij doorsnede waterkelder Zonnestein (na 28 dagen)*



*Figuur 8 – Plaxis uitvoer na 28 dagen bemalen waterkelder*

In Figuur 9 is het verwachte zettingsverloop op maaiveld van verdiepte ligging Zonnestein na 42 dagen bemalen gepresenteerd, de bijbehorende verlagingscontouren zijn opgenomen in Bijlage 2. Dit zettingsverloop is van toepassing van de oostzijde van de bouwkuip Kronenburg en Zonnestein. Voor het verwachte zettingsverloop aan de westzijde ter hoogte van de waterkelder dienen Figuren 7 en 9 gecombineerd te worden.



*Figuur 9 – Zettingsverloop op maaiveld bij doorsnede verdiepte ligging Zonnestein (na 42 dagen)*

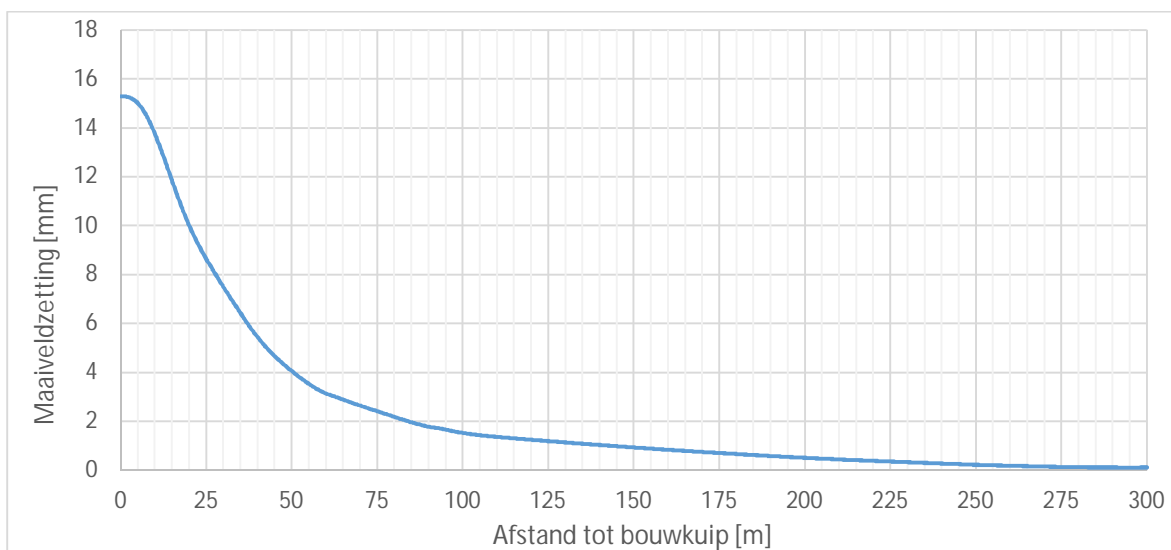
Dit betekent het volgende voor de nabijgelegen bebouwing en infrastructuur:

- Het kantoorpand aan de Van Heuven Goedhartlaan 935 aan de westzijde van Zonnestein ligt op ca. 25 m afstand van de waterkelder. Ter plaatse van dit belendende pand wordt 12 mm pandvervorming (i.e. 24 mm maaiveldzakking) verwacht. Dit gebouw verkeert in goede staat, op basis van de SBR leidraad wordt maximaal lichte architectonische schade verwacht (d.w.z. haarscheurtjes in het metsel- en/of stucwerk aan de buitenzijde van het pand).
- Voor de belendende panden op 25 á 30 m afstand aan de oostzijde van de bouwkuip, zoals het ABN kantoor CCA Noord en het flatgebouw aan het Westelijk Halfrond nr. 323-499, wordt 6 mm pandvervorming (i.e. 12 mm maaiveldzakking) verwacht. Ervan uitgaande dat deze gebouwen in redelijke tot goede staat verkeren wordt geen schade verwacht.
- De belendende panden bij Kronenburg liggen op dusdanige afstand dat geen schade wordt verwacht ten gevolge van de bemalingswerkzaamheden.
- Voor het tramspoor ter plaatse van de waterkelder wordt een gelijkmatige zetting van ca. 30 mm verwacht ten gevolg van de spanningsbemaling. Het GVB geeft in haar voorschriften aan dat een dergelijke zetting (boven de 10 mm) is toegestaan indien de zetting gelijkmatig optreedt, de afwatering van de trambaan in stand blijft en geen scheurvorming optreedt [7]. Tijdens de uitvoering zal het zettingsverloop van het tramspoor nauwlettend in de gaten worden gehouden. Op basis van de monitoring wordt beoordeeld of aanvullende maatregelen benodigd zijn.
- Het weglichaam van de verlegde Belenuxbaan ondergaat naar verwachting een gelijkmatige zetting van 20 mm aan de oostzijde en 40 mm aan de westzijde in het centrale deel van de bouwkuip. Aan de uiteinden van de bouwkuip wordt maximaal 5 mm zetting verwacht. Gezien het feit dat het gaat om een tijdelijke verlegging van 1 jaar wordt deze gelijkmatige zetting geaccepteerd.



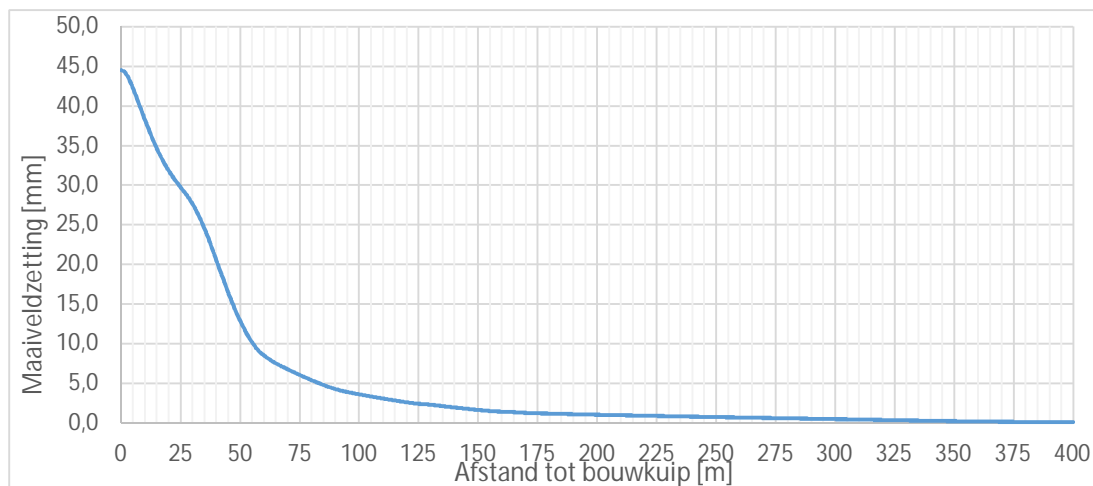
- De kabels en leidingen die in de samendrukbare deklaag op ca. 1 m -mv liggen op de kleinste afstand van de bouwkuip (ca. 10 m), deze ondervinden maximaal een gelijkmatige zetting van respectievelijk 15 mm aan de oostzijde en 30 mm aan de westzijde als gevolg van de spanningsbemaling. Of dit acceptabel is zal besproken moet worden met de beheerders. De verwachting is dat een dergelijke zetting acceptabel is, aangezien deze zetting gelijkmatig optreedt en daardoor resulteert in een zeer beperkte hoekdraaiing van kabels en/of leidingen.

Het verwachte zettingsverloop op maaiveld na 84 dagen bemalen voor de verdiepte ligging Sportlaan is weergegeven in Figuur 10. Opgemerkt wordt dat dit zettingsverloop van toepassing is aan weerszijden van de bouwkuip. De verlagingslijnen na 84 dagen bemalen zijn opgenomen in Bijlage 3.

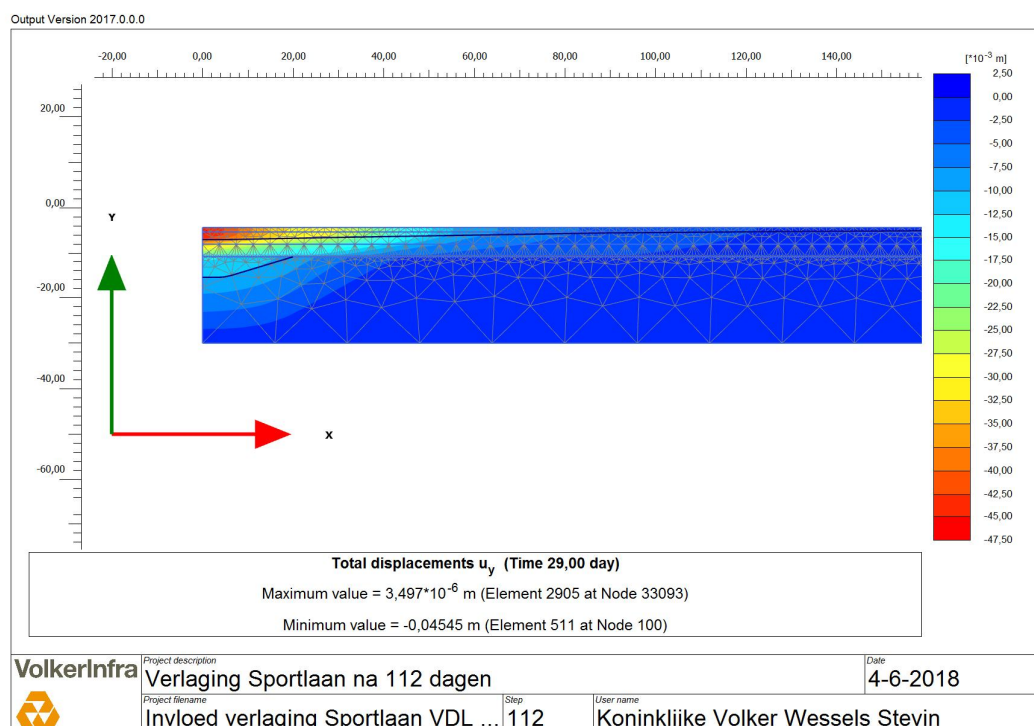


*Figuur 10 – Zettingsverloop op maaiveld bij doorsnede verdiepte ligging Sportlaan exclusief waterkelder (na 84 dagen)*

Figuren 11 en 12 laten het verwachte zettingsverloop op maaiveld na 112 dagen bemaalen zien, waarin de laatste 28 dagen de bemaling voor de waterkelder is meegenomen. De bijbehorende verlagingscontouren zijn opgenomen in Bijlage 4. Het onderstaande zettingsverloop is van toepassing aan weerszijden in centrale deel van de bouwkuip (i.e. ter hoogte van moten 4 t/m 7). Voor de westzijde is dit een overschatting, omdat de grootste verlagingen worden waargenomen aan de oostzijde. Dit komt door de positionering van het retourveld aan de zuidwest zijde van de bouwkuip.



*Figuur 11 – Zettingsverloop op maaiveld bij doorsnede verdiepte ligging Sportlaan inclusief waterkelder (na 112 dagen)*



*Figuur 12 – Plaxis uitvoer na 112 dagen bemaalen verdiepte ligging inclusief waterkelder*

Dit betekent het volgende voor de nabijgelegen bebouwing en infrastructuur:

- Voor de belendende panden aan de oostzijde op ca. 40 m afstand, zoals een aantal rijtjeshuizen langs de Alpen Rondweg nr. 80-100 en Watercirkel nr. 302-304, wordt 10 mm pandvervorming (i.e. 20 mm maaiveldzakking) verwacht. Ervan uitgaande dat deze panden in redelijke tot goede staat verkeren wordt maximaal lichte architectonische schade verwacht (d.w.z. haarscheurtjes in het metsel- en/of stucwerk aan de buitenzijde van het pand).
- Voor de belendende panden op ca. 25 m aan de westzijde van de bouwkuip, zoals het flatgebouw langs de Maarten Lutherweg nr. 252-286, wordt 2 mm pandvervorming (i.e. 4 mm pandvervorming) verwacht. Opgemerkt wordt dat dit flatgebouw buiten het freatisch invloedsgebied valt van de waterkelder.
- Het tramspoor is ten tijden van de bemaling buiten dienst. Zettingen zijn om deze reden niet van toepassing.
- Het weglichaam van de verlegde Belenuxbaan ondergaat naar verwachting een gelijkmatige zetting van ca. 45 mm in het centrale deel van de bouwkuip en ongeveer 5 mm richting de uiteinden van de bouwkuip. Gezien het feit dat het gaat om een tijdelijke verlegging van 1 jaar wordt deze relatief gelijkmatige zetting geaccepteerd.
- De kabels en leidingen die in de samendrukbare deklaag op ca. 1 m -mv liggen op de kleinste afstand van de bouwkuip (ca. 10 m), deze ondervinden maximaal een gelijkmatige zetting van ca. 35 mm als gevolg van de spanningsbemaling. Of dit acceptabel is zal besproken moet worden met de beheerders. De verwachting is dat een dergelijke zetting acceptabel is, aangezien deze zetting gelijkmatig optreedt en daardoor resulteert in een zeer beperkte hoekdraaiing van kabels en/of leidingen.

## 7. Conclusie

Uit de berekeningen volgt dat de maaiveldzetting als gevolg van de spanningsbemaling geen negatieve invloed heeft op het gros van de belendende panden rondom de verdiepte liggingen. Echter voor een aantal panden ter hoogte van de waterkelder aan de westzijde van verdiepte ligging Zonnestein en weerszijden van Sportlaan is rekenkundig een kans op architectonische schade (d.w.z. een aantal haarscheurtjes in het metsel- en/of stucwerk aan de buitenzijde van het pand). Een dergelijk schadeprofiel wordt in de Nederlandse ontwerppraktijk voor binnenstedelijke bouwwerkzaamheden als acceptabel schadeprofiel beschouwd. De verwachting is echter dat de gemeten pandvervormingen lager zullen zijn, omdat in de berekeningen uit is gegaan van veilige aannamen, zoals de overdrachtsfactor van 50% en het bepalen van zettingen met representatieve parameters (5% ondergrens waarden).

Voor het tramspoor wordt uitsluitend invloed van de spanningsbemaling verwacht tijdens de bouw van de waterkelder bij Kronenburg en Zonnestein. In deze periode dient de ligging van de spoor nauwlettend gemonitord worden. Tijdens de grote bemaling van de verdiepte ligging Kronenburg en Zonnestein, en bij Sportlaan gedurende de gehele bemalingsperiode zijn lijn 5 en 51 buiten bedrijf.

De Beneluxbaan voor het wegverkeer wordt tijdens de bouw van de verdiepte ligging voor een periode van ca. 1 jaar verlegd naar de buitenzijde tegen de tijdelijke systeemgrens. Na deze periode wordt de Beneluxbaan definitief verplaatst direct naast de verdiepte ligging. In de bouwfase dat er wordt bemalen wordt een maximale maaiveldzetting van 20 á 40 mm verwacht bij Kronenburg en Zonnestein, en 45 mm bij Sportlaan. Gezien het feit dat het gaat om een tijdelijke verlegging en een relatief gelijkmatig verloopt wordt een dergelijke zetting geaccepteerd.

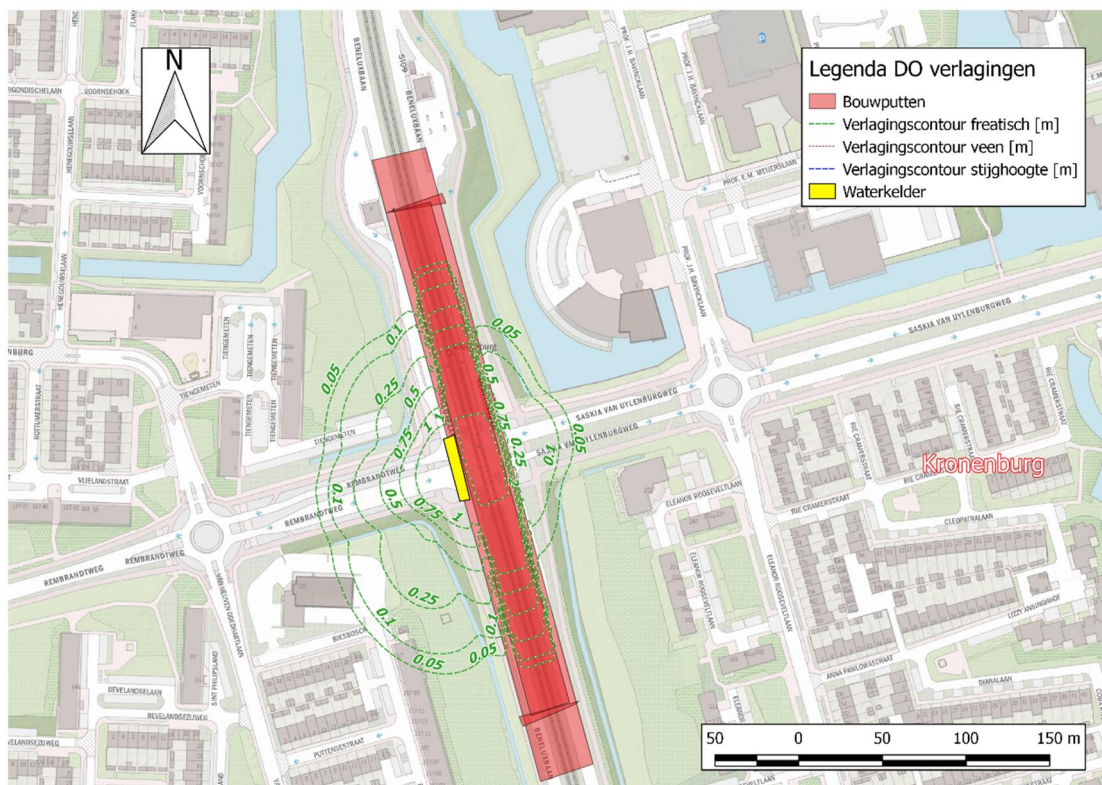
De aanwezige kabels en leidingen rondom de verdiepte ligging die in de samendrukbare deklaag zijn aangelegd kunnen ook een zetting ondervinden van maximaal 15 á 35 mm op ca. 10 m afstand uit de bouwkuip op 1 m onder bestaand maaiveld. Of dit acceptabel is zal besproken moet worden met de beheerders. De verwachting is er geen schade optreedt aan deze kabels en leiding als gevolg van de zetting door de spanningsbemaling, omdat de zetting gelijkmatig verloopt en daardoor resulteert in een zeer beperkte hoekdraaiing.

Op basis van het bovenstaande wordt geconcludeerd dat vanuit het oogpunt van omgevingsbeïnvloeding bij een zorgvuldige uitvoering en bewaking van de spanningsbemaling de bouw van de verdiepte liggingen met behulp van een spanningsbemaling uitgevoerd kan worden. Gezien de strakke uitvoeringsplanning wordt voorgesteld om een extra ondiep retourveld te plaatsen met bronnen op ca. NAP -15,0 m in de buurt van de waterkelder ter plaatse van de tijdelijke systeemgrens, omdat in de uitvoering geen tijd is om bij te schakelen wanneer de metingen tegen blijken te vallen.

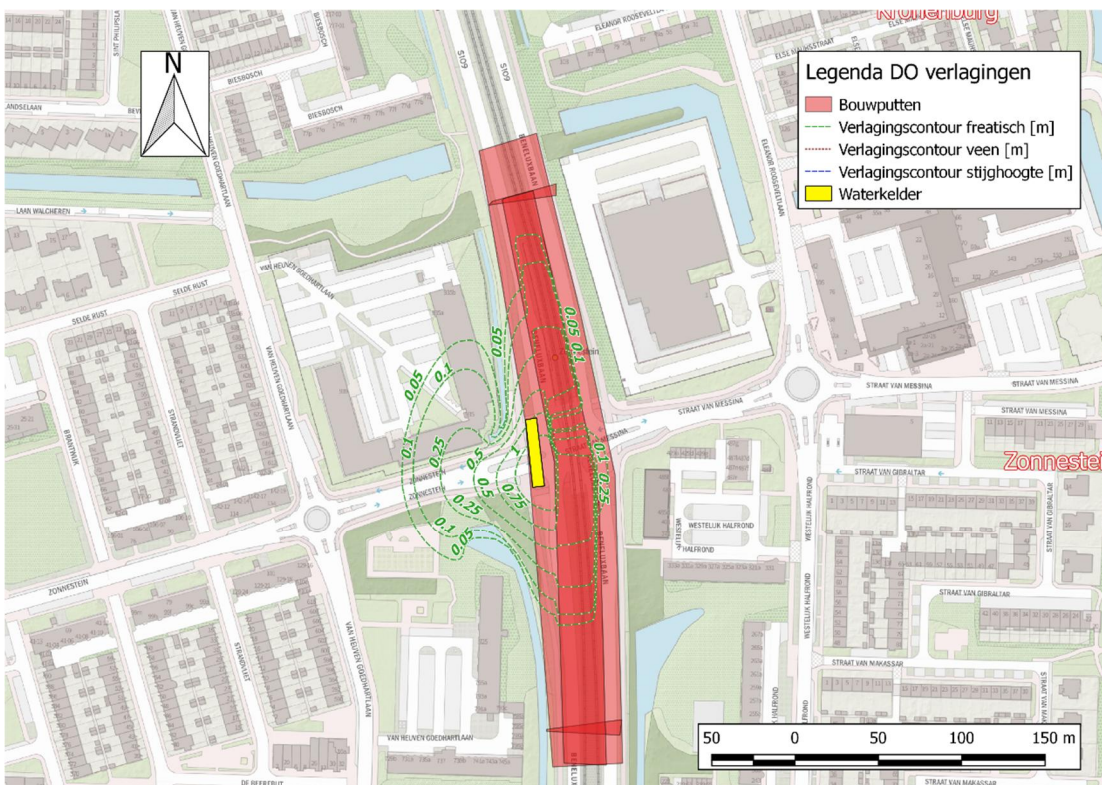


## Bijlage 1 – Isohypsens bemaling waterkelder Kronenburg en Zonnestein (na 28 dagen)



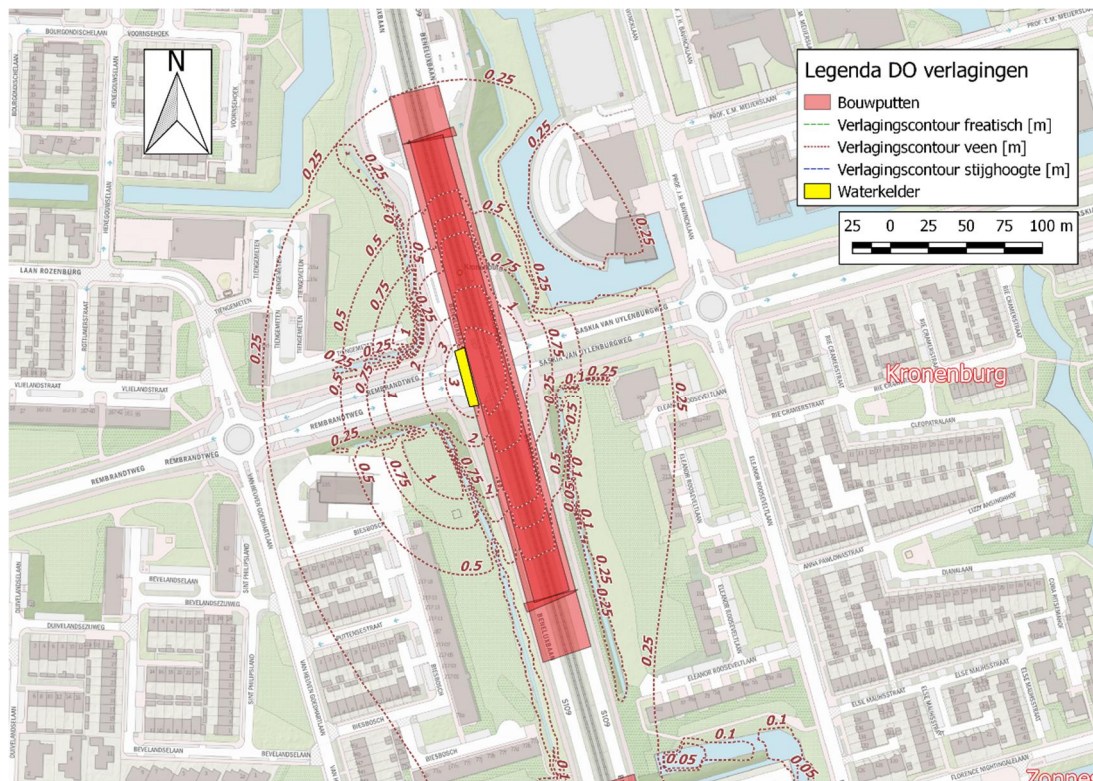


Kronenburg - verlaging freatische grondwaterstand in deklaag 1

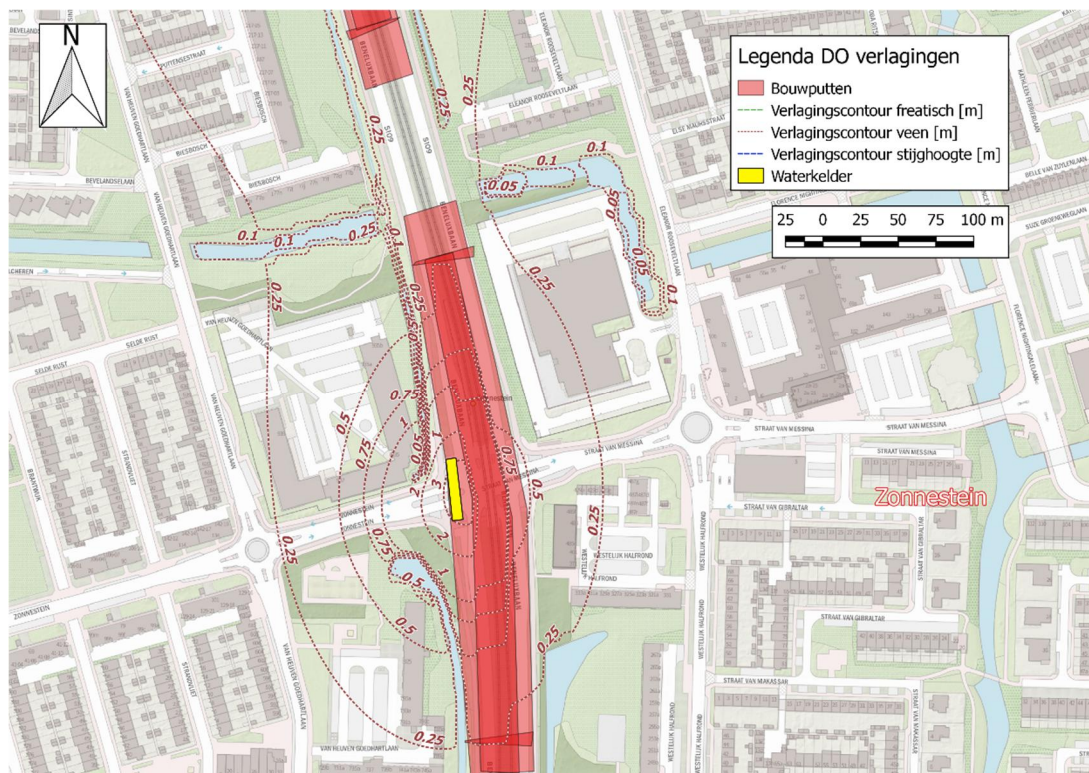


Zonnestein - verlaging freatische grondwaterstand in deklaag 1



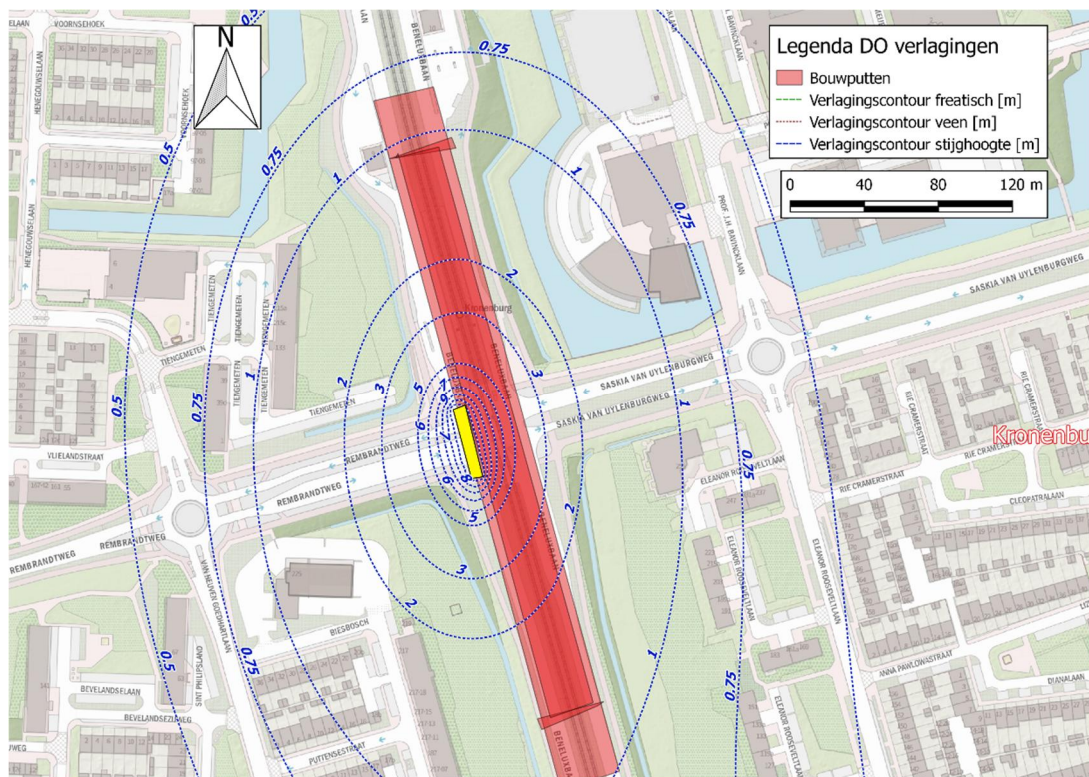


Kronenburg - verlaging freatische grondwaterstand in deklaag 2 (Basisveen)

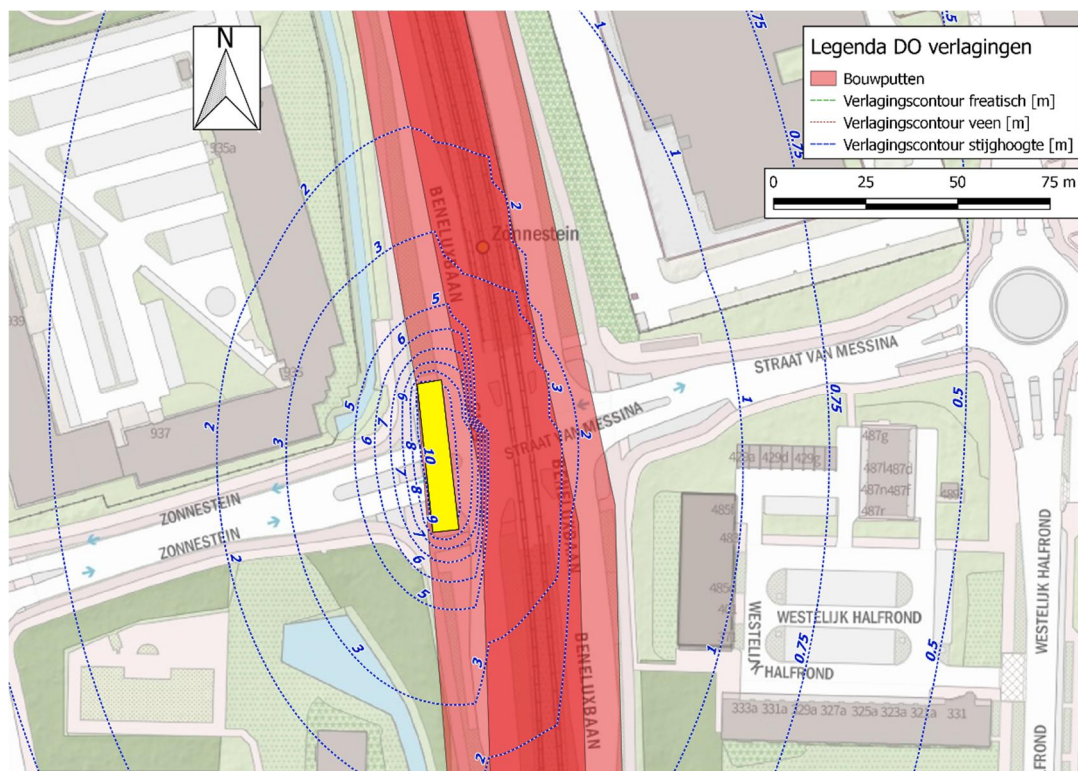


Zonnestein - verlaging freatische grondwaterstand in deklaag 2 (Basisveen)

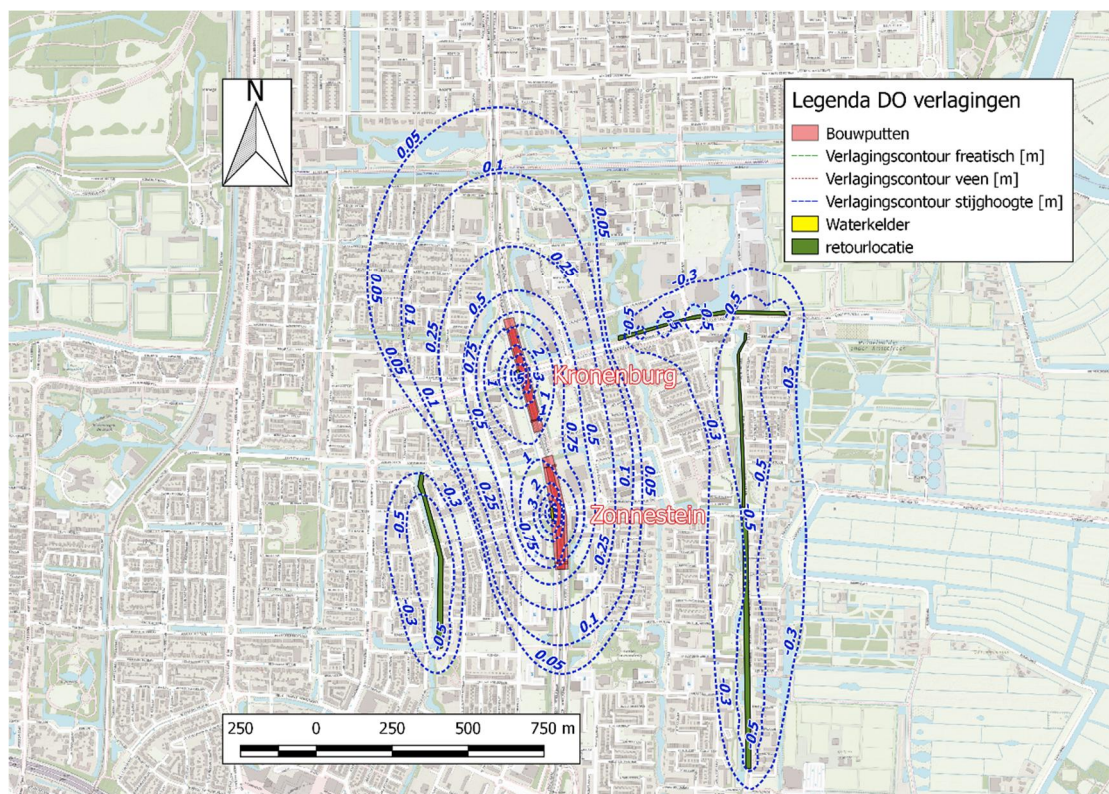




Kronenburg - verlaging stijghoogte in 1<sup>e</sup> WVP



Zonnestein - verlaging stijghoogte in 1<sup>e</sup> WVP



Kronenburg en Zonnestein - verlaging en verhoging stijghoogte in 1<sup>e</sup> WVP



## Bijlage 2 – Isohypsen bemaling verdiepte ligging Kronenburg en Zonnestein (na 70 dagen)

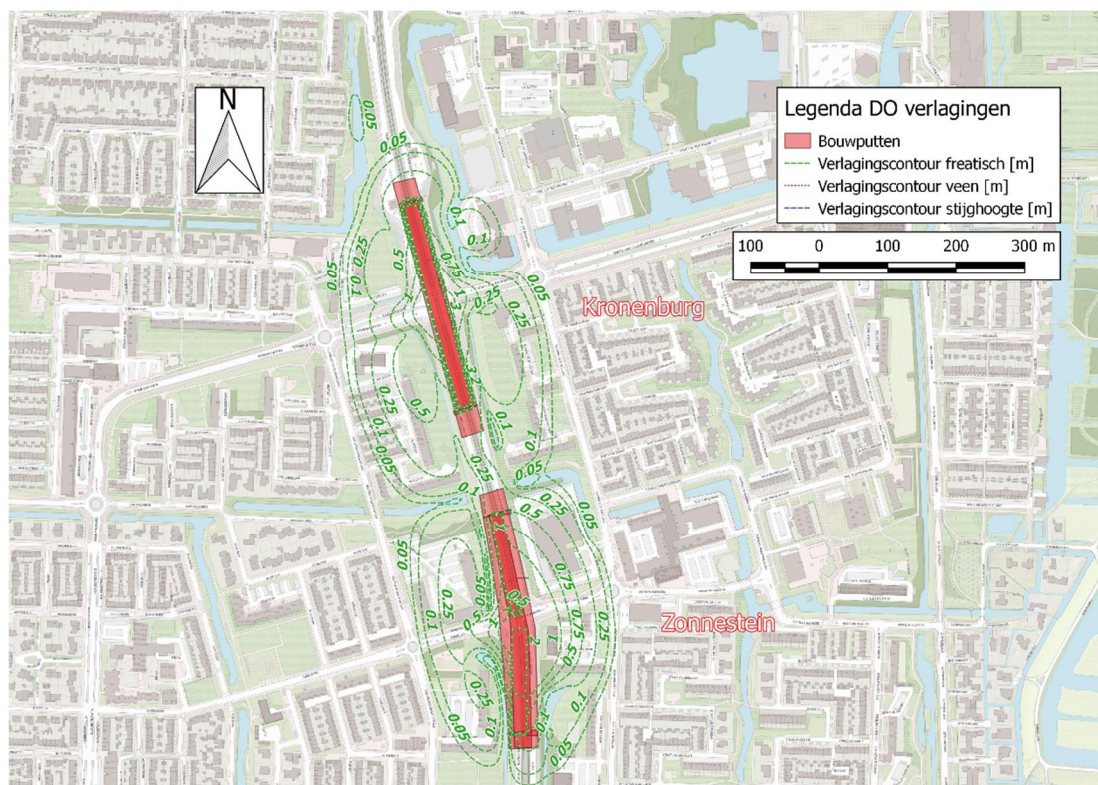
T=0 dagen – Start bemaling waterkelder (duur 4 weken)

T=28 dagen – Einde bemaling waterkelder

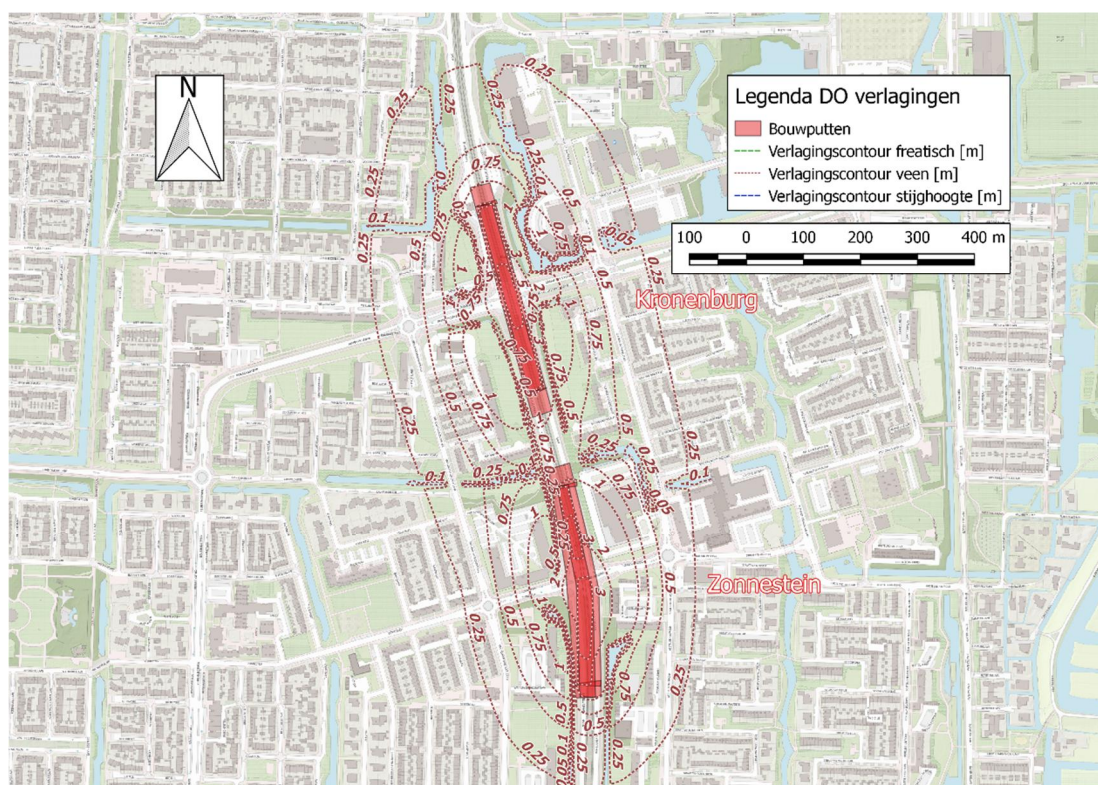
T= 29 dagen – Start bemaling verdiepte ligging (duur 6 weken)

T=70 dagen – Einde bemaling verdiepte ligging



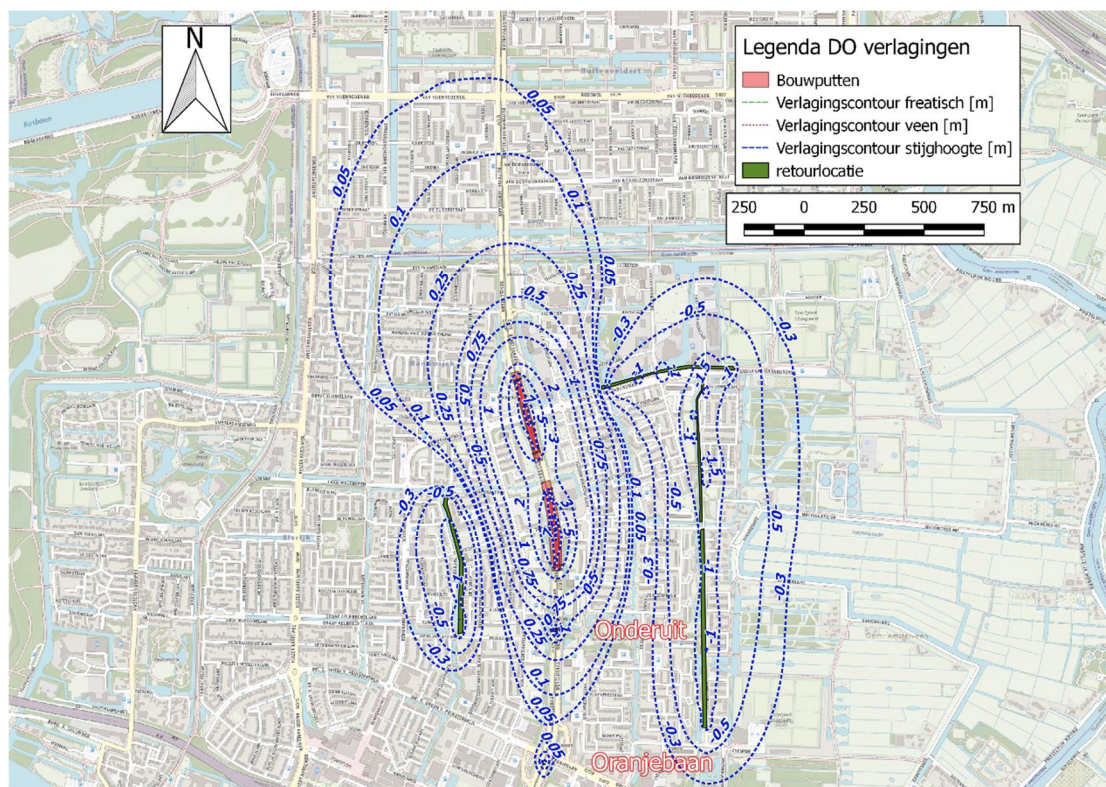


Kronenburg en Zonnestein - verlaging freatische grondwaterstand in deklaag 1



Kronenburg en Zonnestein - verlaging freatische grondwaterstand in deklaag 2 (Basisveen)



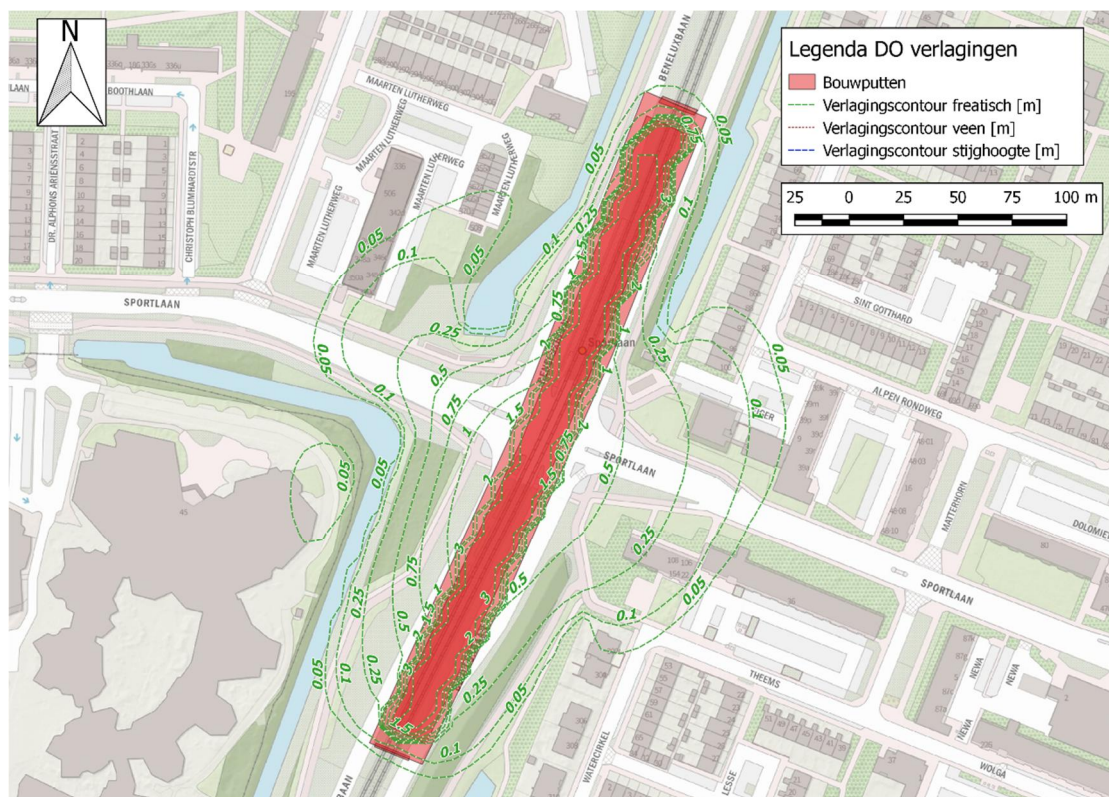


Kronenburg en Zonnestein – verlaging en verhoging stijgheogte in 1<sup>e</sup> WVP

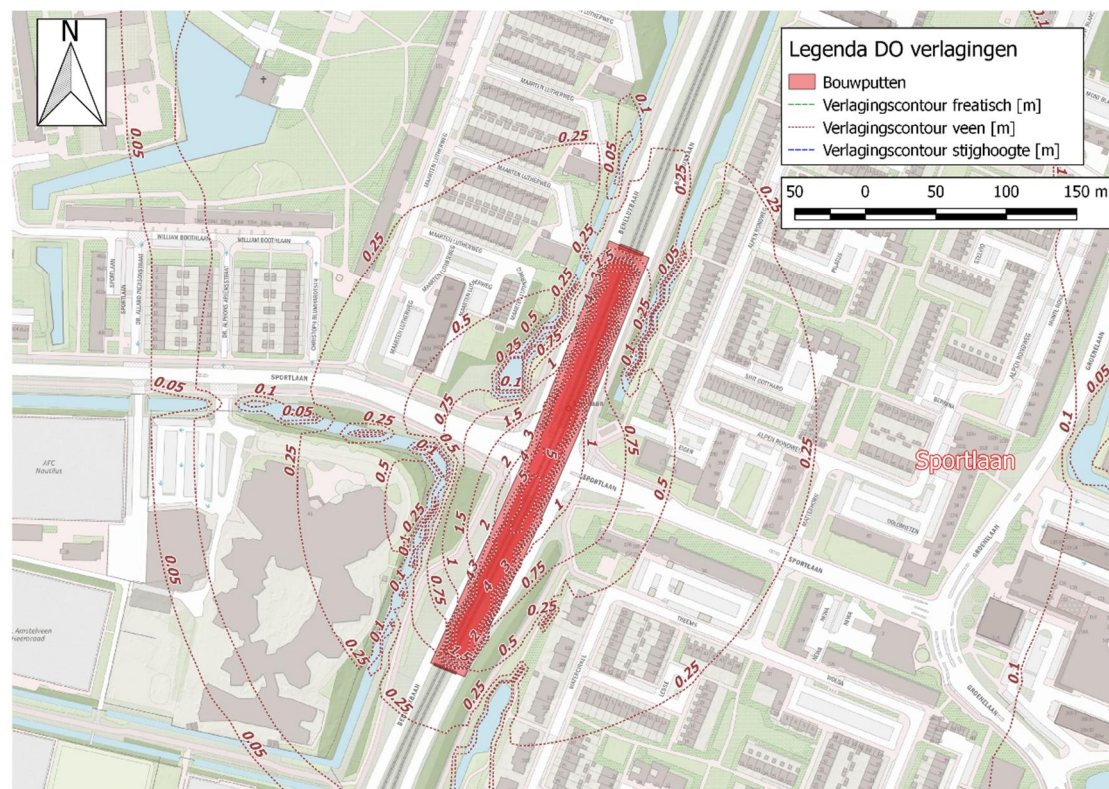


### Bijlage 3 – Isohypsen bemaling verdiepte ligging Sportlaan excl. waterkelder (na 84 dagen)



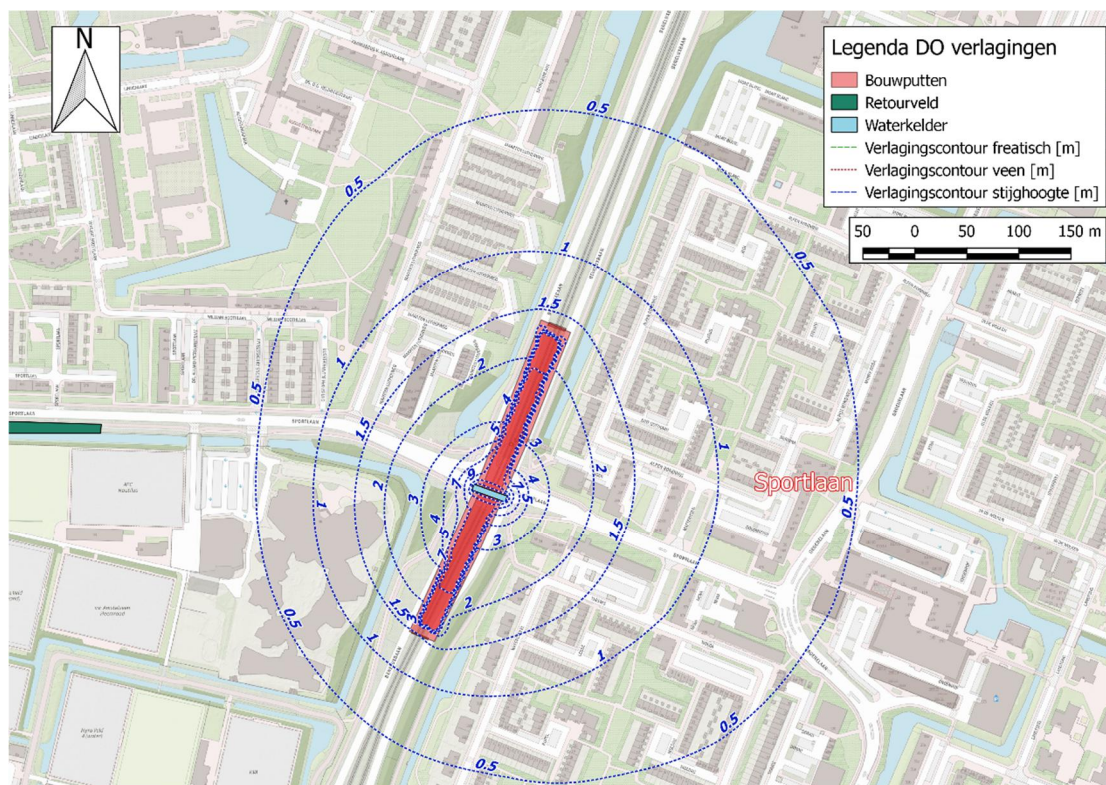


Sportlaan - verlaging freatische grondwaterstand in deklaag 1

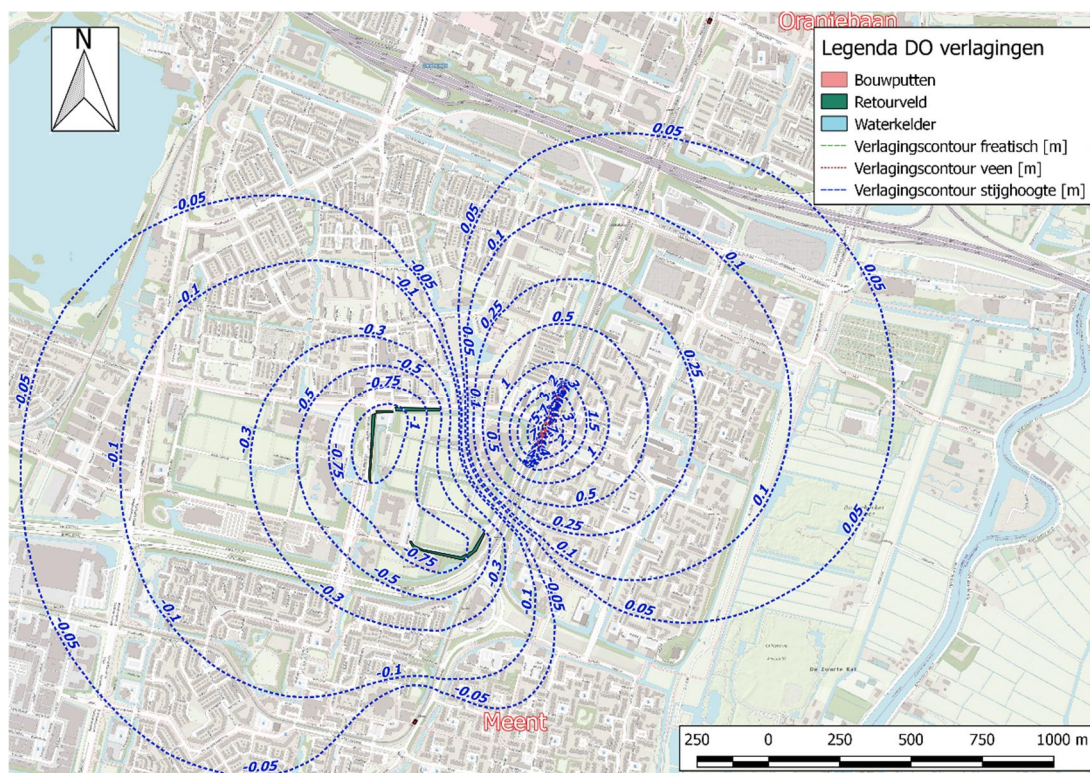


Sportlaan - verlaging freatische grondwaterstand in deklaag 2 (Basisveen)





Sportlaan - verlaging stijghoogte in 1<sup>e</sup> WVP



Sportlaan – verlaging en verhoging stijghoogte in 1<sup>e</sup> WVP



#### Bijlage 4 – Isohypsens bemaling verdiepte ligging Sportlaan incl. waterkelder (na 112 dagen)

T=0 dagen – Start bemaling verdiepte ligging (duur 12 weken)

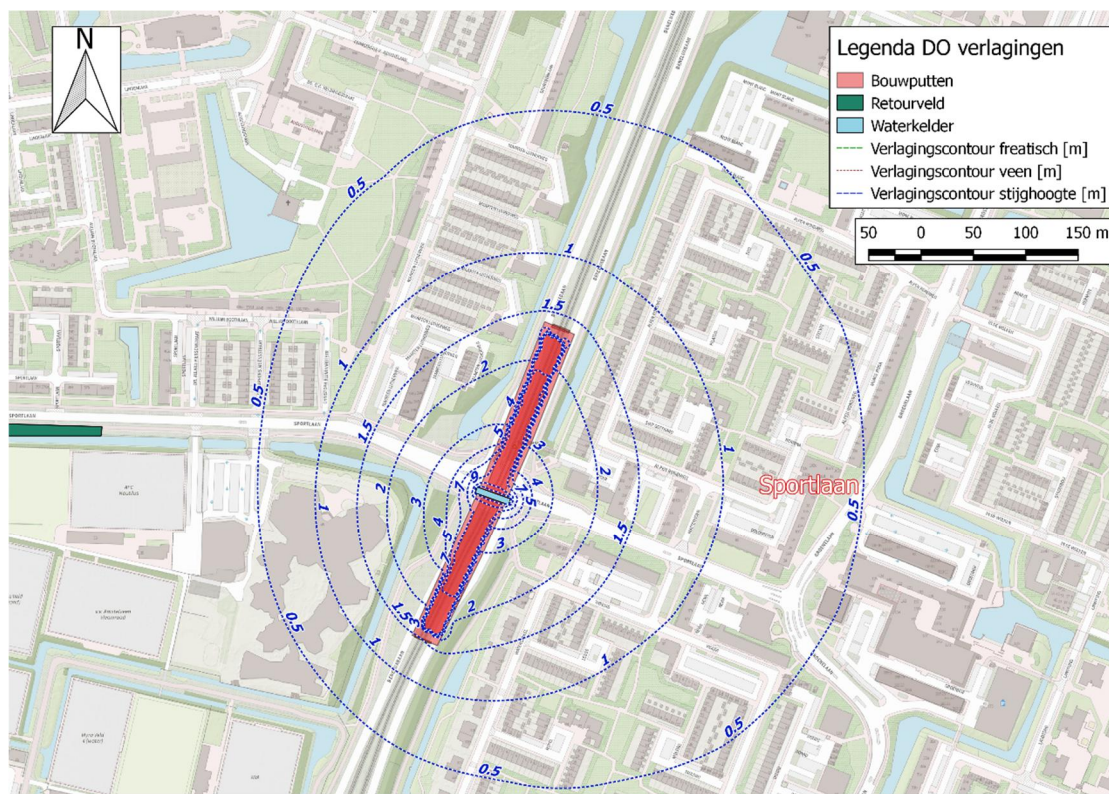
T= 85 dagen – Start bemaling verdiepte ligging + waterkelder (duur 4 weken)

T=112 dagen – Einde bemaling verdiepte ligging + waterkelder

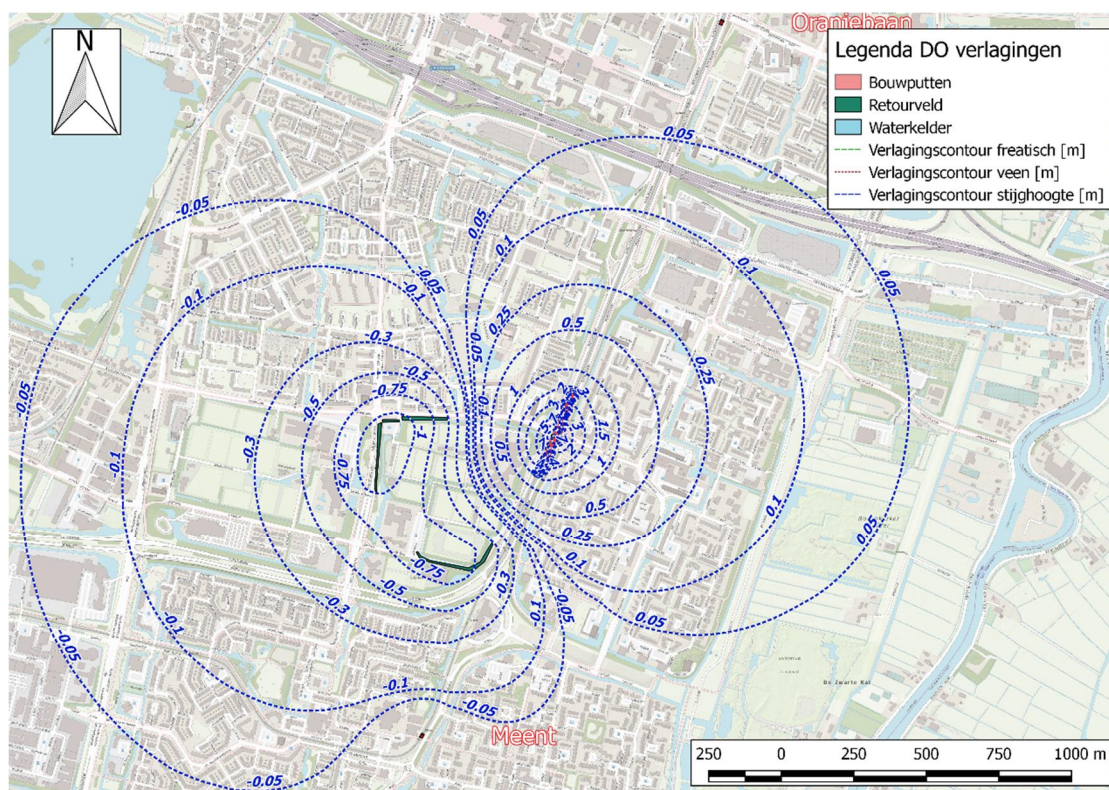








Sportlaan - verlaging stijghoogte in 1<sup>e</sup> WVP



Sportlaan - verlaging en verhoging stijghoogte in 1<sup>e</sup> WVP