

datum

20 maart

2016

Omgevingsbeïnvloeding bemaling

Valeriuskliniek te Amsterdam

status : definitief **versie :** 1

opdrachtgever

Crux Engineering BV

Arjan Wisse

Pedro Medinalaan 3c

1086 XK Amsterdam

adviseur

ing. Erik Loots

erik@lootsgrwt.com

+31 (0) 6 533 92 188

Loots Grondwatertechniek

Pedro de Medinalaan 1B

1086XK Amsterdam

kenmerk

10750215B.4



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	1
1 Inleiding.....	2
2 Uitwerking pompproef.....	3
2.1 Pompproef: methode en meetlocaties.....	3
2.2 Pompproef: bodemlagen.....	4
2.3 Pompproef: metingen.....	5
2.4 Pompproef: metingen gecompenseerd.....	8
2.5 Uitwerking pompproef.....	10
3 Analyse grondwaterstand ten gevolge van spanningsbemaling Valeriusplein	14
3.1 Spanningsbemaling: uitgangspunten.....	14
3.2 Spanningsbemaling: kritieke grondwaterstand	14
3.3 Spanningsbemaling: prognose verlaging grondwaterstand.....	15
3.3.1 Referentiepunt 10 m afstand	15
3.3.2 Referentiepunt 20 m afstand	16
3.3.3 Referentiepunt 40 m afstand	16
3.3.4 Referentiepunt 80 m afstand	17
3.3.5 Referentiepunt 160 m afstand.....	17
3.4 Spanningsbemaling: debiet	17
4 Conclusie en aanbevelingen	18
4.1 Conclusie	18
4.2 Aanbevelingen.....	18
Gebruikte literatuur en bronnen.....	19
Bijlage 1 – Algemene voorwaarden rapport	20

1 Inleiding

Een ontwerp voor het project “Valeriuskliniek te Amsterdam” is gemaakt door de Duyts constructeurs en Crux Engineering. Loots Grondwatertechniek heeft een vergunningsonderbouwend bemalingsadvies (kenmerk 10750215B.2) opgesteld, daaruit bleek dat er bij maaiveldddaling problemen kunnen ontstaan ten aanzien van de omgeving (binnenstedelijk met meerdere rijksmonumenten). Bij het toepassen van een bemaling wenst de opdrachtgever duidelijkheid op het gebied van geotechniek en grondwater: namelijk hoe de grondwaterstand verlaagd zou worden en welke consequenties dat zou hebben voor de omgeving. Daarom is aanvullend onderzoek verricht (pompproef), waarmee in dit rapport een analyse is uitgevoerd.

Doel van rapport

Het doel van dit rapport is het presenteren van de verwachte grondwaterstandsverlaging in de deklaag ten gevolge van een spanningsbemaling voor het project “Valeriuskliniek”. Aanvullend zal Crux Engineering met behulp van de te verwachten verlagingen een zettings- en schadeprognose uitvoeren voor de omgeving.

De berekening van de bouwputbemaling is op basis van de uitgangspunten ontvangen van de opdrachtgever, algemeen gehanteerde normen zoals Eurocode (1) en SBR-richtlijnen (2) (3) en lokaal grondonderzoek zijn de mogelijkheden voor grondwater te beheersen onderzocht.

Leeswijzer

Algemene lezer: Om de hoofdvraag van dit rapport te beantwoorden, wordt eerst in hoofdstuk 2 beschreven hoe de pompproef is uitgevoerd, geanalyseerd en welke rekenparameters zijn afgeleid. Het derde hoofdstuk beschrijft de resultaten van de modelberekening ten aanzien van de spanningsbemaling voor de bouw. Tot slot zijn in hoofdstuk 4 de conclusies en aanbevelingen opgenomen om de risico's te beheersen tijdens de bouw.

De algemene voorwaarden van dit rapport zijn bijgevoegd in bijlage 1.

2 Uitwerking pompproef

Voor een optimale beoordeling van grondwaterbeheersing maatregelen is het criterium een zo goed mogelijk begrip van de volgende parameters: de projectafmetingen, de fasering, de bodemopbouw, de grondwater eigenschappen en de aanwezige objecten en belendingen in de omgeving. De pompproef is een proef waarbij de bodemopbouw parameters nader onderzocht worden, in het bemalingsadvies waren deze parameters ingeschat en in deze rapportage worden de bodemopbouw parameters bepaald met behulp van de pompproef.

In bijlage 2 is samengevat waar de data is afgeleid.

2.1 Pompproef: methode en meetlocaties

De pompproef bestaat uit één onttrekkingsbron en twintig grondwater metingen (op 6 locaties), zie figuur 1 voor het overzicht. Het principe bestaat uit tijdelijk grondwater onttrekken en nauwkeurig de reactie van de grondwaterstand in verschillende watervoerende lagen meten. Met deze metingen kan vervolgens geanalyseerd worden welke eigenschappen de bodem heeft ten aanzien van horizontale en verticale doorlatendheid.



Figuur 1 – bovenaanzicht meetlocaties

2.2 Pompproef: bodemlagen

De bodemopbouw is een parameter welke is ingeschat op basis van diverse onderzoeken. Zie de gebruikte literatuur en bronnen welke bodemonderzoeken gebruikt zijn voor deze analyse. De bodemopbouw betreft een schematisatie, ofwel een interpretatie van de data.

In de onderstaande figuur is de schematische bodemopbouw weergegeven.

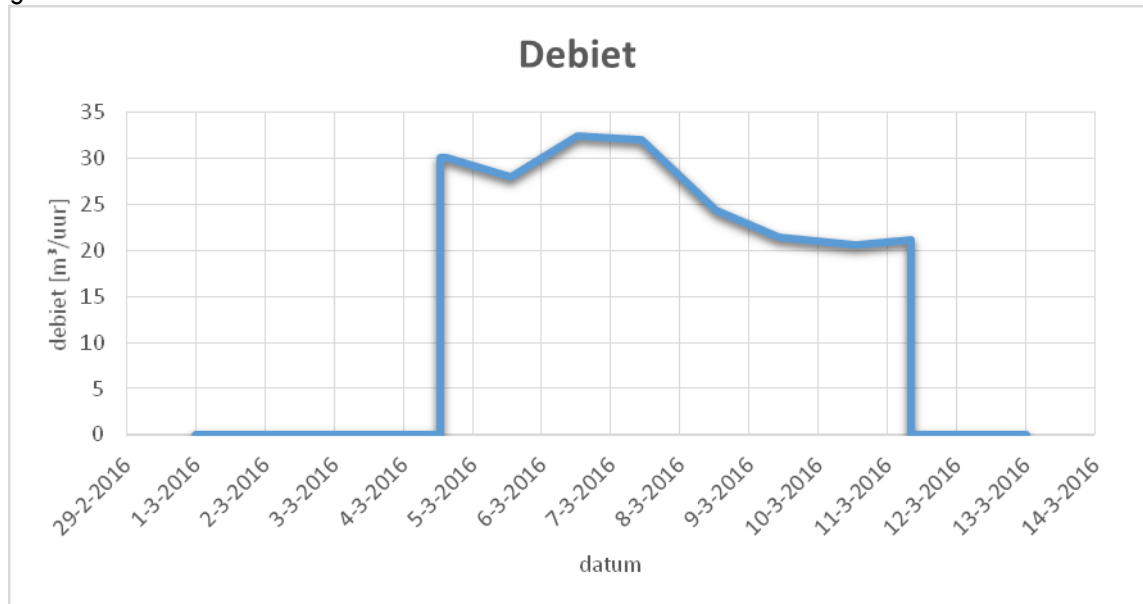


Voor de pompproef is de bodem geschematiseerd en onderzocht in de volgende lagen:

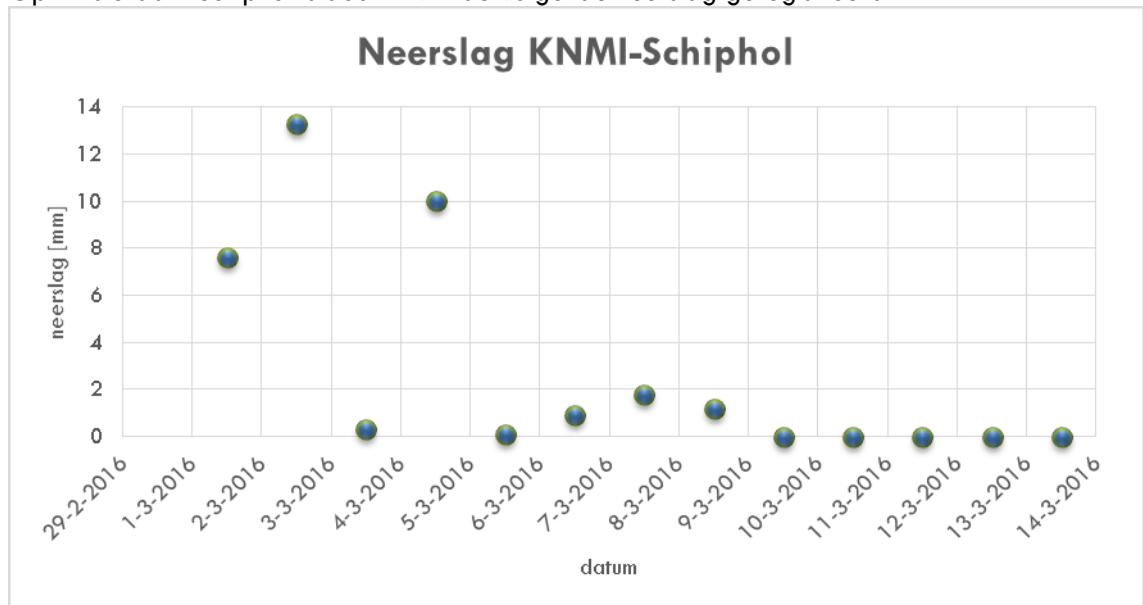
Bodemopbouw	Top laag [m+NAP]	Metingen pompproef
Watervoerende laag 1	0,6	2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A
Slecht doorlatende laag 1	-3	
Watervoerende laag 2	-7,5	2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B
Slecht doorlatende laag 2A (boven basisveen)	-9	
Slecht doorlatende laag 2B (basisveen)	-10,5	3WSM
Watervoerende laag 3A	-11,5	2C, 3C, 4C, 5C, 6C, 7C
Slecht doorlatende laag 3A	-18	
Watervoerende laag 3B	-18,1	2D
Slecht doorlatende laag 3B	-20	
Watervoerende laag 3C	-20,1	
Slecht doorlatende laag 4	-42	

2.3 Pompproef: metingen

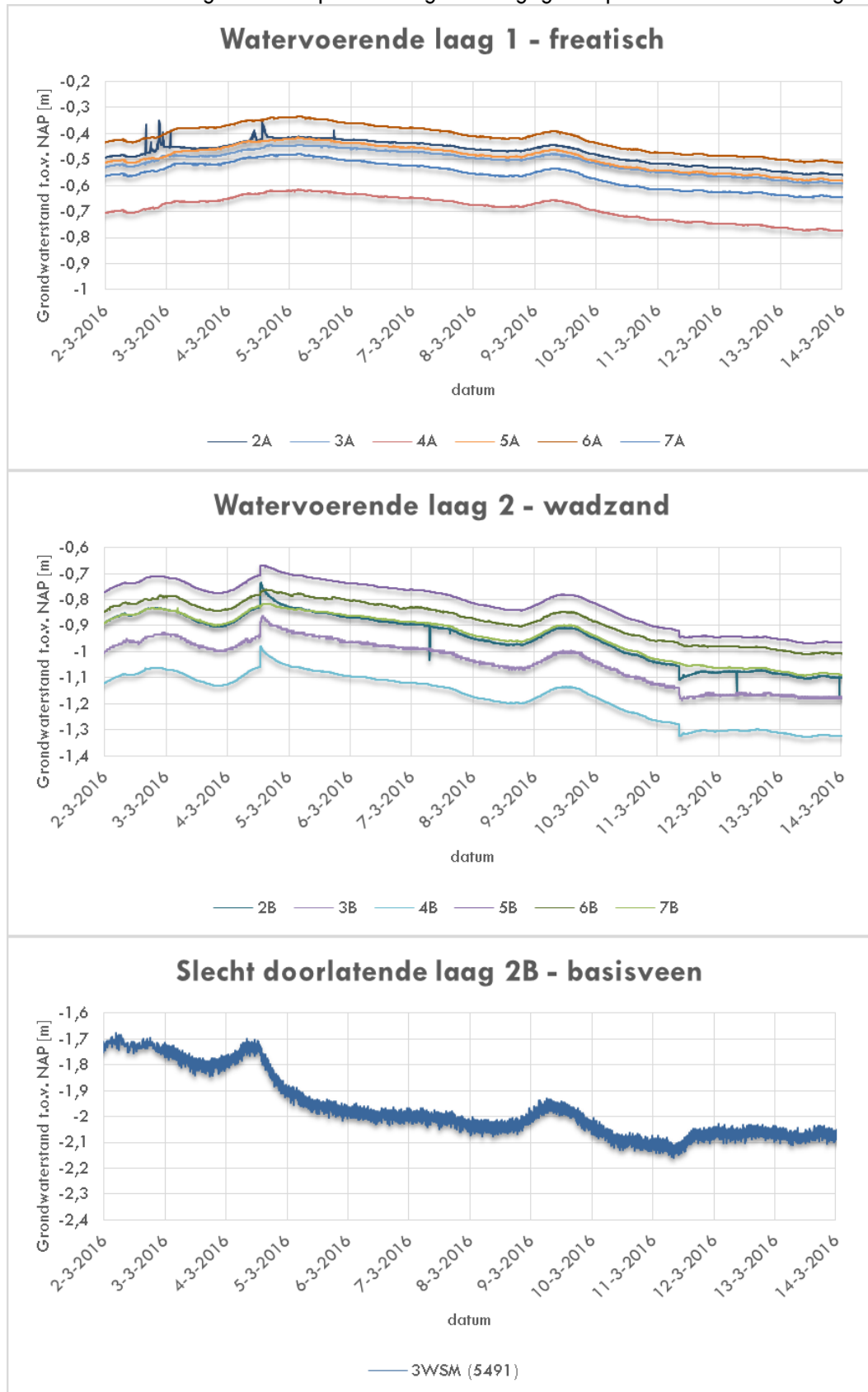
Het debiet is geregistreerd op de projectlocatie, dit is in beeld gebracht in de onderstaande grafiek:

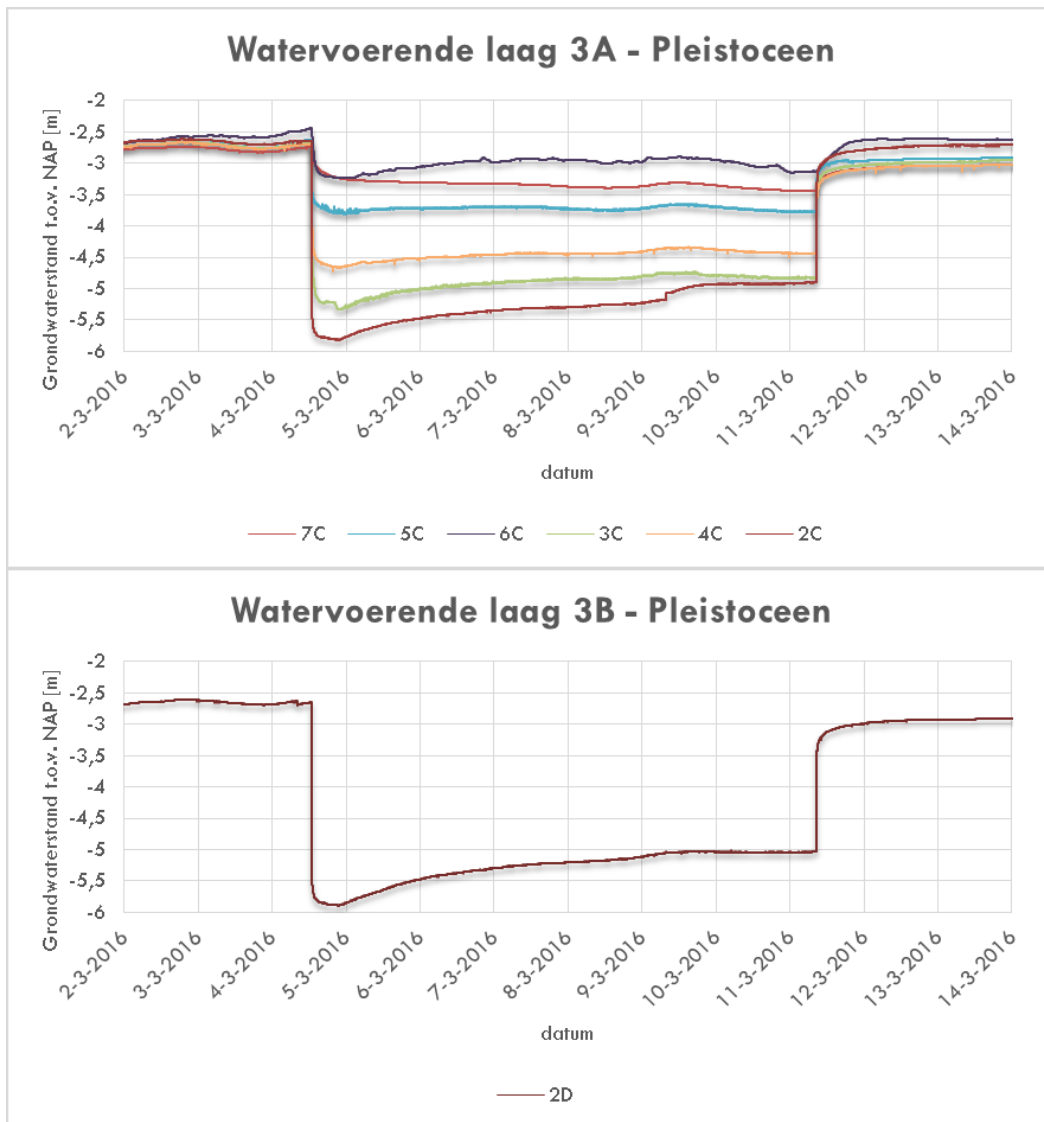


Op Amsterdam-Schiphol is door KNMI de volgende neerslag geregistreerd:



In de onderstaande grafieken zijn de metingen weergegeven per watervoerende laag:





Opgemerkt wordt het volgende:

- Bij de start was het debiet hoger dan tegen het einde van de pompproef, met de uitwerking van de pompproef moet rekening gehouden worden met een variabel (afnemend) debiet;
- Neerslag voor de start van de pompproef was bovengemiddeld. Na de start van de pompproef was de neerslag in het begin beneden het gemiddelde en vanaf 10 maart was er geen neerslag (tot en met het einde van de pompproef);
- Grondwatermeetreeksen watervoerende laag 1, 2 en slecht doorlatende laag 2B tonen een vergelijkbare "trend";
- Grondwatermeetreeksen watervoerende laag 3A en 3B tonen een vergelijkbare "trend";
- De grondwaterstand in watervoerende lagen 1 en 2 stijgen de eerste 24 uur nadat de pompproef is gestart. Het effect van neerslag op de grondwaterstand is naar verwachting vertraagd (met tenminste 24 uur);
- Het Noordbergum-effect wordt waargenomen in watervoerende laag 2;
- Metingen 2A, 2B en 6C tonen een enigszins grillig beeld (enkele meetfouten mogelijk), een waterspanningsmeter is tevens kapot gegaan (foutieve meting).

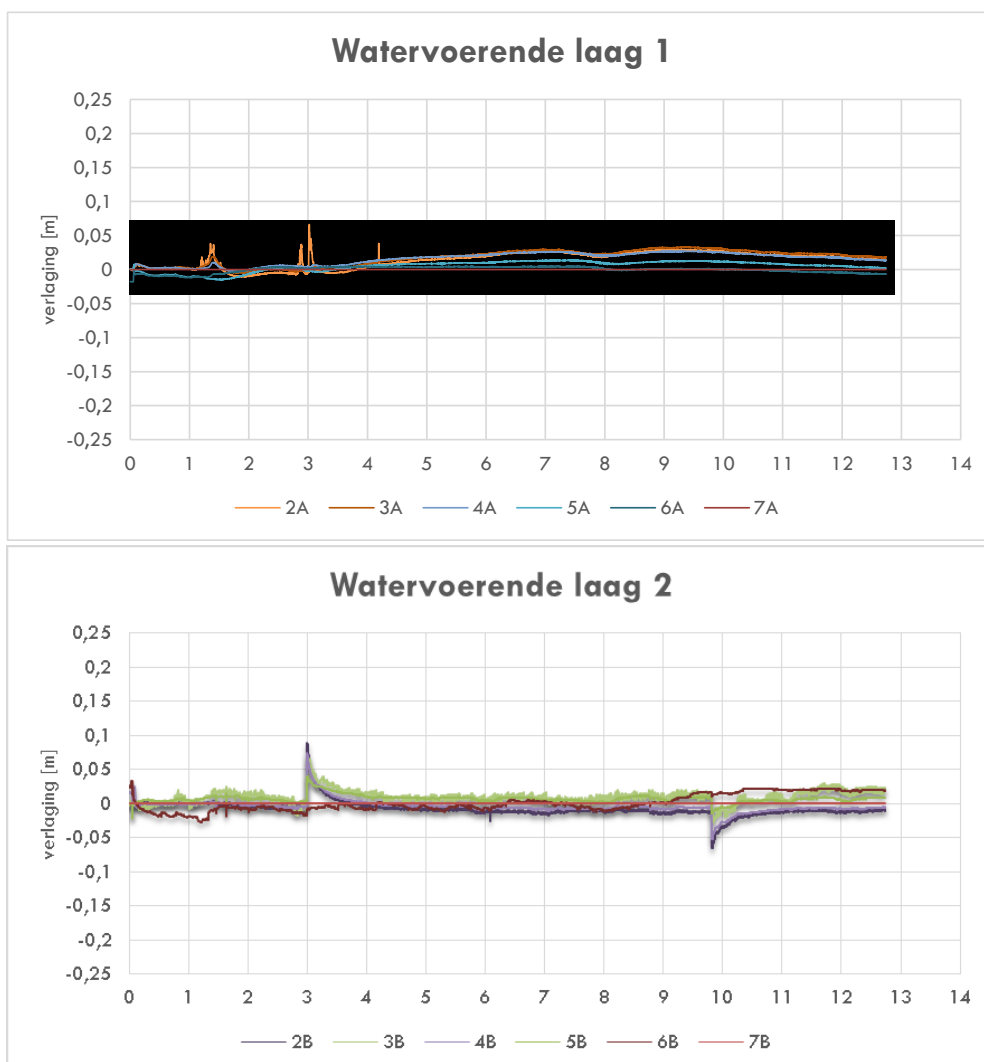
Geconcludeerd wordt dat voldoende metingen beschikbaar zijn voor analyse.

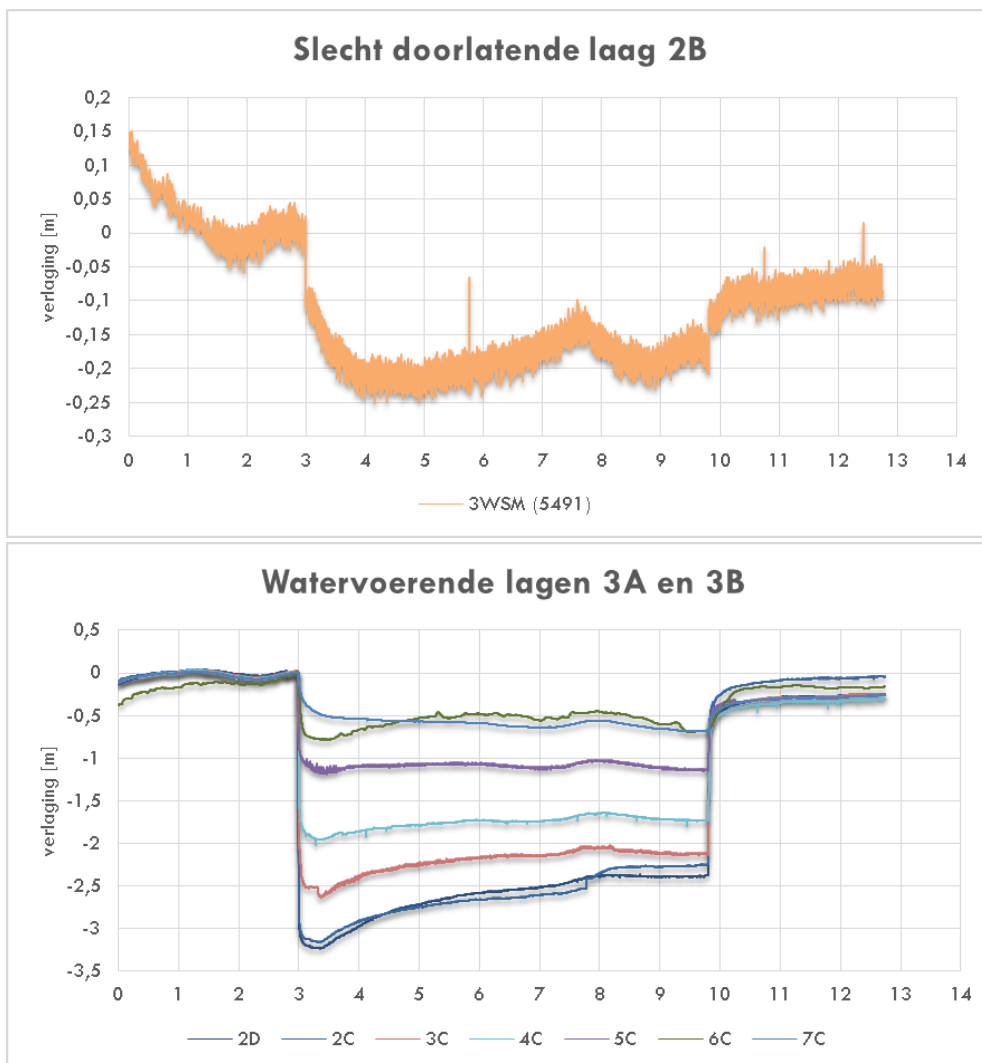
2.4 Pompproef: metingen gecompenseerd

In theorie is de verlaging in verschillende watervoerende lagen aan elkaar gerelateerd. Bijvoorbeeld (enkel als rekenvoorbeeld): in watervoerende laag 3 wordt de grondwaterstand 5 m verlaagd en vervolgens wordt een verlaging in watervoerende laag 2 gemeten van 1 m, ofwel de verlaging in watervoerende laag 2 is circa 20% van de waarde uit watervoerende laag 3. Deze berekening is mogelijk bij hoofdzakelijk verticale stroming. In de deklaag is vanaf circa 20-30 m van de bron de grondwaterstroming overwegend verticaal tijdens de pompproef. Door deze eigenschap kan relatief simpel worden afgeleid welke effecten worden veroorzaakt ten gevolge van de grondwateronttrekking en welke effecten worden veroorzaakt ten gevolge van neerslag of verdamping.

Om de pompproef te analyseren is het noodzakelijk alleen de feitelijke verlaging ten gevolge van de grondwateronttrekking te analyseren. Zonder invloeden van neerslag, infiltratiesnelheid bestrating, effecten/stroming onverzadigde zone en dergelijke. Om dit te beoordelen wordt meetreeks 7 om de metingen te compenseren van meetreeksen 2 tot en met 6. Dit kan alleen in watervoerende lagen 1, 2 en (mogelijk) slecht doorlatende laag 2B, de laatste is minder nauwkeurig. Op basis van bodemonderzoek wordt gesteld dat de bodemopbouw bij meetreeks 7 vergelijkbaar is met de bodemopbouw bij de overige meetreeksen. Echter is meetreeks 7 het meest buiten de theoretische reikwijdte (watervoerende lagen 1 en 2) van de bron.

In de onderstaande grafieken is de verlaging weergegeven, de pompproef start op dag 3 en stopt eind dag 9.





Opgemerkt wordt het volgende:

- In watervoerende laag 1 stijgt de grondwaterstand bij de peilbuizen dichtbij de bron (vergeleken met de peilbuis met de grootste afstand tot de bron), geconcludeerd wordt dat de verlaging zeer klein is (verwaarloosbaar/niet meetbaar);
- In watervoerende laag 2 wordt direct na de start van de onttrekking een stijging waargenomen (Nordbergum-effect) en na beëindigen van de onttrekking is een daling (Nordbergum-effect). Geconcludeerd wordt dat de metingen van goede kwaliteit zijn en dat de verlaging zeer klein is (verwaarloosbaar/niet meetbaar);
- In slecht doorlatende laag 2B (SDL 2B) is een daling van circa 0,10~0,13 m na de start waargenomen (pompproef), bij het beëindigen (stopproef) is de stijging circa 0,05~0,10 m, opgemerkt wordt dat de grafiek tijdens start reeds dalend was en bij stop reeds stijgend was;
- In watervoerende laag 3 is de maximale verlaging ruim 3 m (vlakbij de bron) en de minimale verlaging circa 0,5 m (op de maximale afstand van de bron);
- Relatief is de verhouding van verlaging in SDL 2B/WVL 3 op meetpunt 2 direct bij de start $0,10 \sim 0,13 / 3,0 = 3,3 \sim 4,3\%$ en direct bij het stoppen is dit $0,06 \sim 0,1 / 1,9 = 3,2 \sim 5,2\%$.

2.5 Uitwerking pompproef

De pompproef is uitgewerkt met behulp van MLU, dit is een pompproef analyse programma voor niet-stationaire stroming bij meerdere watervoerende lagen. Na het invoeren van de pompproef data is een analyse uitgevoerd ter bepaling van de bodemparameters. Hieruit blijken de volgende gegevens:

Tabel 2.5

Doorlatendheid [m/dag]	k_h -pompproef	k_v -pompproef
Watervoerende laag 1	3~7 ¹	1~5
Slecht doorlatende laag 1	0,1~0,01 ¹	0,001 (0,01)
Watervoerende laag 2	1~2 ¹	0,1~1
Slecht doorlatende laag 2A (boven basisveen)	0,1	0,0001 (0,00037)
Slecht doorlatende laag 2B (basisveen)	0,1	0,00001 (0,0000025)
Watervoerende laag 3A	9~11	9~11
Slecht doorlatende laag 3A	7,5	7,5
Watervoerende laag 3B	9~11	9~11
Slecht doorlatende laag 3B	0,5	0,5
Watervoerende laag 3C	15~18	7~15
Slecht doorlatende laag 4	0,0006 ¹	0,0006

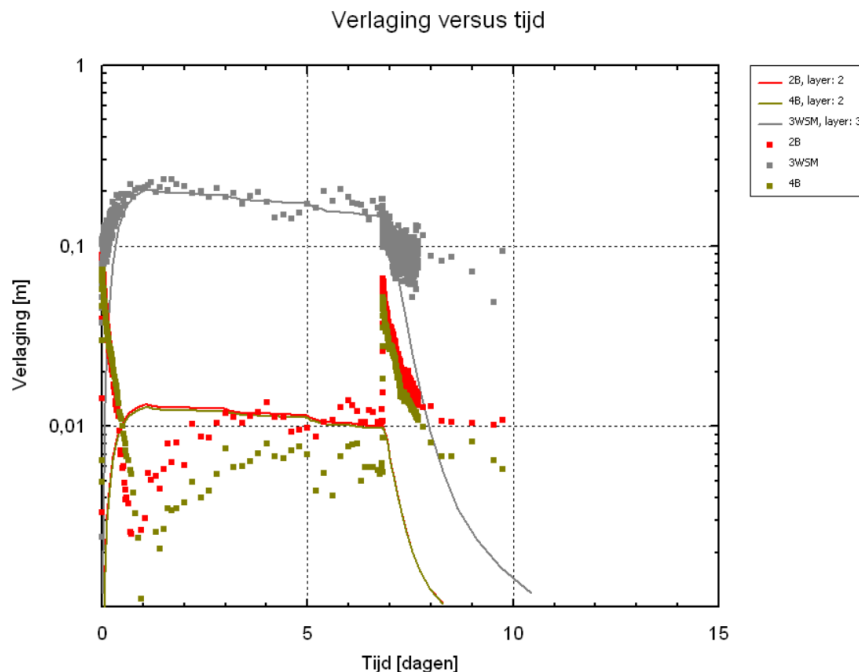
Na de MLU berekening zijn de rekenwaarden (met name verticale weerstand) gekalibreerd in het MicroFEM model, deze rekenwaarden zijn opgenomen in de tabel. De MLU verticale doorlatendheid is weergegeven tussen haakjes in tabel 2.5 (berekende waarde met behulp van de bewerkte metingen, ofwel verlagingen uit H2.4).

Hieronder in dit hoofdstuk zijn de MLU berekeningen (lijnen) geplot naast de waarnemingen (punten), daarbij is de analyse uitgevoerd met de peilbuizen en de grootste een verlaging (peilbuizen zonder verlaging worden niet beschouwd).

¹ Grove inschatting, namelijk tijdens de pompproef was weinig sprake van horizontale stroming in deze laag.

Deklaag gecompenseerd (alle lagen boven watervoerende laag 3A)

In de deklaag zijn er drie meetpunten waar een verlaging is waargenomen. Deze verlaging was beperkt maar wel aanwezig. In de onderstaande grafiek zijn de resultaten weergegeven.

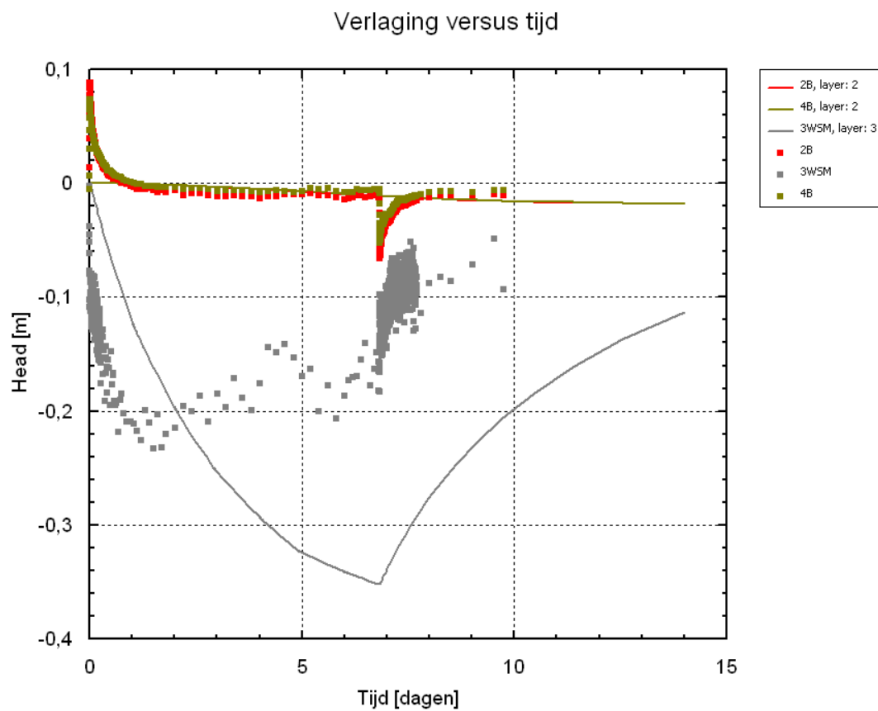


Opgemerkt wordt dat de MLU berekening bij de waterspanningsmeter (3WSM) de waarnemingen tijdens opstarten nauwkeurig volgt. Echter tijdens stoppen blijft de verlaging bij de waarnemingen hangen op circa 0,08 m, dit betekent dat de eigenschappen (verticale doorlatendheid) conservatief zijn ten aanzien van de stopproef.

Ten tweede geven twee peilbuizen in watervoerende laag 2 een daling van circa 0,01 m, deze peilbuizen (2B en 4B) zijn gesimuleerd en de berekende waarde van MLU komt overeen.

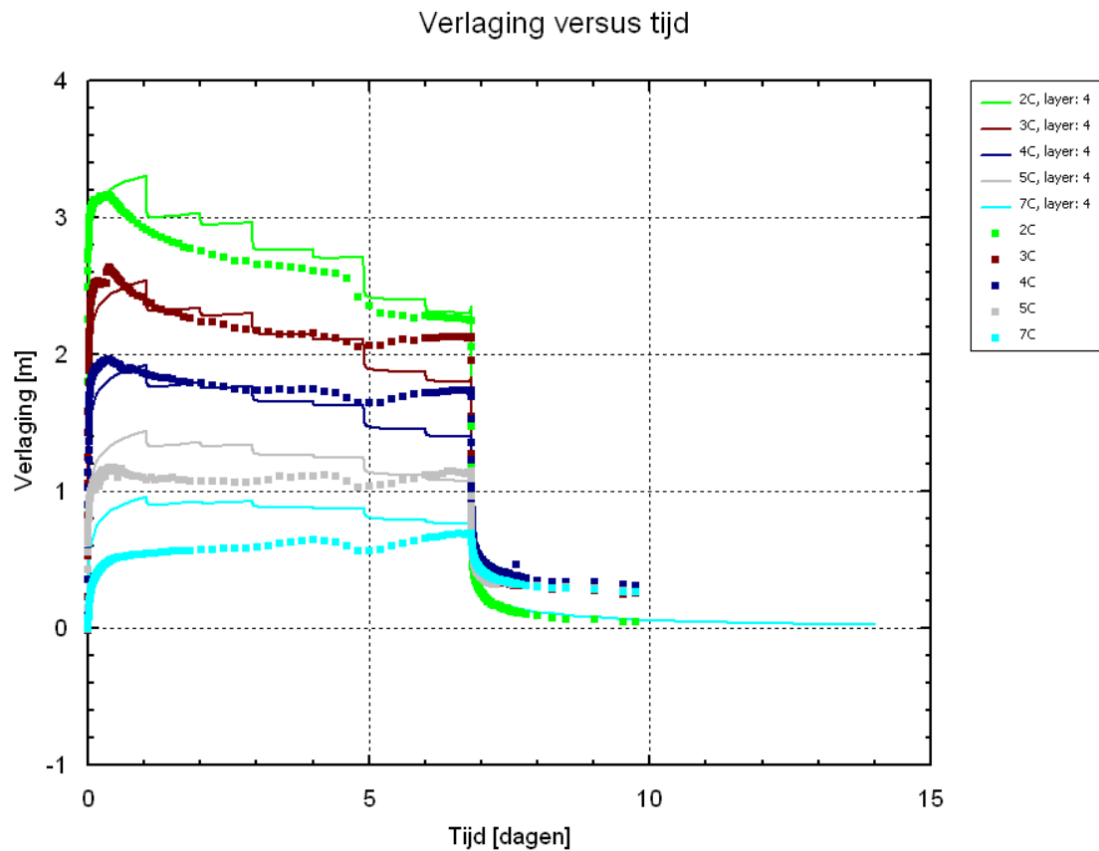
Deklaag ongecompenseerd (alle lagen boven watervoerende laag 3A)

In de deklaag daalt de grondwaterstand ongecompenseerd. Namelijk de verlaging zonder compensatie was circa 0,5 m bij de waterspanningsmeter en 0,1 m in de wadzandlaag. Een soortgelijk "gedrag" is onderstaand gesimuleerd.



Watervoerende laag 3A

Op alle meetpunten onder de deklaag in watervoerende laag 3A is een verlaging waargenomen. Deze verlaging was aanzienlijk vergeleken met verlaging in de deklaag. In de onderstaande grafiek zijn de resultaten weergegeven.



Opgemerkt wordt dat het door variatie in de doorlatendheid en debiet niet mogelijk alle peilbuismetingen exact na te bootsen. Na een “best-fit” benadering zijn de bovenstaande waarden in de grafiek berekend. Daarbij is gekozen voor een conservatieve “best-fit”, waarbij bij gebruik van de bodemparemeters, de verlagingen op grotere afstand eerder te groot wordt berekend dan te klein.

3 Analyse grondwaterstand ten gevolge van spanningsbemaling Valeriusplein

In dit hoofdstuk zijn de berekende verlagingen weergegeven (welke zijn bepaald met de bodemparameters van de pompproof). Om deze verlagingen te berekenen is gebruik gemaakt van het rekenprogramma MicroFEM.

3.1 Spanningsbemaling: uitgangspunten

Het project is opgedeeld in onderdelen met een verschillende bouwtijd en/of afmeting. De onderdelen zijn weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1

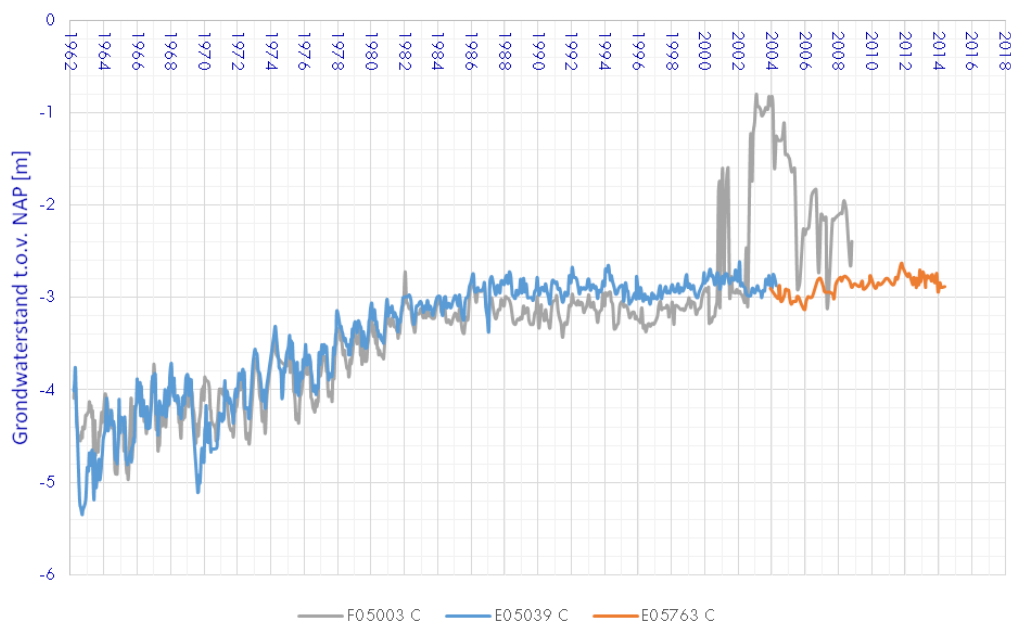
objecten omschrijving	lengte [m]	breedte [m]	ontgravings- diepte [m+NAP]	damwand punt [m+NAP]	bemalings- duur
spanningsbemaling vloer	80	20~50	-7.5	-18.5	360 dagen
spanningsbemaling poeren	80	20~50	-7.7	-18.5	60 dagen
spanningsbemaling liftput	8	4	-8.6	-18.5	60 dagen

Met behulp van de slechtste sondering (DKM-21) is het verticaal evenwicht bepaald voor diverse onderdelen. De volgende kritieke stijghoogtes (grondwaterstanden) voor de bouwphase zijn berekend voor watervoerende laag 3:

- Vloer (ontgravingsniveau NAP – 7,5 m): kritieke stijghoogte NAP – 5,7 m, inclusief veiligheidsfactor 1,1;
- Poeren (ontgravingsniveau NAP – 7,7 m): kritieke stijghoogte NAP – 6,05 m, inclusief veiligheidsfactor 1,1;
- Liftput (ontgravingsniveau NAP – 8,6 m): kritieke stijghoogte NAP – 6,94 m, inclusief veiligheidsfactor 1,1 (bij beperkte ontgravingsbreedte 4 m, steil talud).

3.2 Spanningsbemaling: kritieke grondwaterstand

Met behulp van de bodemparameters is het mogelijk de kritieke grondwaterstand te bepalen voor alle bodemlagen. Dit is gedaan met behulp van drie metingen binnen de reikwijdte.



In de grafiek met metingen F05003 C, E05039 C en E05763 C is de grondwaterstand in watervoerende laag 3A weergegeven ten opzichte van NAP in de periode 1960 tot en met heden. De x-as is verdeeld in jaren, ofwel de afstand tussen het grid op de horizontale as is gelijk aan één jaar.

Vervolgens is de kritieke grondwaterstand per bodemlaag met MicroFEM berekend:

Tabel 3.2

kritieke grondwaterstand [m+NAP]	1960- 1969	1970- 1979	1980- 1989	1990- 1999	2000- 2009	2010- heden
Watervoerende laag 1	-1,5	-1,4	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3
Watervoerende laag 2	-2,1	-2	-1,75	-1,7	-1,7	-1,6
Slecht doorlatende laag 2A/B	-3,5	-3,3	-2,6	-2,5	-2,45	-2,25
Watervoerende laag 3A/B/C	-5	-4,65	-3,5	-3,3	-3,2	-2,9

De verlagingen in tabel 3.2 zijn berekend met een vergelijkbare langdurige verlaging (tenminste 1 jaar). De bovenstaande kritieke grondwaterstand waarde is meer conservatief vergeleken met de gemiddeld laagste grondwaterstand (dit is het gemiddelde van 1,5% slechtste metingen in een periode van 8 jaar, ofwel een periode van 1,5 maand welke waarschijnlijk niet aaneengesloten is).

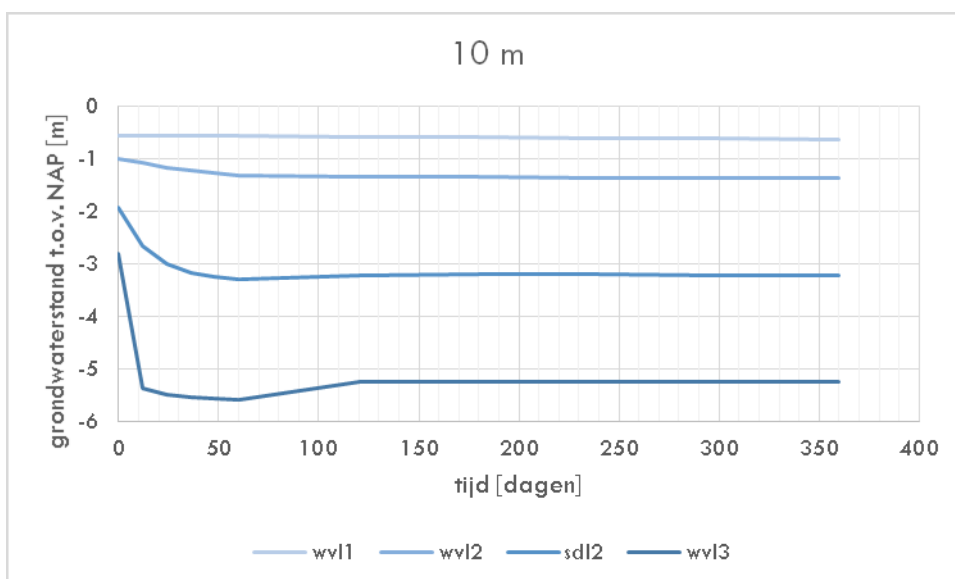
3.3 Spanningsbemaling: prognose verlaging grondwaterstand

De onderstaande grafieken betreffen de grondwaterstand versus de tijd, hierbij wordt in de eerste 60 dagen bemalen op het niveau “poeren”, daarna is de bemaling voldoende voor algemeen ontgravingsniveau. Daarbij is gekeken naar drie locaties namelijk:

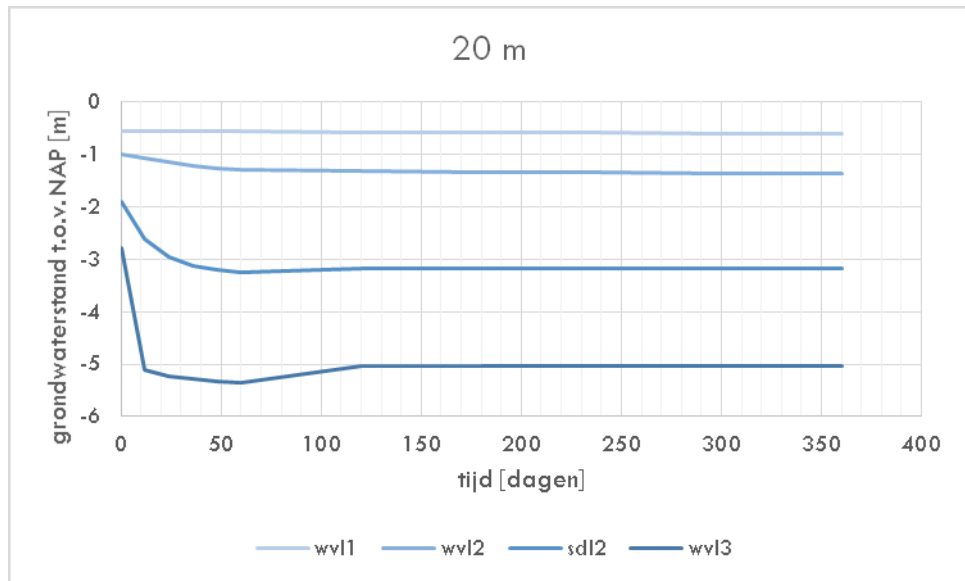
- wvl1=watervoerende laag 1 (freatisch pakket);
- wvl2=watervoerende laag 2 (wadzandlaag);
- sdl2= basisveenlaag;
- wvl3=watervoerende laag 3 (Pleistocene).

Bij elk referentiepunt is de afstand tot de damwand vermeld.

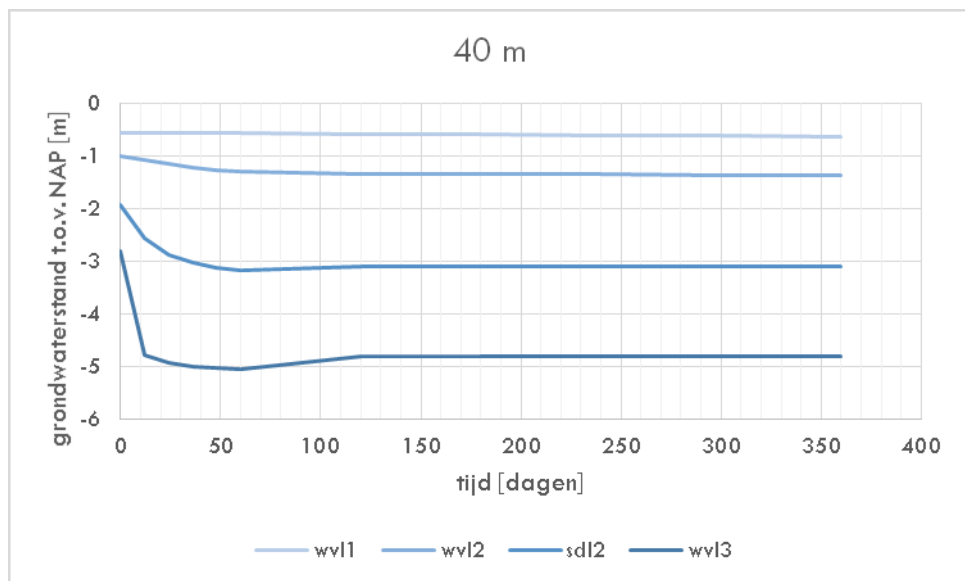
3.3.1 Referentiepunt 10 m afstand



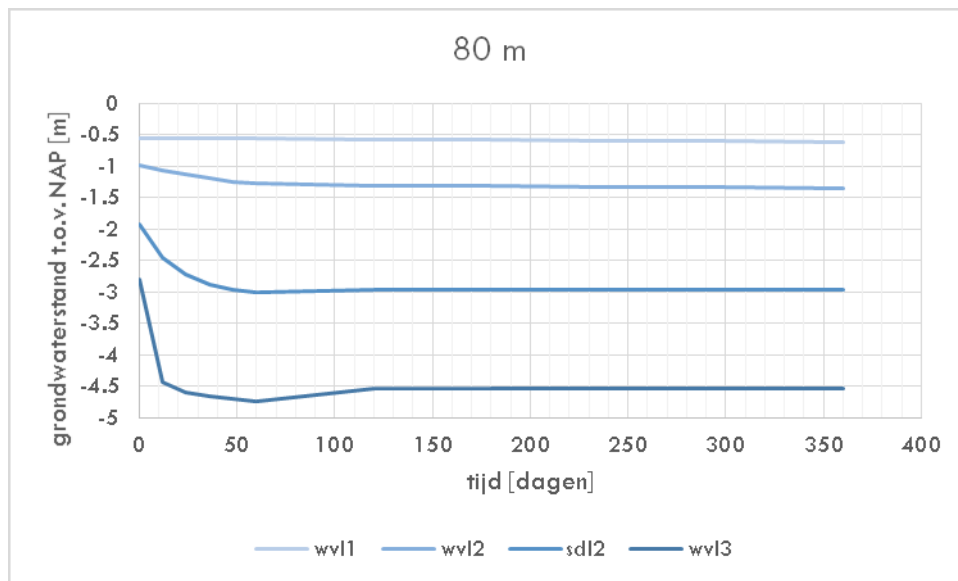
3.3.2 Referentiepunt 20 m afstand



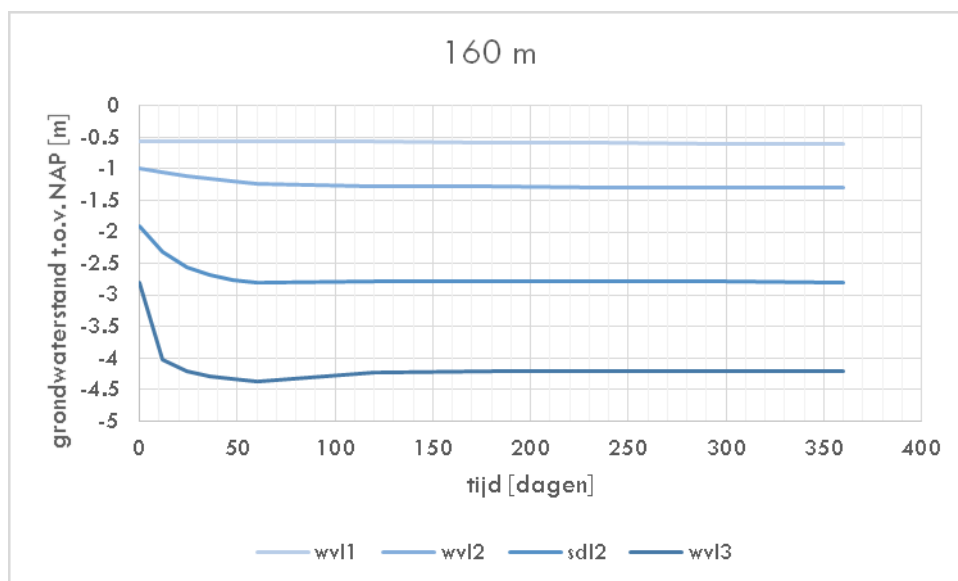
3.3.3 Referentiepunt 40 m afstand



3.3.4 Referentiepunt 80 m afstand



3.3.5 Referentiepunt 160 m afstand



3.4 Spanningsbemaling: debiet

Met de pompproef is een debiet bepaald van 85 m³/uur voor de fase van poeren (gehele bouwput 50 x 50 m) en 75 m³/uur bij het algemene ontgravingsniveau (gehele bouwput 50 x 50 m. Indien de bouwput in twee delen wordt uitgevoerd, dan is het verwachte debiet lager.

4 Conclusie en aanbevelingen

4.1 Conclusie

Geconcludeerd wordt dat er op de projectlocatie sprake is van een sterke voorbelasting (verlaging van grondwaterstand in het verleden). Deze voorbelasting zorgt ervoor dat de grondwaterstand niet of nauwelijks verlaagd wordt beneden de historische kritieke grondwaterstand.

4.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt een zettingsprognose uit te voeren op basis van de modelberekening in H3. Daarbij wordt aanbevolen te kijken naar het kritieke object, funderingsdiepte en bouwperiode. Belendingen uit een bouwperiode voor 1970 hebben reeds een sterke voorbelasting gehad.

Neem contact op met Erik Loots voor meer informatie.

Opgesteld door:

ing. E.J. Loots (06-53392188)

Loots Grondwatertechniek

20 maart 2016

Gebruikte literatuur en bronnen

1. **Nederlands Normalisatie-instituut.** *NEN 9997-1+C1-2012*. Normcommissie 351 006 "Geotechniek". Delft : NEN, 2012. ICS 91.080.01; 93.020.
2. **SBR.** *190.03 Bemaling van bouwputten*. Rotterdam : SBR, 2003.
3. —. *273.98 Leidraad voor het onderzoek naar de invloed van een grondwaterstandsaling op de bebouwing*. Rotterdam : SBR, 1998.
4. **Rijkswaterstaat - Ministerie van Infrastructuur en Milieu.** Bodemloket. [Online] 2013. <http://www.bodemloket.nl>.
5. **Google.** *Google Earth*. 2012. 7010101888.
6. **Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed - Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap.** *IKAW - Archeologische Monumentenkaart*. [Autocad] 2011.
7. **Dinoloket, Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond.** *Ondergrondgegevens*.
8. **Dienst Regelingen.** *Basisregistratie Percelen*.
9. **GBO Provincies.** *Grondwaterbescherming en -onttrekking*.
10. **Publieke Deinstverlening op kaart.** *Natura 2000 gebieden*.
11. **Kadaster.** *Basisregistraties Adressen en Gebouwen*.
12. —. *Top10NL kaart nederland*. 2012.
13. **Crux.** *NT15201d1 DO versie 2 Damwandadvies 2 varianten*. 5-2-2016.
14. **BV, Dik Smeding.** *402-3014 tekeningen DO*. 4-2-2016.
15. **Blokpoel, Inpijn.** *06P001689 Grondonderzoek*. 18-05-2015.

Bijlage 1 – Algemene voorwaarden rapport

Op alle, door Loots Grondwatertechniek uitgebrachte adviezen en berekeningen, is de DNR 2011 <http://www.nlingenieurs.nl/downloads/dnr-2011/> van toepassing.

Het advies en de berekeningen zijn opgesteld conform de onderstaande wetgeving, normen, richtlijnen en protocollen:



Eurocode 7: Geotechniek
NEN 9997-1+C1:2012



Wetgeving Rijksoverheid
Waterwet



SBR190.03 Bemaling van
bouwputten

SBR273.98 Leidraad voor het
onderzoek naar de invloed van
een grondwaterstandsaling op
de bebouwing

De onderstaande beperkingen en voorwaarden in dit hoofdstuk zijn van toepassing op dit document:

Algehele stabiliteit, stabiliteit ophogingen en stabiliteit taluds, belastingen, stabiliteit, sterkte grondkerende constructies en verankeringen worden niet beschouwd;

© 2014 Loots Grondwatertechniek - Niets uit dit drukwerk mag worden verveelvoudigd, gecommuniceerd, aangepast, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt, in enige vorm op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, microfilm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Loots Grondwatertechniek, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd. De rekenwaarden zijn uitsluitend voor berekening van bemaling(effecten) en worden geenszins met het oog op enig specifiek gebruik ter beschikking gesteld;