

Reales BV
Dhr. R. Schenk
Heemsteeds Dreef 69
2101 LM Heemstede

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

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

cruxbv.nl

Notitie

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van Reales heeft CRUX een geohydrologische analyse opgesteld voor bouwwerkzaamheden aan de Sacharovlaan te Alphen aan den Rijn. In deze analyse worden de gevolgen van de kelder op de grondwaterstand en grondwaterstroming in de permanente situatie geïnventariseerd.

1.2 Projectsificatie

De projectlocatie is Doctor A.D. Sacharovlaan 2 te Alphen aan den Rijn. De projectlocatie wordt begrenst door wegen aan de noord- en oostzijde en het spoor aan de zuidwestzijde (zie Figuur 1).

Op de locatie is nu hoogbouw aanwezig zonder kelder. De nieuwbouw bestaat uit twee woonblokken met een éénlaags kelder. Door de veranderde situatie ontstaat een grondwaterbarrière tot een niveau van NAP -4,4m (inclusief poeren). Door de realisatie van de kelder en fundering wordt het freatische pakket afgesloten. De damwanden worden na afronden van de bouwwerkzaamheden getrokken en hebben daardoor geen barrièrewerking voor grondwaterstroming.



Figuur 1 Projectlocatie

Onderwerp

Barrièrewerking
Sacharovlaan Alphen ad
Rijn

Projectnummer
20224

Ons kenmerk
NT20224b1

Versie
1

Datum
15 juli 2020

Pagina's
12

Opgesteld
R. Brugman MSc

Gecontroleerd
drs. G.W. Winters

Vrijgave
ir. G. Meinhardt

Bijlagen
-

Formulier
RA-03-v19.1113

2 Toetsingskader

2.1 Achtergrond

De realisatie van obstakels in de bodem kan de grondwaterstroming beïnvloeden. Om grondwateroverlast te voorkomen draagt de Gemeente zorg om maatregelen te treffen om nadelige gevolgen van de grondwaterstand te voorkomen, conform artikel 3.6 van de Waterwet.

In de gemeente Alphen aan den Rijn is de invloed van ondergrondse obstakels op de grondwaterstroming klein door het beperkte aantal kelders. Er worden daarom vanuit de gemeente geen extra eisen aan voorzieningen gesteld. Een vertaalslag van de Waterwet naar een gemeentelijke leidraad is bij CRUX dan ook niet bekend.

Echter door een groot verhang van de grondwaterstand op de projectlocatie is de barrière werking van obstakels als damwanden zeer groot, waardoor omgevingseffecten niet kunnen worden uitgesloten. Dit geldt met name voor het naastgelegen spoor. In het bemalingsadvies [7] worden zettingen van het spoor berekend als gevolg van de barrièrewerking.

Om de barrièrewerking eenduidig te beschrijven met vergelijkbare analyses in andere gemeentes wordt de leidraad van gemeente Amsterdam toegepast (de meest strikte in NL). In het gemeentelijk rioleringsplan (GRP) van de gemeente Amsterdam is de zorg verder uitgewerkt (zie Figuur 2). Bij de uitvoering van deze grondwaterzorgplicht gaat het om het voorkomen of beperken van overlastsituaties.

In praktijk betekent dit dat gestreefd wordt naar het concept van grondwaterneutraal bouwen waarbij de grondwaterstand niet significant beïnvloed wordt door de nieuwe objecten in de bodem. Dit wordt ook wel het “stand still” principe genoemd; er vindt géén verslechtering plaats van het grondwatersysteem en de doorstroming van grondwater op kavelniveau blijft gelijk.

GEMEENTELIJKE WATERTAAK	ALGEMENE UITGANGSPUNTEN
Stedelijk afvalwater	• zoveel mogelijk scheiding aan de bron van de componenten van stedelijk afvalwater • waar mogelijk decentrale zuivering in plaats van de huidige centrale, zolang dit duidelijk aanwijsbare voordelen biedt
Hemelwater	• de perceelseigenaar is in principe zelf verantwoordelijk voor de verwerking van hemelwater op eigen terrein • de verwerking van hemelwater is een inspannings- en geen resultaatverplichting voor de gemeente • uitgangspunt is om verontreinigd hemelwater gescheiden te houden van het overige hemelwater • gebruik heeft de voorkeur boven direct lozen • gemeente houdt bij de inrichting van de openbare ruimte rekening met het tijdelijk opvangen van extreme buien
Grondwater	• duurzaam functionerend grondwatersysteem: ◦ nieuwe hinder voorkomen ◦ bestaande hinder wegnemen • de perceelseigenaar is in principe zelf verantwoordelijk voor het grondwater op eigen terrein

Figuur 2 Puntsgewijs overzicht van richtlijnen voor de wateraanpak conform het Gemeentelijk Rioleringsplan 2016 -2021 van Amsterdam (Waternet, 2016)

2.2 Toetsing

Deze notitie is opgesteld om het effect van de barrièrewerking inzichtelijk te maken. Hiervoor wordt een geohydrologisch model opgesteld. De resultaten van de berekening kunnen worden voorgelegd aan Prorail als beheerder van het spoor.

Op basis van de geohydrologische toetsing wordt bepaald of mitigerende maatregelen nodig zijn om de van nature aanwezige grondwaterstroming te herstellen. De mitigerende maatregelen worden vervolgens met debietsberekeningen op kavelniveau getoetst.

3 Uitgangspunten

3.1 Documenten

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

- [1] Multiconsult, rapport *Geotechnisch bodemonderzoek Doctor A.D. Sacharovlaan 2 te Alphen aan den Rijn, Fase 1*, versie 01, d.d. 01 mei 2020
- [2] Email van t.pessel@vanrossumbv.nl (onderwerp: *RE: spoorzone; keldertekeningen*) d.d. 10-6-2020 met als bijlage tekening 10219_VRI_Situatie;
- [3] GWS-Monitor
- [4] Van Rossum (Tim Pessel), email *RE: 20224 Grondonderzoek en een aantal vragen*, d.d. 08 mei 2020
- [5] Crux; Rapport; *RA20224a1 Bouwkuipadvies Doctor A.D. Sacharovlaan*.
- [6] Crux; Rapport; *RA20224b1 Funderingsadvies Doctor A.D. Sacharovlaan*; d.d. 20 mei 2020.
- [7] Crux; Rapport; *RA20224c1 Bemalingsadvies Doctor A.D. Sacharovlaan*; d.d. 16 juni 2020.

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

3.2 Bodemopbouw

De gemiddelde maaiveldhoogte rondom de projectlocatie is afgelezen uit de sonderingen en ligt op NAP 0,0 m à NAP -0,5m. Om de bodemopbouw in meer detail in kaart te brengen zijn ter plaatse van de projectlocatie sonderingen uitgevoerd door Multiconsult. De Holocene deklaag bestaat uit een antropogene ophooglaag, gevolgd door humeuze klei en het basisveen. Tezamen met de gegevens uit het Dinoloket wordt het resultaat van het uitgevoerde bodemonderzoek geschematiseerd weergegeven in Tabel 1 [7].

De analyse van de barrièrewerking richt zich op watervoerende lagen die permanent beïnvloed worden door de werkzaamheden, dit betreft alleen het freatisch pakket.

Tabel 1 Grondopbouw Sacharovlaan en bijbehorende doorlatendheden.

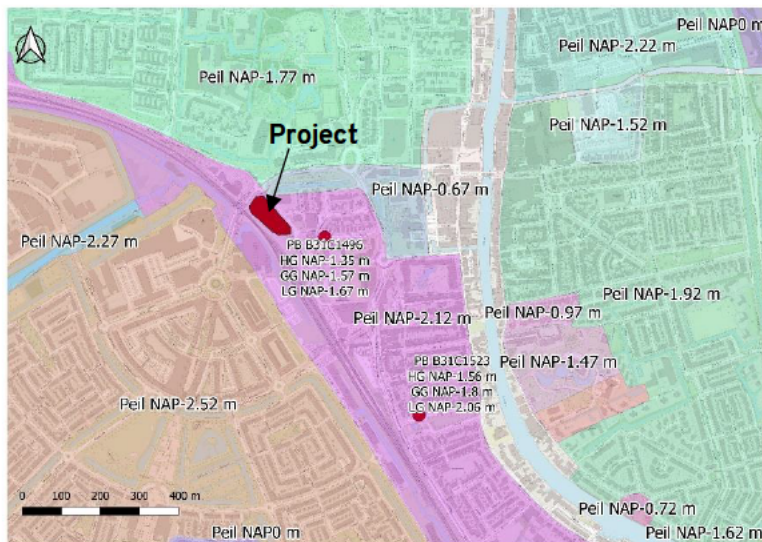
Tijdvak	Beschrijving grondsoort	Bovenzijde laag [m NAP]	(Geo)hydrologie Doorlatendheid [m/d]**	
Holoceen (deklaag)	Toplaag, zand	-0,2 à -0,4	Watervoerend (freatisch)	5-10
	Klei humeus	-2,0	Waterremmend	0,01
	Klei humeus tot Klei siltig	-3,0		0,05
	Basisveen	-10,0		0,005
Pleistoceen	Kreftenheije, Urk: Zand	-11,0	Watervoerend	25
	Sterksel: Klei*	-35,0*	Waterremmend	0,5
	Sterksel: Zand	-40,0	Watervoerend	40
	Stramproy: Klei	-52,0	Geohydrologische basis	

Ons kenmerk
NT20224b1

Pagina
4/12

3.3 Oppervlaktewatersysteem

De projectlocatie valt binnen het beheergebied van Hoogheemraadschap van Rijnland. Het open water wordt in de omgeving van de projectlocatie met name beheerst op een vast peil. Het vaste peil of gemiddelde peil (gemiddelde tussen zomer- en winterpeil) is weergegeven in Figuur 3. Het boezempeil is NAP -0,63m. Opvallend is het grote peilverschil tussen het blauwe vlak (NAP -0,67m) ten noordoosten van de projectlocatie en het peil op de projectlocatie zelf in het paarse vlak (NAP -2,12m). Het grote peilverschil heeft een sterke grondwaterstroming in zuidwestelijke richting tot gevolg.



Figuur 3: Open water peil opgedeeld in poldergebieden met in rood de projectlocatie.

3.4 Grondwaterstanden

De grondwaterstanden zijn beschreven in het bemalingsadvies [7]. De maatgevende waarden zijn weergegeven in Tabel 2.

Op de projectlocatie wordt door de opdrachtgever vanaf 6 mei 2020 de freatische grondwaterstand met behulp van twee peilbuizen (met filter op circa NAP -5m) gemeten. Deze peilbuizen geven een grondwaterstand van circa NAP -1,2 m. Dit is beduidend hoger dan de meerjarige meetgegevens beschikbaar via de gemeente.

Tabel 2 Maatgevende peilbuizen nabij projectlocatie

	Freatisch (Pb B31C1496) [m NAP]	Stijghoogte (Pb B31C0106) [m NAP]	Beschrijving
Laag (5%) - LG	-1,67	-4,64	5% v/d metingen zijn lager dan dit niveau
Mediaan (50%) - GG	-1,57	-4,02	50% v/d metingen zijn lager dan dit niveau
Hoog (95%) - HG	-1,20 (-1,35)*	-3,06	95% v/d metingen zijn lager dan dit niveau

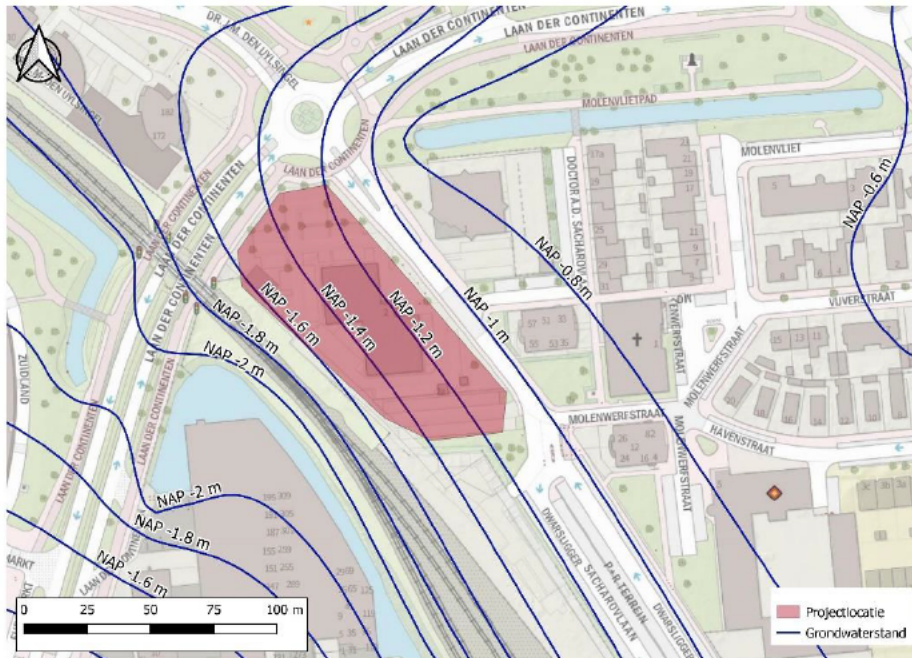
**Voor de meerjarige meetreeks beschikbaar via de gemeente geldt een hoge grondwaterstand van NAP -1,35 m. Echter op locatie zijn grondwaterstanden gemeten van circa NAP -1,20m. Voor deze rapportage wordt uitgegaan van een grondwaterstand van NAP -1,20m*

Zoals paragraaf 3.3 beschreven is er een verhang van het freatische grondwater over de kavel door de verschillende peilmaten aan de noordoostkant (NAP-0,67m) en de zuidwestkant (NAP-2,12m). De grondwaterstand op de projectlocatie varieert daarom van een hoge grondwaterstand in het noordoosten (circa NAP-1,1m) tot een lage grondwaterstand in het zuidwesten (circa NAP-1,6m). Het grote verhang betekent ook dat er een sterke grondwaterstroming in zuidwestelijk richting optreedt. Dit wordt in het model meegenomen door de toepassingen van de watergangen met deze peilmaten. Het model is geijkt aan de hoge grondwaterstand van NAP -1,2m zoals door de opdrachtgever wordt gemeten.

3.5 Isohypsen natuurlijke grondwaterstanden

Naast de maatgevende grondwaterstanden wordt in deze paragraaf de isohypsen kaart van de grondwaterstanden in het freatisch pakket gegeven (zie Figuur 4).

De grondwaterstanden zijn verkregen met behulp van het geohydrologisch model. Het model is gekalibreerd op de meetwaarden beschreven in het bemalingsadvies[7].



Figuur 4 Berekende verwachte grondwaterstanden in het freatisch pakket ter hoogte van de projectlocatie tijdens een GHG situatie.

3.6 Geohydrologische parameters freatisch pakket

De belangrijkste geohydrologische parameters zijn hieronder samengevat voor een situatie van Gemiddeld Hoge Grondwaterstand en zijn bepaald middels kalibratie van het geohydrologisch model op de gemeten grondwaterstanden:

- Doorlatendheid freatisch pakket: 5-10 m/d.
- Weerstand van de bodem van omliggende watergangen: 1 dag
- Neerslag: [1,0] mm/dag

3.7 Grondwaterstroming op de kavel

De natuurlijke grondwaterstroming in de toplaag is in zuidwestelijke richting. Het natuurlijke verhang in de grondwaterstand is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Natuurlijk verhang van de grondwaterstand ter hoogte van de projectlocatie op basis van interpolaties. Verhang is weergegeven in grondwaterstandverschil per 100m afstand.

Watervoerende laag	Verhang
Freatisch pakket	[1,25] m over 100 m

3.8 Realisatieplan situering kelder

CRUX Engineering BV
cruxbv.nl

3.8.1 Ontwerp

De werkzaamheden bestaan uit de aanleg van een éénlaags kelder en fundering. In verband hiermee wordt een kelder gerealiseerd met de “diepste” onderkant op NAP -4,4. Onder de constructie is een grondverbetering (zand) voorzien van 0,5m (vloer) respectievelijk 0,3m (poeren) dik. Op basis van de beschikbare informatie worden geen permanente damwanden toegepast.

Ons kenmerk
NT20224b1

Pagina
7/12

Tabel 4 Samenvatting diepte keldervloer

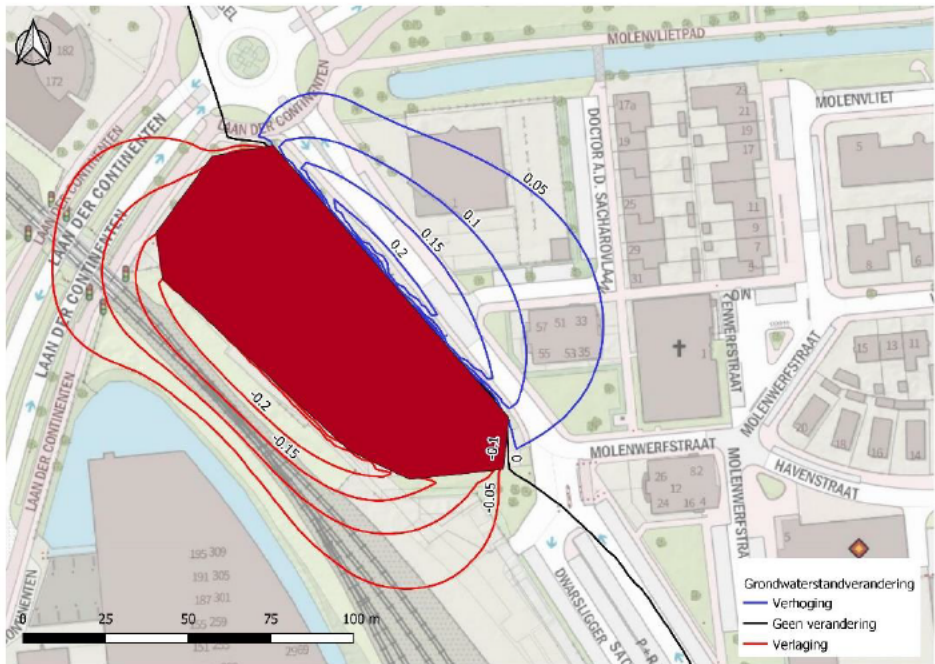
Object	Niveau
Peil*	NAP -2,12 m (NAP -0,67m in noordoosten)
Bestaande situatie	Geen kelder / barrière
Onderkant keldervloer nieuw	NAP -3,7m
Onderkant poeren	NAP -4,4m
Onderkant damwand	n.v.t.

4 Resultaat geohydrologische berekening

4.1 Freatisch pakket

De barrièrewerking in het freatisch pakket wordt weergegeven in verhogingen en verlagingen ten opzichte van de bestaande grondwaterstand. Om de barrièrewerking uit te drukken is het verschil tussen de grondwaterstanden vóór en na de werkzaamheden berekend.

Het berekende verwachte verschil in grondwaterstand (barrièrewerking) als gevolg van de kelder is weergegeven in Figuur 5. Een negatieve waarde betekent dat de grondwaterstand verlaagd wordt en een positieve waarde betekent dat de grondwaterstand verhoogd wordt ten opzichte van de heersende grondwaterstand. Het verschil bedraagt maximaal 25 cm. Het doorstromend debiet wordt verminderd van 7,4 m³/dag naar 0 m³/dag.



Figuur 5 Berekende verwachte verandering van de grondwaterstanden in het freatisch pakket door realisatie van de kelder.

4.2 Eerste Watervoerend Pakket

In het watervoerend pakket zijn geen barrières aanwezig en worden deze ook niet aangebracht. Barrièrewerking in het watervoerend pakket is daarom uitgesloten

4.3 Debietsberekening

Om de doorstroming van het grondwater op kavelniveau te bepalen is debietsberekening uitgevoerd. De debietsberekening in de bestaande en nieuwe situatie is weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5 Debietsberekening op kavelniveau van de bestaande situatie

Parameter	Eenheid	Freatisch	
		Bestaand	Nieuw
Verhang	I	1,25 m: 100m	
Doorlatendheid	K	m/d	5
Dikte pakket	D	m	0,95 * 0
Doorstroomoppervlak **	L	m²	125 0
Horizontaal debiet**	Q	m³/dag	7,4 0

* Dikte van het freatisch grondwater tijdens een GHG-situatie

** Berekend middels de wet van Darcy: $Q = K \cdot D \cdot L \cdot I$

5 Mitigerende maatregelen

5.1 Aanleiding

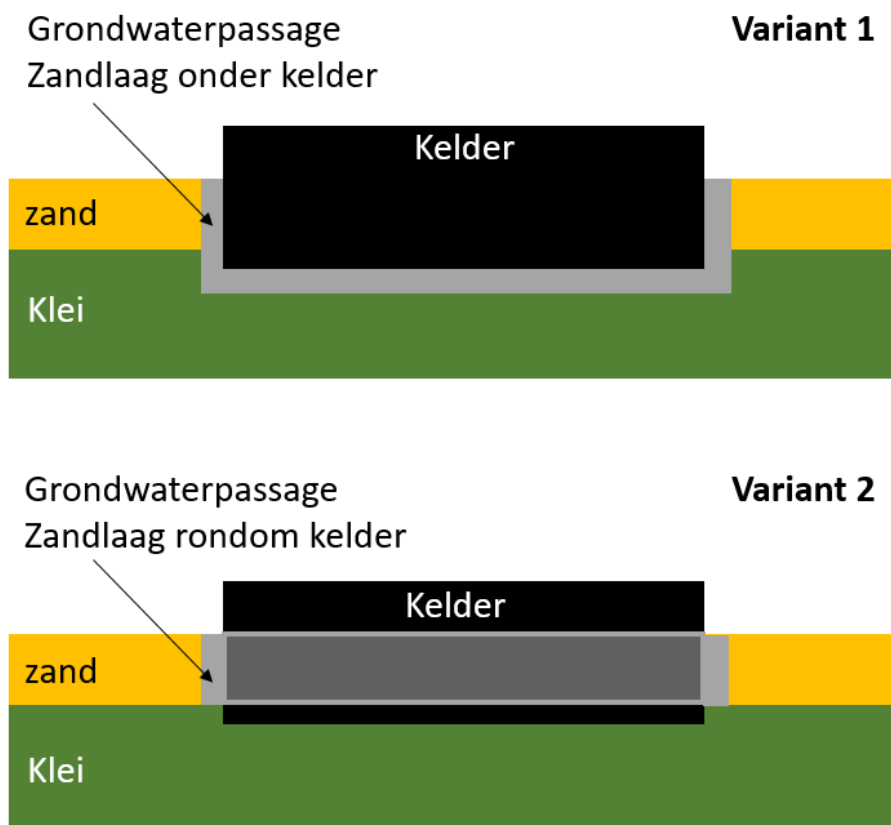
In het freatisch pakket wordt een significante invloed op de freatische grondwaterstand berekend ten gevolge van de barrièrewerking [7]. Daarnaast wordt er een sterke afname van het doorstromend debiet berekend. Met het oog op de ongewenste grondwaterverlaging onder het spoor worden mitigerende maatregelen in het freatisch pakket voorgesteld. Hiermee wordt de grondwaterstroming op eigen perceel gegarandeerd en de barrièrewerking gemitigeerd.

5.2 Freatisch pakket

Voor de mitigerende maatregelen zijn twee varianten berekend (zie Figuur 6).

- In variant 1 wordt een grondverbetering (grondwaterpassage) van doorlatend zand met een dikte van minimaal 30 cm onder de poeren aangelegd. Deze grondverbetering wordt in verbinding gebracht met het freatisch pakket door de ruimte tussen de damwanden en de kelder aan te vullen met goed doorlatend zand (minimale dikte tussen damwand en kelder is 30 cm).
- In variant 2 wordt een zandkoffer rondom de kelder (grondwaterpassage) aangebracht van circa 1 meter dik tot onderkant poerniveau. Voor de zandkoffer wordt zeer grof zand gebruikt.

Voor beide varianten is de verandering in de grondwaterstand als gevolg van de kelder en mitigerende maatregelen via het grondwatermodel berekend.



Figuur 6 Schematische doorsnede freatisch pakket.

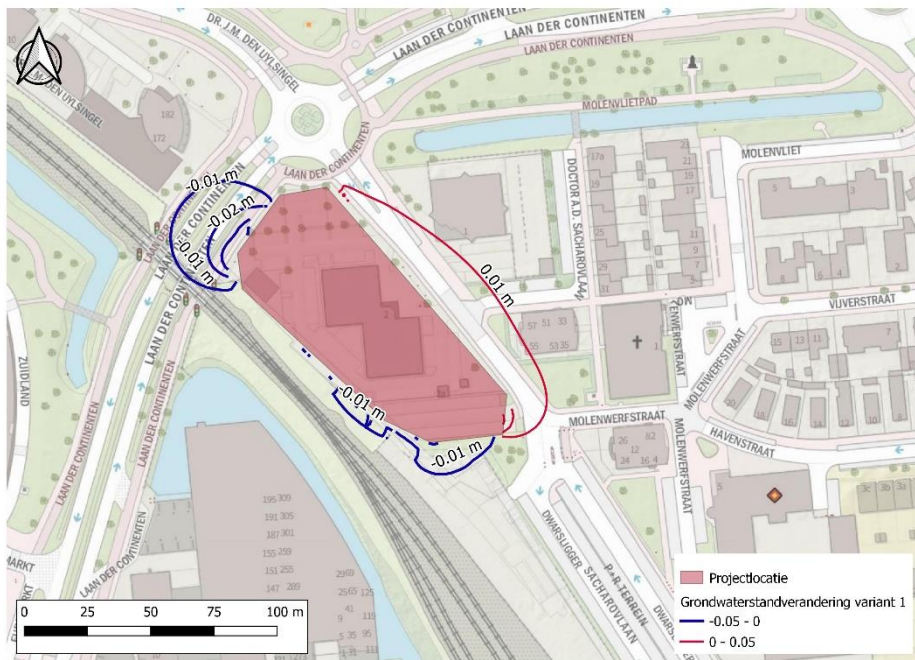
5.2.1 Variant 1

In de eerste variant wordt een grondverbetering onder de kelder toegepast van circa 0,3 meter met een doorlatendheid van 15 m/d. Aan de twee lange zijdes wordt de grondverbetering tot aan maaiveld doorgezet. Dat wil zeggen dat de ruimte tussen damwand en kelder uit goed doorlatend zand bestaat. De ruimte tussen kelder en damwand is minimaal 30 cm.

CRUX Engineering BV
cruxbv.nl

Ons kenmerk
NT20224b1

Pagina
10/12



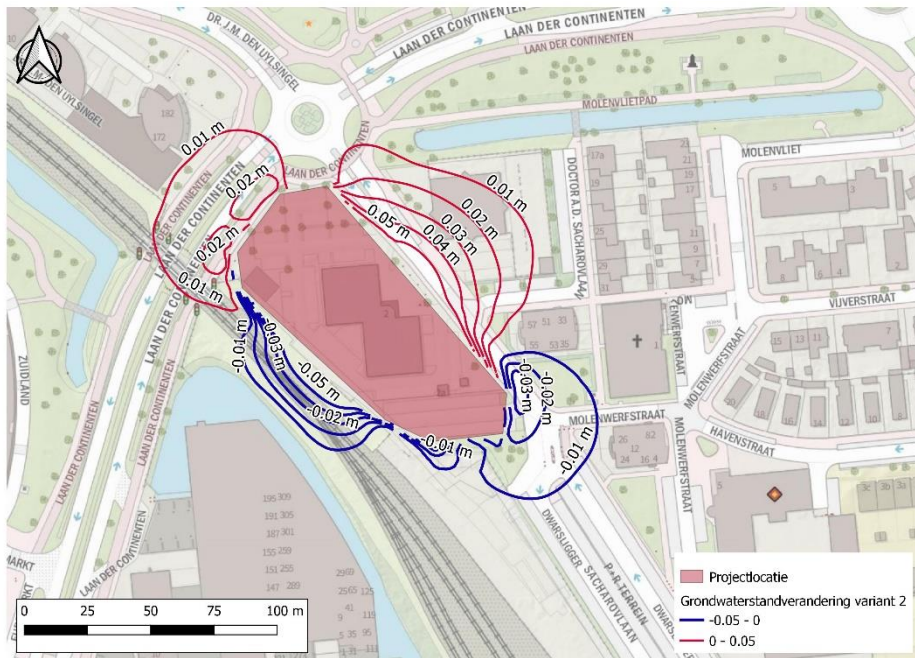
Figuur 7: Grondwaterstandverandering variant 1

Figuur 7 geeft de grondwaterstandverandering weer, waarbij een positief getal (rode lijn) een verhoging weergeeft en een negatief getal (blauwe lijn) een verlaging. De verandering in grondwaterstand is maximaal enkele cm's. Onder het spoor wordt een verhoging van de grondwaterstand van 1 cm berekend.

Door de kleine grondwaterstandveranderingen worden geen zettingen van het spoor verwacht.

5.2.2 Variant 2

In de tweede variant wordt een grondverbetering rondom de kelder toegepast tot onderkant poerniveau. De dikte van de grondverbetering is circa 0,3 meter aan de lange zijdes van de kelder en minimaal 1 meter aan de korte zijdes. De doorlatendheid van grondverbetering is 85 m/d.



Figuur 8: Grondwaterstandverandering variant 2

Figuur 8 geeft de grondwaterstandverandering weer, waarbij een positief getal (rode lijn) een verhoging weergeeft en een negatief getal (blauwe lijn) een verlaging. De verandering in grondwaterstand is maximaal 5 cm. Onder het spoor wordt een maximale verhoging van 3 cm en een verlaging van maximaal 2 cm van de grondwaterstand berekend.

Door de kleine grondwaterstandveranderingen worden geen zettingen van het spoor verwacht.

Opgemerkt wordt dat variant 1 op basis van de berekeningen effectiever is.

5.3 Watervoerend pakket

In het watervoerend pakket zijn geen mitigerende maatregelen nodig.

5.4 Debietsberekening grondwaterpassage

In het freatisch pakket dient het grondwater van het bovenstroomse gebied (noordoostzijde) via de grondwaterpassage naar het benedenstroomse gebied (zuidwestzijde) te stromen.

Om te toetsen of de grondwaterpassage voldoende capaciteit heeft, is in Tabel 6 een debietsberekening weergegeven. Deze berekening is gebaseerd op het doorstroomoppervlak zoals geschetst in Figuur 6. Op basis van de debietsberekening in Tabel 6 wordt gesteld dat $7,4 \text{ m}^3/\text{dag}$ van de bovenstroomse zijde naar de benedenstroomse zijde geleid dient te worden. Dit betekent dat de grondwaterpassage een vergelijkbare doorstroming moet hebben om significante barrièrewerking te mitigeren.

Uit Tabel 6 blijkt dat een grondwaterpassage in allebei de varianten kunnen voldoen aan de stroming van grondwater om de barrièrewerking te mitigeren en dus grondwaterneutraal te bouwen.

Tabel 6 Debietsberekening grondwaterpassage

Parameter		Eenheid	Freatisch		
			Bestaand	Variant 1	Variant 2
Verhang	I		1,25 m: 100m		
Doorlatendheid	K	m/d	5	15	85
Dikte pakket*	D	m	0,95 *	0,3	3,3
Doorstroomoppervlak	L	m ²	125	125	2
Horizontaal debiet**	Q	m ³ /dag	7,4	7,0	7,1

* Dikte van het freatisch grondwater tijdens een GHG-situatie

** Berekend middels de wet van Darcy: $Q = K \cdot D \cdot L \cdot I$

De doorstroming van water is afhankelijk van de dikte van het doorstromend pakket (bijvoorbeeld dikte grondverbetering onder de kelder) en de eigenschappen van het toe te passen zand (doorlatendheid). Dit betekent dat een kleinere grondverbetering nodig is als grover zand (hogere doorlatendheid) wordt toegepast en vice versa.

6 Conclusies

Aan de Doctor A.D. Sacharovlaan 2 te Alphen aan den Rijn worden twee woningtorens met een éénlaags kelder gerealiseerd. Als gevolg van realisatie wordt een ondergrondse barrière gecreëerd. De doorstroming van grondwater op kavelniveau wordt hierdoor sterk beperkt omdat er op de locatie een relatief groot verhang en grote grondwaterstroming v van noordoost naar zuidwest aanwezig is.

Door de barrièrewerking treedt zonder maatregelen een permanente grondwaterstandverlaging onder het spoor op. De verlaging heeft meerdere cm's zetting van het spoor tot gevolg. In deze notitie zijn daarom twee varianten beschreven om de het barrière effect te mitigeren:

- Een grondwaterpassage (grondverbetering van matig grof zand) onder de kelder/fundering.
- Een grondwaterpassage (grondverbetering van zeer grof zand) rondom de kelder.

In beiden varianten kan de barrièrewerking voldoende worden gemitigeerd om zettingen van het spoor te voorkomen, waarbij variant 1 het meeste effect heeft. Geconcludeerd wordt dat de kelder grondwaterneutraal gerealiseerd kan worden, middels de genoemde mitigerende maatregelen.

Het ontwerp van de varianten ligt niet vast. De grootte van de grondverbetering is afhankelijk van het gebruikte zand. Geadviseerd wordt om de grondverbetering te ontwerpen in relatie tot de uitvoering. Vervolgens kunnen de eigenschappen van het zand van de grondverbetering worden bepaald.