Toets aan eisen watervergunning

A4 Delft - Schiedam

A4 Delft - Schiedam

Document opgesteld door:
Combinatie A4all
Oostveenseweg 11a – 2636 EC Schipluiden

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Rijkswaterstaat Dienst Zuid-Holland Zuid

Contractnr. 31031575

		Paraaf:		
Opgesteld	A. Feddema	.....	**Geaccepteerd**	*(of nvt)*
Geverifieerd	A4all/RWS	.....	**Datum**	*(of nvt)*
Autorisatie	S. van der Woude	.....	**Paraaf**	*(of nvt)*
Vrijgegeven	J. Stroo	.....		
Datum	06-03-2015	.....		
Documentnummer	A4DS-W1.2-RAP-0397			
Versie	6.0			
Status	definitief			
Werkpakket	WP-00187			
SBS code	W1.2			

Document:	Toets aan eisen watervergunning
Documentnummer:	A4DS-W1.2-RAP-0397
Opsteller	ing. A. Feddema
Eigenaar	ir. S. van der Woude

Documenthistorie.

REVISIE	DATUM	STATUS	TOELICHTING
0.1	29/09/2014	Concept	Eerste opzet voor interne verificatie.
0.2	18/10/2014	Concept	- Commentaar eerste reviewronde (Tiggelman, Vos, Dykstra, Van Meerten, Admiraal, Grobbe) verwerkt - update n.a.v. vervolganalyses
1.0	28/10/2014	Definitief	update hoofdstuk 2 en samenvatting toegevoegd
1.1	31/10/2014	Concept	Aanvullend commentaar RWS/Deltares verwerkt
2.0	03/11/2014	Definitief	Aanvullend commentaar RWS/Deltares verwerkt
2.1	28/11/2014	Concept	Commentaar HHD beschouwd, aanvullende onderzoeksresultaten toegevoegd, opzet rapport aangepast
2.2	09/12/2014	Concept	Commentaar review verwerkt, toetsing leidraad uitgebreid, rapportage Deltares verwerkt
3.0	11/12/2014	Definitief	
3.1	23/01/2015	Concept	Aanvullende analyses Deltares toegevoegd en verwerkt in hoofdstuk 5, commentaar HHD beschouwd
3.2	27/01/2015	Concept	Commentaar van HHD op hoofdstuk 5 verwerkt
4.0	06/02/2015	Definitief	Analyses Deltares verwerkt, commentaar HHD beschouwd
5.0	20/02/2015	Definitief	Correctie Deltares watergangen verwerkt, commentaar HHD verwerkt
6.0	06/03/2015	Definitief	Commentaar HHD beschouwd

Inhoudsopgave

Samenvatting **8**

1 Inleiding **25**
1.1 Doel van de rapportage 25
1.2 Algemene projectbeschrijving 25
1.2.1 *Bouwprincipe Tracédeel 2 – halfverdiepte ligging (km57,4 - km60,0)* *26*
1.2.2 *Bouwprincipe Tracédeel 3 – verdiepte ligging* *27*
1.3 Gebruikte documenten 28
1.4 Doelstellingen waterbeheer 29
1.5 Vergunningsvoorwaarden 30

2 Toets op de vergunningsvoorwaarden **33**
2.1 Inleiding 33
2.2 Monitoringsplan 33
2.2.1 *Algemeen* *33*
2.2.2 *Bepaling indicatie- en interventiewaarde* *34*
2.2.3 *Procedure bij afwijkingen* *39*
2.3 Samenvatting en toetsing vergunningseisen 39
2.4 Resultaten monitoring peilbuizen 40
2.4.1 *Inleiding* *40*
2.4.2 *Status peilbuizen* *41*
2.5 Resultaten monitoring debieten 43
2.5.1 *Half verdiepte ligging* *43*
2.5.2 *Verdiepte ligging* *44*
2.6 Afwijking in half verdiepte ligging 44
2.7 Afwijking in verdiepte ligging 45
2.8 Samenvatting afwijkingen 48

3 Uitgevoerde acties **51**
3.1 Inleiding 51
3.2 Lekmechanismen 51
3.2.1 *Half verdiepte ligging* *51*
3.2.2 *Verdiepte ligging - compartiment 9 en 15* *52*
3.2.3 *Verdiepte ligging - compartiment 10 t/m 14* *53*
3.3 Onderzoek half verdiepte ligging (compartiment 1 t/m 8) en toeritten verdiepte ligging (compartiment 9 en 15) 54
3.3.1 *Ontwerpfase* *54*
3.3.2 *Onderzoek inspectiemethodiek* *55*
3.3.3 *Zwetende zandpalen TD2* *55*
3.3.4 *Lekkende zandpalen TD2* *55*
3.3.5 *Kwel door de CB-wanden TD2* *55*
3.3.6 *TD3 - Compartiment 9* *55*
3.3.7 *TD3 - Compartiment 15* *56*
3.3.8 *Meest waarschijnlijke lekmechanisme* *57*
3.4 Verdiepte Ligging (compartiment 10 t/m 14) - ontwerp & kwaliteitscontrole CB-wanden 58

3.4.1 *Ontwerpfase* *58*
3.4.2 *Procesbeheersing uitvoering cementbentonietwanden* *61*
3.5 Verdiepte ligging - lekkageonderzoek 62
3.5.1 *Inleiding* *62*
3.5.2 *Verdachte gebieden vanuit realisatie* *62*
3.5.3 *Compartimenteringscherm 9/10* *63*
3.5.4 *Wel dienstgebouw 8* *64*
3.5.5 *Sturen op omgevingsbeïnvoeding (Pleistoceen)* *65*
3.5.6 *Waterremmendheid vloer* *66*
3.5.7 *Stijghoogteverloop diepe watervoerende lagen* *72*
3.5.8 *Chemische analyse watermonsters* *73*
3.5.9 *Meest waarschijnlijke lekkagemechanismes* *74*

4 Geohydrologische analyse lekmechanismen 80
4.1 Inleiding 80
4.2 Half Verdiepte Ligging 80
4.2.1 *Herkomst kwelwater* *80*
4.2.2 *Referentieraai Zuidkade* *81*
4.2.3 *Meetraai compartiment 6* *82*
4.2.4 *Effect debiet HVL op omgeving* *83*
4.3 Aanpak analyse Verdiepte Ligging 83
4.4 Waterbalansberekeningen Verdiepte Ligging 84
4.5 Analyses grondwaterstanden Verdiepte Ligging 85
4.5.1 *Referentieraai Oostveenseweg* *85*
4.5.2 *Meetraai Compartiment 12* *87*
4.5.3 *Referentieraai Woudweg* *88*
4.6 Analyse met grondwatermodel Verdiepte Ligging 89
4.6.1 *Opzet MicroFem model* *89*
4.6.2 *Resultaten* *90*
4.7 Resultaten berekeningen met Delfland-model 93
4.7.1 *Analyse oorzaak kweldebiet* *93*
4.7.2 *Beschouwde scenario's omgevingsaspecten* *93*
4.7.3 *Effect op het eerste en tweede watervoerend pakket (scenario 1)* *96*
4.7.4 *Effect droog jaar (scenario 2)* *98*
4.7.5 *Resultaten risicoanalyse (scenario 3)* *100*
4.7.6 *Maximaal kweldebiet* *101*
4.8 Conclusies 102

5 Effecten in de omgeving 104
5.1 Inleiding 104
5.2 Beschouwing effecten op de omgeving 104
5.2.1 *Bodemdaling en zettingen funderingen en infrastructuur* *105*
5.2.2 *DSM onttrekking* *108*
5.2.3 *Warmte-koudeopslagsystemen* *108*
5.2.4 *Overige onttrekkingen* *111*
5.2.5 *Grondwaterkwaliteit* *112*
5.2.6 *Peilbeheer in de polder* *112*
5.2.7 *Bodemverontreiniging* *112*
5.2.8 *Landbouwschade* *113*
5.2.9 *Natuur* *115*

5.2.10 *Archeologie* *115*
5.2.11 *Overige belangen* *116*

6 Beschouwde maatregelen 117
6.1 Inleiding 117
6.2 Afvoersysteem kwelwater 117
6.3 Bepalingsmethode effectiviteit mogelijke maatregelen 118
6.4 Maatregelen wand 119
6.4.1 *CB-wand (binnenzijde/ buitenzijde)* *119*
6.4.2 *Retourbemaling* *121*
6.4.3 *Vloerconstructie* *122*
6.4.4 *BioSealing* *123*
6.5 Maatregelen vloer 125
6.5.1 *Waterstandverhogen i.c.m. ballastvloer* *126*
6.6 Mitigerende maatregelen 127
6.7 Extra onderzoek 128
6.7.1 *Extra peilbuizen en grondonderzoek* *129*
6.7.2 *Extra compartimentering* *130*
6.7.3 *Natuurlijke tracers (waterkwaliteit)* *132*
6.8 Conclusies 132

7 Conclusies en aanbevelingen 133
7.1 Debieten 133
7.1.1 *Verdiepte ligging (TD3)* *133*
7.1.2 *Half verdiepte ligging (TD2)* *133*
7.2 Effecten op de systeemgrens 133
7.2.1 *Verdiepte ligging (TD3)* *133*
7.2.2 *Half verdiepte ligging* *133*
7.3 Uitgevoerd onderzoek en genomen maatregelen 134
7.3.1 *Verdiepte ligging* *134*
7.3.2 *Half verdiepte ligging* *135*
7.3.3 *Totaal* *135*
7.4 Berekeningen met Delflandmodel 135
7.4.1 *Stationaire situatie* *135*
7.4.2 *Niet-stationaire berekening en risicoanalyse (verminderde weerstand deklaag)* *135*
7.4.3 *Herkomst kwelwater* *135*
7.4.4 *Maximaal te verwachten debiet* *136*
7.5 Effecten in de omgeving 136
7.6 Haalbaarheid beheersmaatregelen 137
7.7 Vervolgstappen 138

BIJLAGE 1 Tekening peilbuizen t.b.v. vergunning

BIJLAGE 2 Analyse peilbuizen TD2 en TD3

BIJLAGE 3 Status peilbuizen en debieten

BIJLAGE 4 Beschrijving methode Texplor

BIJLAGE 5 As-built tekeningen

BIJLAGE 6 Resultaten chemische analyses (kwel)water

BIJLAGE 7 Berekeningen waterbalans

BIJLAGE 8 Rapportage Deltares

BIJLAGE 9 Drainage en afvoersysteem TD2 & TD3

BIJLAGE 10 Maatregelenmatrix

Samenvatting

Inleiding

Het doel van deze samenvatting is om op hoofdlijnen uiteen te zetten op welke locaties in het tracé *wel* en op welke locaties in het tracé *niet* voldaan wordt aan de grondwaterontrekkingseisen uit de waterontrekkingsvergunning. Daar waar *niet* voldaan wordt aan de grondwaterontrekkingseisen zal in deze samenvatting en in de onderliggende rapportage worden onderbouwd of dit leidt tot onacceptabele negatieve omgevingsbeïnvloeding. De samenvatting eindigt met een voorstel tot wijziging van de verleende watervergunning.

Voor het tracé van de A4 Delft – Schiedam zijn voor de half verdiepte ligging (HVL) en de verdiepte ligging (VL) door het Hoogheemraadschap van Delfland twee vergunningen verleend: een tijdelijke en een definitieve vergunning. De tijdelijke vergunning beschrijft de gedachte en voorwaarden voor de situatie tot en met het bereiken van het diepste punt van de ontgraving in de bak. De definitieve vergunning beschrijft de gedachte en situatie van de afbouw van de (half-) verdiepte ligging tot en met de beheersfase na openstelling.

Het vertrekpunt van beide vergunningen betreft het voorkomen van negatieve omgevingsbeïnvloeding vanaf de systeemgrens (zie watervergunning1098119/1350779). Dit is gedaan door voorwaarden te stellen aan het maximaal te onttrekken kweldebiet (totaal en per compartiment) en de voorwaarde dat er geen verlagingen van stijghoogte/peilen op de systeemgrens mogen plaatsvinden.

1. Debieten

In de tijdelijke vergunning zijn per compartiment debietseisen opgenomen (zie tabel 1.1). Voor de definitieve vergunning is dit vastgesteld op een totaaldebiet voor HVL en VL, zijnde 400 m^3/dag.

Verdiepte Ligging
De totale debietseis voor VL sluit op 225 m^3/dag, aan deze eis wordt niet voldaan. Het huidige debiet is 1028 m^3/dag. De debieten in de compartimenten 9, 10 en 15 voldoen aan de debietseisen per compartiment.
Het huidige beeld is dat de totale debietseis van 225 m^3/dag wordt overschreden met ca. 800 m^3/dag. Deze overschrijding wordt veroorzaakt door de compartimenten 11 t/m 14.

Compartiment	Debiet (m3/dag)	
	Gemeten	IW-eis
9	12	12
10	0,5	26
11	150	40
12	350	42
13	390	65
14	100	10
15	25	30
Totaal debiet	**1028**	**225**

Tabel 1.1. Debieten Verdiepte Ligging

Halfverdiepte Ligging
De totale debietseis voor HVL sluit op 175 m^3/dag, aan deze eis wordt voldaan. Het huidige debiet is 160 m^3/dag. Alle compartimenten voldoen aan de debietseisen per compartiment, behoudens de compartimenten 6 en 7.
Compartiment 3b is nog niet gereed i.v.m. de aanwezige Evides drinkwaterleiding. Dit compartiment is met een lengte van circa 12 m een relatief klein compartiment (breedte is gelijk aan die van de naastgelegen compartimenten) en kan voldoende waterdicht gemaakt worden.

Compartiment	Debiet (m3/dag)	
	Gemeten	IW-eis
1	0.2	10
2	17	20
3a	8	8
3b	- *)	10
4	12	42
5	16	16
6	35	22
7	45	25
8	17	22
Totaal debiet	**160** *)	**175**

*) Compartiment 3b is nog niet getest. De waarde zoals afgeleid uit het ontwerp (10 m3/dag) wordt vooralsnog aangehouden voor de bepaling van het totaaldebiet

Voldoet aan IW-eis
Voldoet niet aan IW-eis

Tabel 1.2. Debieten Halfverdiepte Ligging

2. Effecten op de systeemgrens o.b.v. peilbuismetingen

Verdiepte Ligging
Uit de metingen van de peilbuizen langs de verdiepte ligging volgt dat er op dit moment sprake is van een verlaging op de systeemgrens in zowel het eerste watervoerend pakket (Pleistoceen) als de holocene tussenzandlaag.
In de verdiepte ligging zijn er een 2 tal raaien dwars op de A4 gezet (Woudweg/Oostveenseweg) tot 500 meter buiten de systeemgrens. Alle peilbuizen in het eerste watervoerend pakket en in de holocene tussenzandlaag laten een verlaging zien. In het freatisch vlak zijn er geen verlagingen te zien op de systeemgrens en daarbuiten.

Halfverdiepte Ligging
Uit de metingen van de peilbuizen langs de halfverdiepte ligging volgt dat er op dit moment een verlaging is op de systeemgrens in het eerste watervoerend pakket (Pleistoceen) en in de holocene tussenzandlaag.
In de halfverdiepte ligging is 1 referentieraai dwars op de A4 aanwezig t.p.v. de Zuidkade. Dit is aan de noordkant van HVL. Deze geeft op dit moment geen verlaging op de systeemgrens.
Verder naar de verdiepte ligging (zuiden) is vanaf compartiment 5 een verlaging gemeten op de systeemgrens in het eerste watervoerend pakket en in de holocene tussenzandlaag.
Hier zijn echter geen raaien beschikbaar die een beeld geven tot hoever buiten de systeemgrens deze verlaging door gaat. Dit is in het Deltares-onderzoek beschouwd. Voor openstelling van de A4

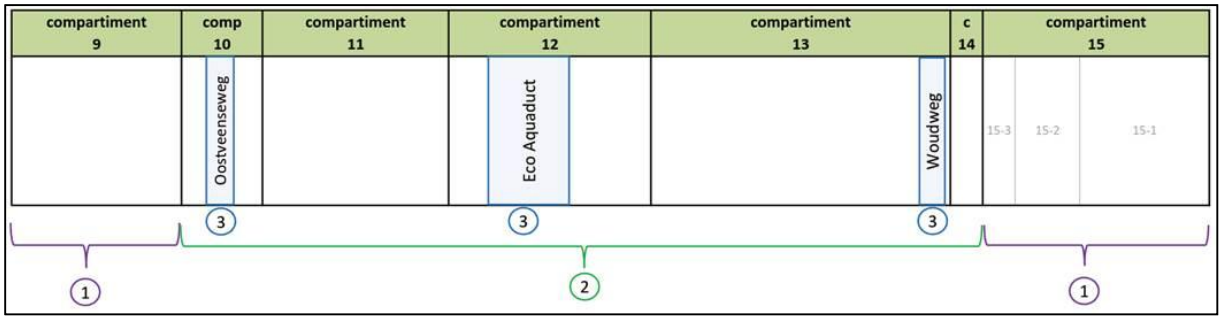
Delft-Schiedam worden extra peilbuizen geplaatst in goed bereikbare raaien, die meegaan in de toekomstige monitoring (zie monitoringsplan).

3. Uitgevoerd onderzoek en genomen maatregelen:

3.1. Beschrijving en bouwprincipe Verdiepte en Halfverdiepte ligging

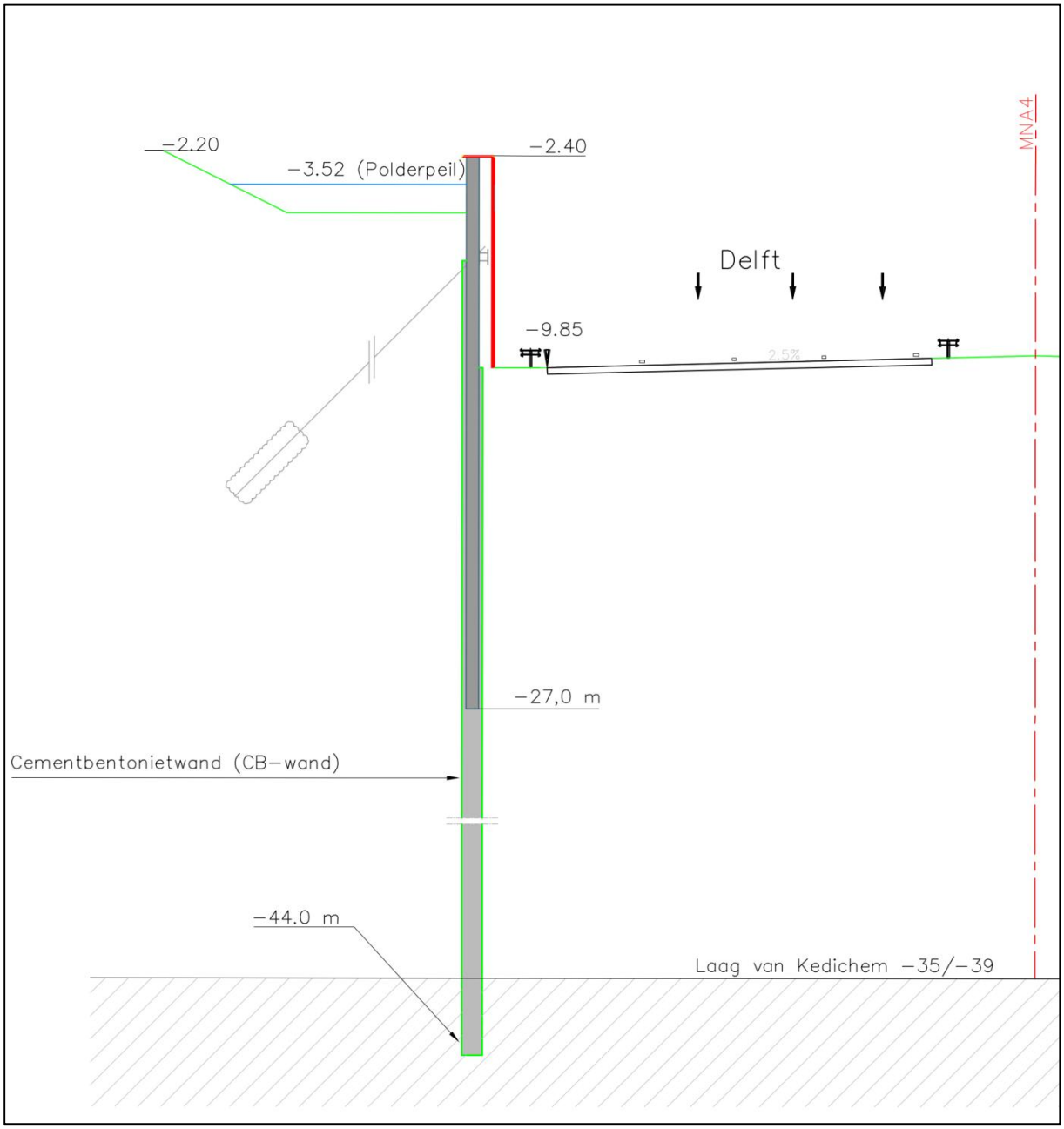
Verdiepte Ligging

De verdiepte ligging is onder te verdelen in drie delen (zie figuur 3.1):



Figuur 3.1. Overzicht verdiepte ligging

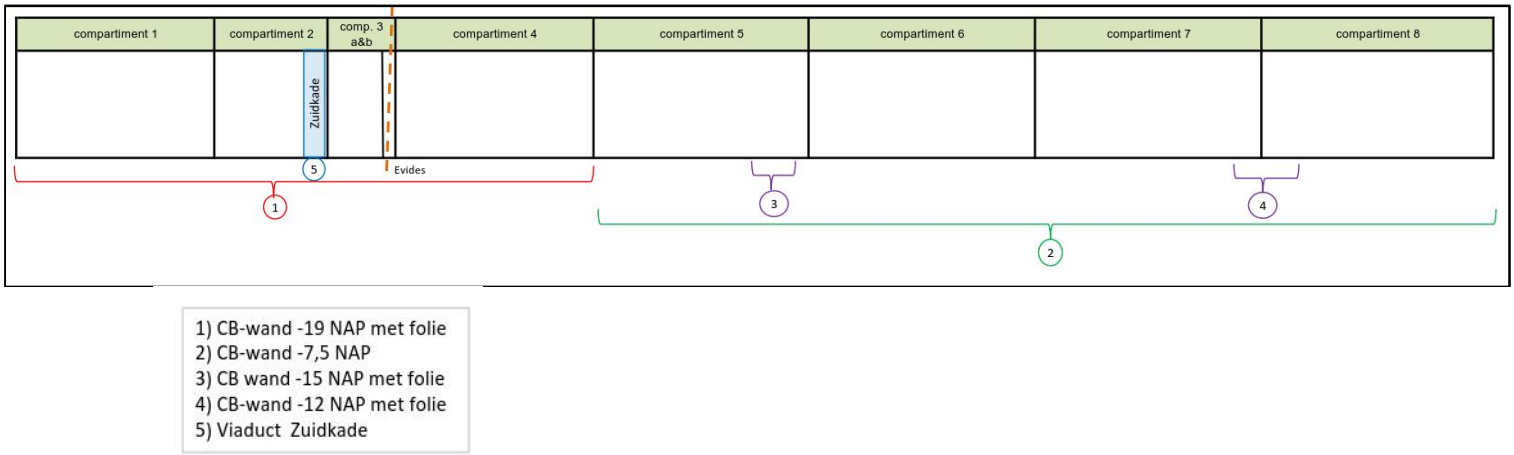
1. Bij de noordelijke en zuidelijke toerit (respectievelijk compartiment 9 en 15 wordt de verticale afsluiting van de bouwkuip gevormd door de slecht doorlatende holocene lagen. De horizontale afsluiting wordt gevormd door de damwanden die in het pleistocene zandpakket (NAP -25m) zijn geplaatst.
2. Voor de aanleg van het middelste deel van de verdiepte ligging (compartiment 10 t/m 14 zijn cementbentonietwanden gemaakt tot in de kleilagen (NAP -45m) die de bovenzijde van de formatie van Waalre (Kedichem) vormen, waarin de damwanden (varierend tussen NAP -24 tot -27m) ten behoeve van de grondkering zijn afgehangen (zie Figuur 3.2).
3. Ter plaatse van het Eco/aquaduct en de Oostveense- en Woudweg zijn de wanden als Diepwandpanelen (beton + wapening) uitgevoerd tot het zelfde niveau als de cement-bentonietwanden (NAP -45m).



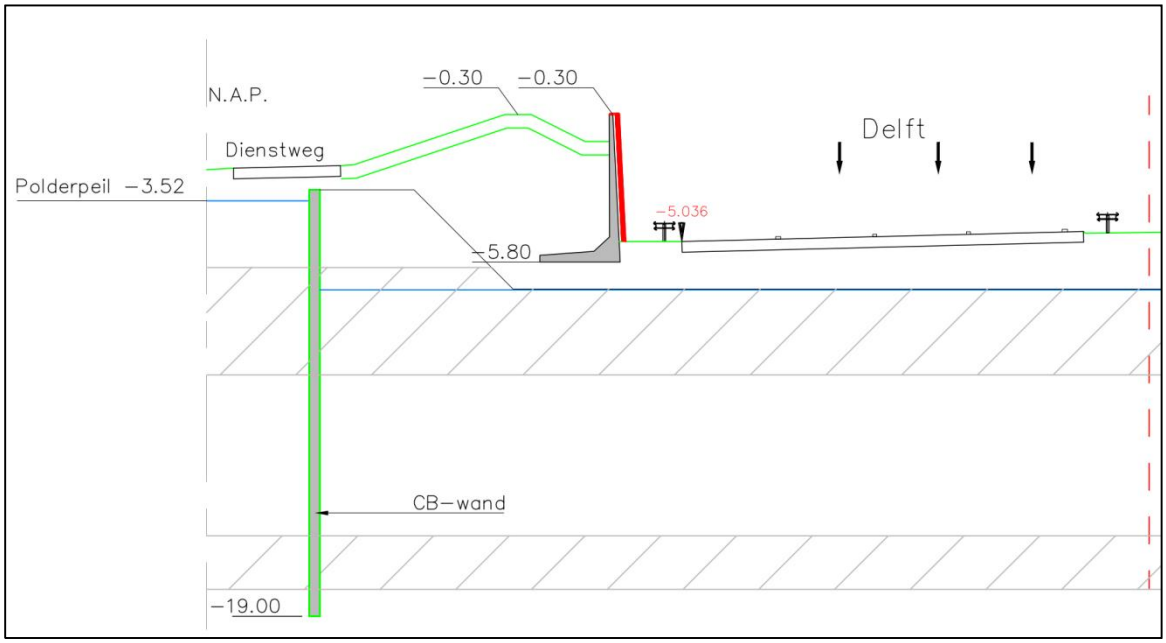
Figuur 3.2. Bouwprincipe Verdiepte Ligging

Halfverdiepte Ligging

De halfverdiepte ligging is onderverdeeld in 9 compartimenten (zie figuur 3.3.). Binnen de halfverdiepte ligging komt de weg enkele meters beneden het bestaande maaiveld te liggen. De waterremmende lagen worden hier gevormd door de aanwezige holocene veen- en kleilagen. De verticale cementbentonietwanden worden aangebracht tot NAP -7,5m om eventueel aanwezige doorlatende stoorlagen af te sluiten (zie figuur 3.4). In het noordelijke deel (compartiment 1 tot en met 4) van HVL komt een holocene zandlaag voor die in verbinding staat met het pleistocene zandpakket (1^{e} watervoerend pakket). Om omgevingsbeïnvloeding en opbarsten van de weg te voorkomen zijn hier cementbentoniet-wanden met hierin een folieconstructie aangebracht tot in het pleistocene zandpakket (NAP -19m).



Figuur 3.3. Overzicht halfverdiepte ligging



Figuur 3.4: Bouwprincipe Halfverdiepte Ligging

3.2. Onderzoek en maatregelen

Verdiepte Ligging

In 2014 hebben veel aanvullende onderzoeken plaatsgevonden en zijn veel reparaties uitgevoerd in de verdiepte ligging. De belangrijkste onderzoeken die hebben plaatsgevonden zijn:

- Compartiment 9 en 15: detectie/onderzoek van lekkage door wanden en zandpalen
- Compartiment 10 t/m 14: detectie/onderzoek van lekkage door wanden en laag van Kedichem.

De belangrijkste reparaties die zijn uitgevoerd zijn:

- Compartiment 9 en 15: reparaties aan wanden en dicht zetten van zandpalen
- Compartiment 10 t/m 14: reparaties aan (CB-/dam)wanden en compartimenteringsschermen.

Een overzicht van alle onderzoeken en reparaties is terug te vinden in hoofdstuk 3 van het onderliggende rapport.

Halfverdiepte Ligging

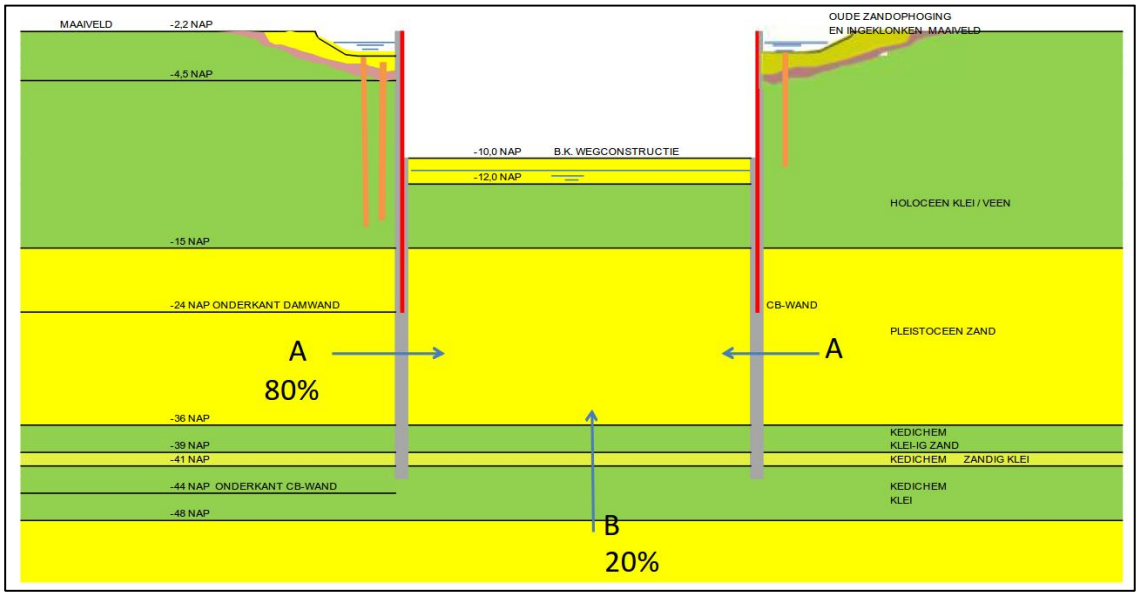
In de halfverdiepte ligging zijn een aantal aanvullende onderzoeken gedaan, met name gericht op de lekkage per zandpaal en extra kwaliteitscontroles van de wanden. Bij dit onderzoek zijn geen lekke zandpalen of andere lekkages aangetroffen. In de halfverdiepte ligging zijn derhalve geen reparaties uitgevoerd.

3.3. Lekmechanismes

Hieronder worden de lekmechanismes beschreven van de compartimenten die niet voldoen aan het kweldebiet zoals opgenomen in de huidige watervergunning.

Verdiepte Ligging

Op basis van alle onderzoeken en analyses is het meest waarschijnlijke lekmechanisme diffuse lekkage door de wand (mechanisme 5, zie hoofdstuk 3). Tevens is vastgesteld dat er een grotere lekkage door de Kedichemkleilaag plaatsvindt dan in het ontwerp is berekend. De meeste waarschijnlijke verhouding is dat 80% van het lekkage water vanuit het eerste watervoerend pakket komt [A] en 20% van het lekwater uit het tweede watervoerend pakket [B] komt (zie figuur 3.5).
In de modellering met het Delflandmodel is uitgegaan van 93% lekwater uit het eerste watervoerend pakket en 7% lekwater uit het tweede watervoerend pakket. Deze verhouding is gekozen als worst-case benadering voor het bepalen van de omgevingseffecten.



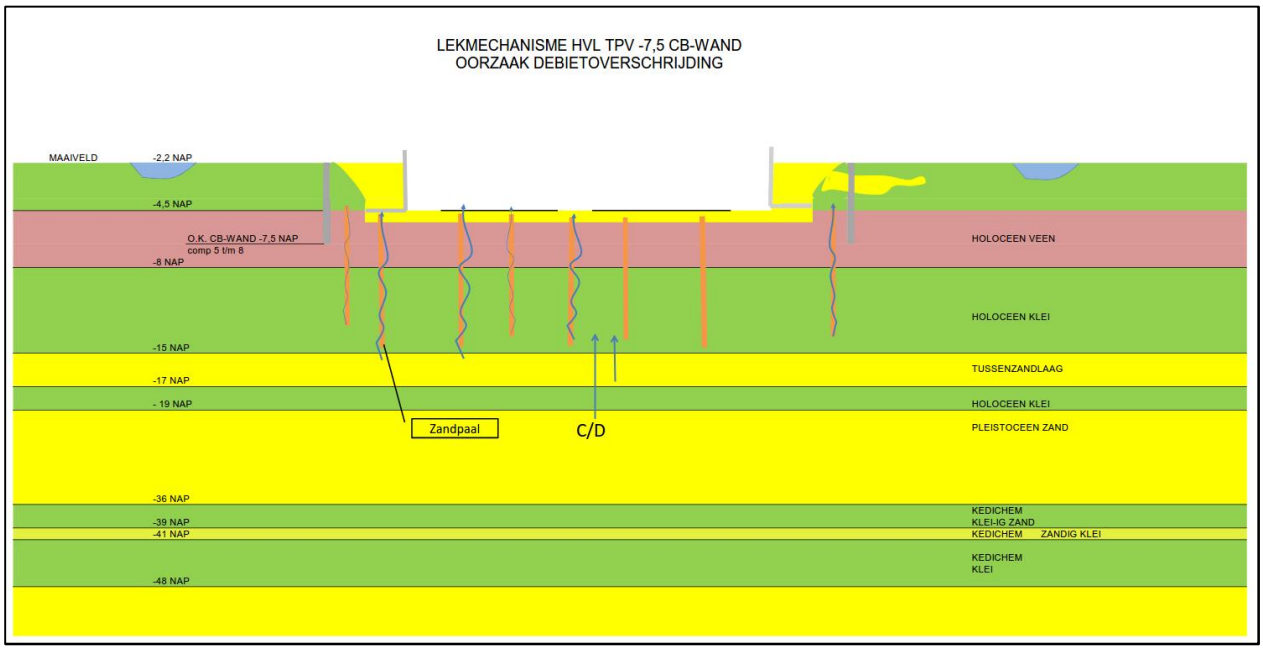
[A]: Lekwater door wandconstructie

[B]: Lekwater door Kedichemlaag

Figuur 3.5 Lekmechanisme Verdiepte Ligging: Oorzaak verhoogd debiet verdiepte ligging compartiment 11 t/m 14

Halfverdiepte Ligging

De overschrijding van het debiet in compartiment 6 en 7 wordt veroorzaakt door een kleinere dikte [C] of een grotere doorlatendheid van de ongestoorde waterremmende laag [D] onder de punt van de zandpalen (zie figuur 3.6).



Figuur 3.6 Lekmechanisme: Oorzaak verhoogd debiet half verdiepte ligging compartiment 6 en 7

Eindbeeld uitgevoerd onderzoek

Alle specifieke en verdachte locaties zijn onderzocht en gerepareerd. Het totale kweldebiet is door deze acties teruggebracht van 2600 m^3/dag naar de huidige ca. 1200 m^3/dag. Er is nu een stabiele situatie ontstaan.

Daarnaast heeft het uitvoerige aanvullende onderzoek geleid tot het huidige meer gedetailleerde beeld over het lekmechanisme en de oorzaak van de overschrijdingen. Het beeld is dat er sprake is van een diffuse lekkage voornamelijk door de wand (VL) en gedeeltelijk door de vloer (VL en HVL).

In voorschrift 5 van de definitieve watervergunning staat dat hemelwater en grondwater niet mogen worden vermengd. Vanuit dit voorschrift is een robuust ontwerp van het riolerings-, drainage-, en afvoersysteem belangrijk. Op basis van het toegenomen kweldebiet is het ontwerp van dit systeem aangepast.

4. Conclusies over effecten

Om het effect van het verhoogde kweldebiet op de omgeving te bepalen is door Deltares middels het Delfland-model een 3-tal scenario's doorgerekend. Met de uitkomsten van deze scenario's zijn vervolgens de omgevingseffecten berekend.

De scenario's zijn zo gekozen om per omgevingseffect uit de checklist waterbeheer het maatgevend gevolg te kunnen berekenen. Het betreft de volgende scenario's:

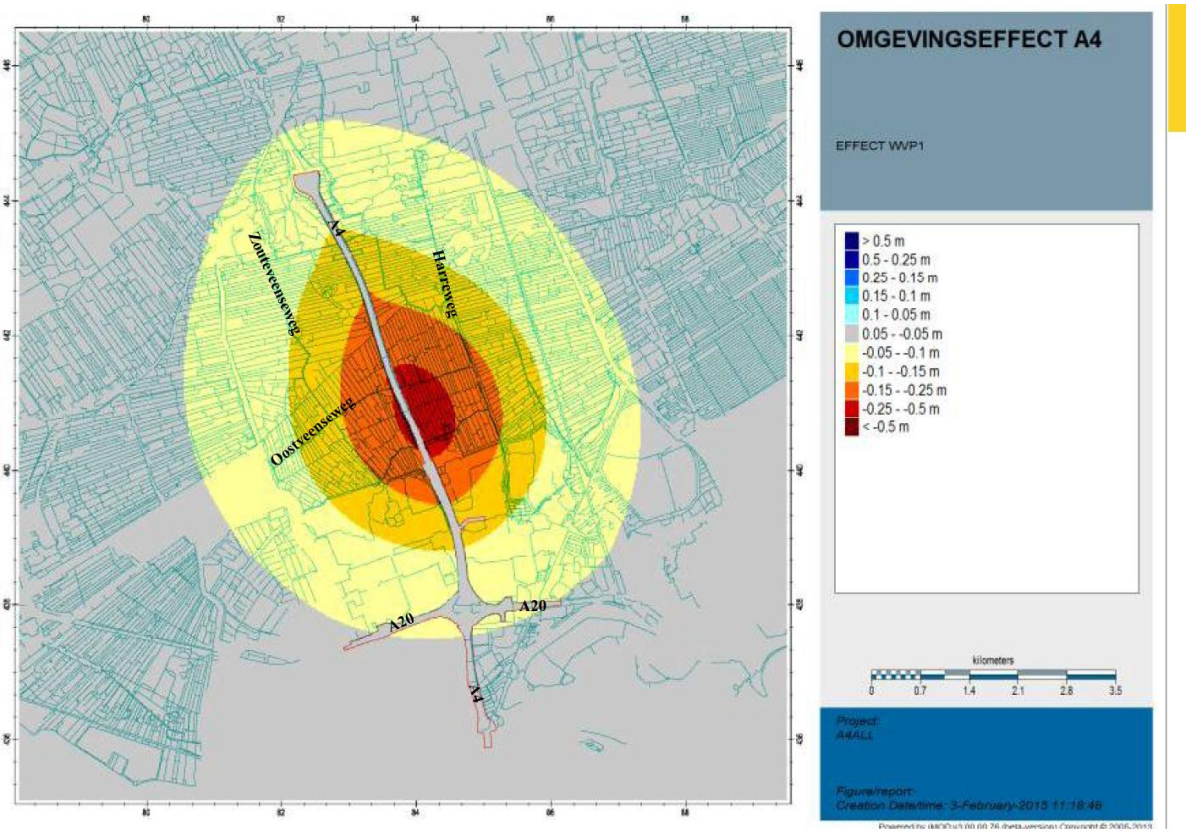
Scenario 1: Jaargemiddelde situatie (stationair).
Om gemiddelde verlagingen van de stijghoogtes in de watervoerende pakketten in beeld te brengen is een stationaire situatie doorgerekend. Hierbij is gerekend met een gemiddelde van de neerslag over een jaar en met langjarige gemiddelden voor de grondwaterstanden en stijghoogtes in de verschillende watervoerende pakketten. Hiermee zijn de variaties door seizoenseffecten (zomer droog, dus lagere grondwaterstand en stijghoogtes; winter nat, dus hogere grondwaterstand en stijghoogtes) uitgemiddeld.

Scenario 2: Einde van een langdurig droge zomer periode, die gemiddeld 1 keer in de 20 jaar voorkomt (niet-stationaire situatie). De niet-stationaire situatie wordt gebruikt om de effecten op de freatische grondwaterstand goed in beeld te brengen.

Scenario 3a: Risicobeschouwing bij de langdurig droge periode, die gemiddeld 1 keer in de 20 jaar voorkomt (niet stationaire situatie). Dit scenario is beschouwd om de gevoeligheid voor het ontbreken van de Basisveenlaag rond de verdiepte ligging te bepalen. Dit scenario blijkt niet maatgevend te zijn ten opzichte van scenario 3b en is daarom niet verder beschouwd.

Scenario 3b: Risicobeschouwing bij de langdurig droge periode, die gemiddeld 1 keer in de 20 jaar voorkomt (niet stationaire situatie). Aangezien lokaal een verminderde weerstand van de deklaag voor zou kunnen komen is in het model voor het hele gebied met de tussenzandlaag de weerstand van de deklaag gereduceerd met 50%. Voor het totale omliggende resterende gebied is de weerstand van de deklaag gereduceerd met 25% (worst-case benadering).

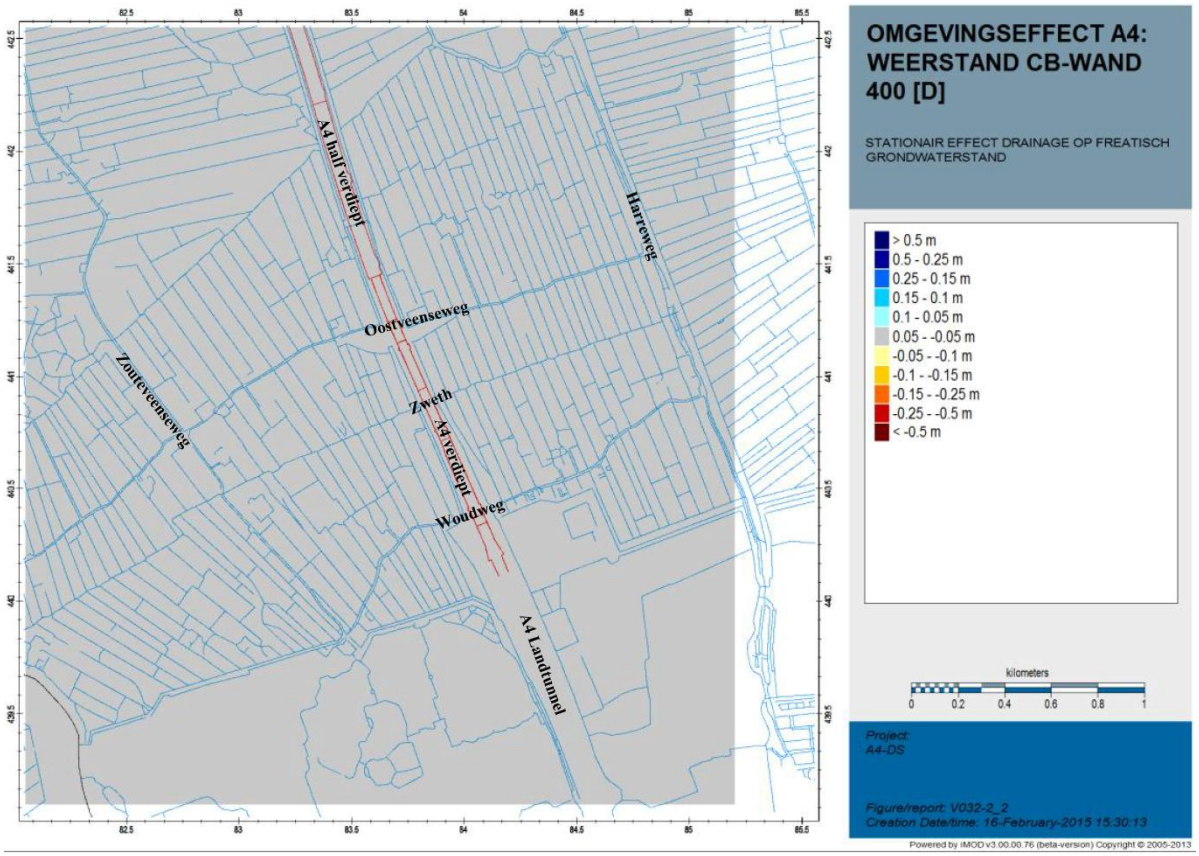
Deltares heeft opdracht gekregen om het effect van de verlaagde stijghoogte in het eerste watervoerend pakket te bepalen. Dit effect wordt beschouwd op het verlagen van de freatische grondwaterstand in droge periodes in scenario 2 en 3b, omdat dit de grootste negatieve omgevingseffecten geeft. Dit is nagegaan in verband met benodigde inlaat van oppervlaktewater en mogelijke omgevingseffecten zoals verdroging en zettingen.



Figuur 4.1: Berekende verlaging in WVP1 rond de bouwkuip met verlagingscontour van 5 cm of meer (scenario 1)

Figuur 4.1 geeft een beeld van de berekende verlaging, op basis van het huidige kweldebiet, in het watervoerende pakket 1 (WVP1, wat zich op een diepte bevindt tussen NAP -18 tot -35 m) waarbinnen het effect op de stijghoogte 5 cm of meer is. Dit strekt zich uit tot een afstand van circa 3,2 km van het A4-tracé.

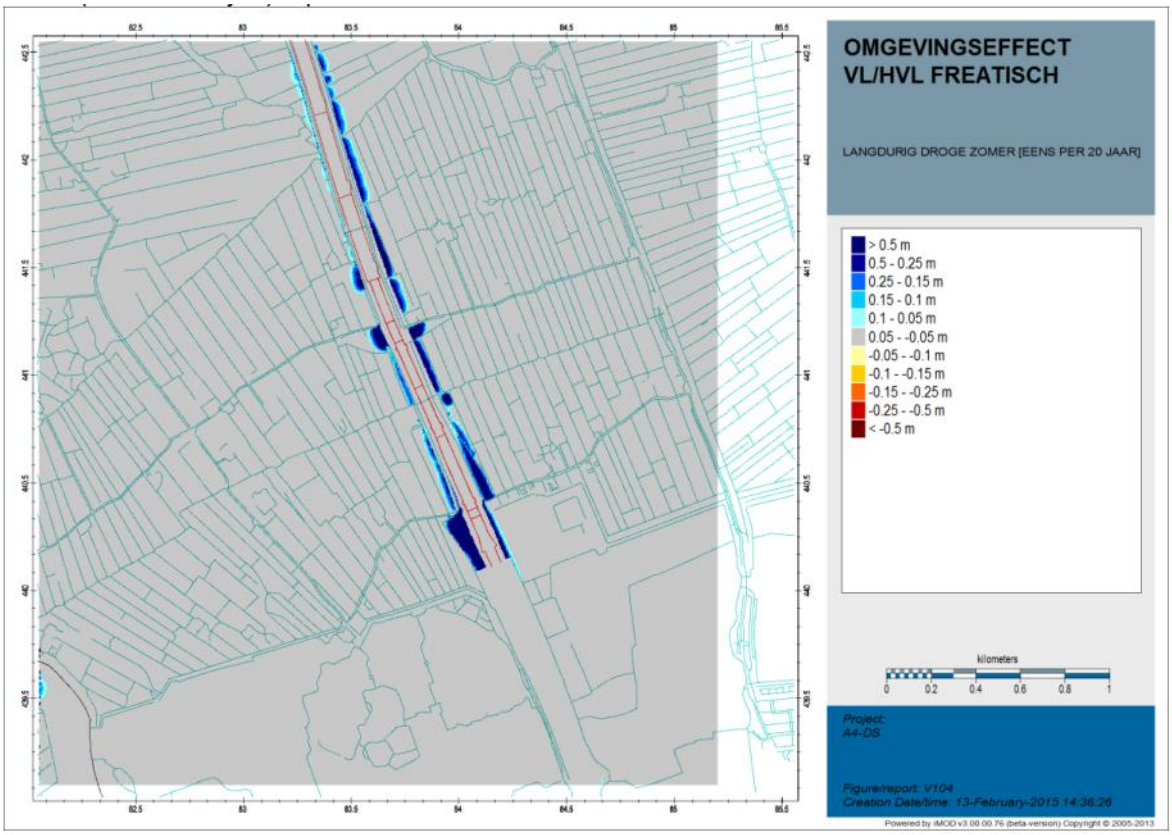
<u>Conclusie berekeningen Deltares voor scenario 1:</u>
Vanuit de berekening en in figuur 4.2 zijn geen verlagingen zichtbaar groter dan 5 cm door het verhoogde kweldebiet.



Figuur 4.2: Effect verlaging freatisch vlak in scenario 1.

Conclusie berekeningen Deltares voor scenario 2:

Vanuit de berekening en in figuur 4.3 zijn geen verlagingen zichtbaar groter dan 5 cm door het verhoogde kweldebiet. Het feit dat er geen verlagingen zichtbaar zijn groter dan 5 cm komt doordat de freatische grondwaterstand in grote mate bepaald wordt door de aanwezigheid van sloten en de waterstand hierin.

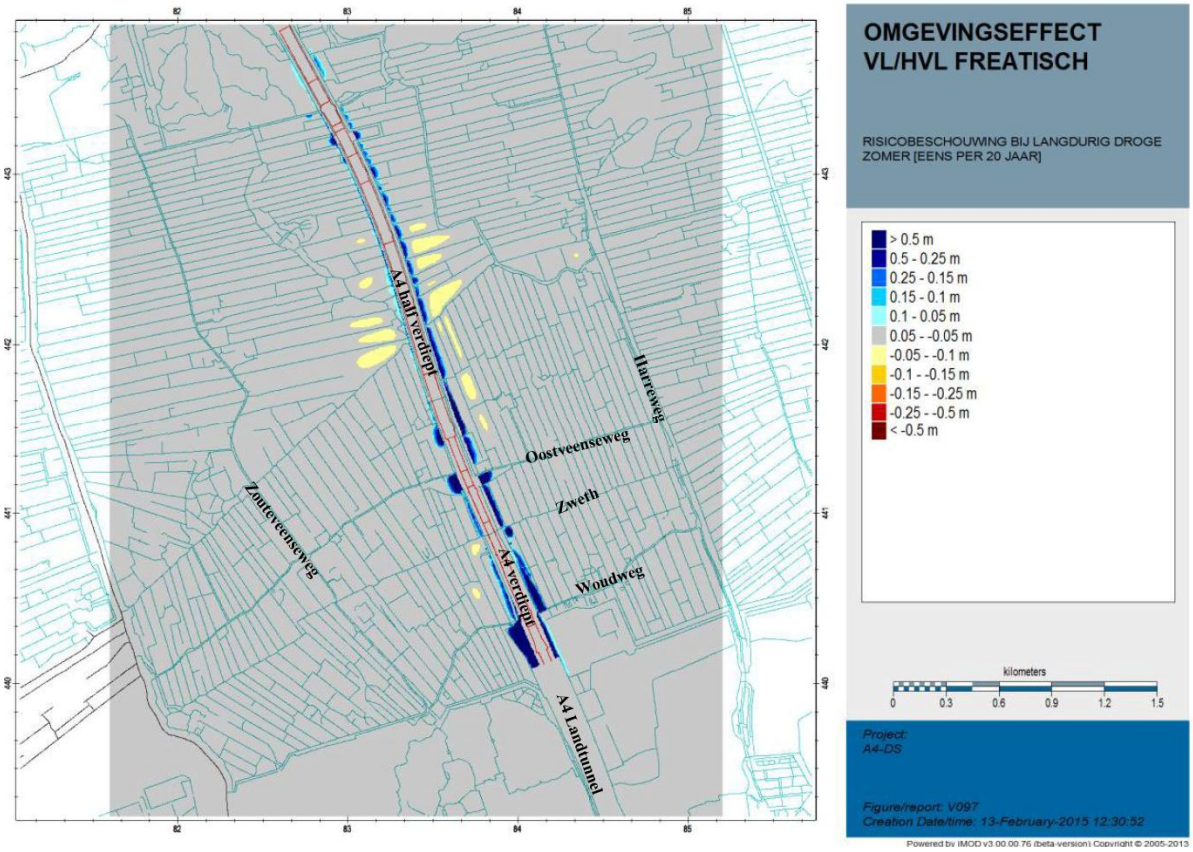


Figuur 4.3: Effect verlaging freatisch vlak in scenario 2.

De in figuur 4.3 aangegeven verhoging van de grondwaterstand (blauwe lijnen) komt voort uit het positieve effect van de aanleg van nieuwe watergangen langs de verdiepte ligging, die niet in het originele Delfland model voorkwamen.

<u>Conclusie berekening Deltares voor scenario 3b droge periode (voorkomend gemiddeld 1x in de 20 jaar) incl. verminderde weerstand deklaag</u>

Vanuit de berekening en figuur 4.4 zijn er langs de halfverdiepte en verdiepte ligging enkele locaties te zien met een verlaging tot maximaal 10 cm. Ook hier blijkt dat de grondwaterstand in grote mate bepaald wordt door de aanwezigheid van en de waterstand in de sloten.



Figuur 4.4: Effect verlaging freatisch vlak in scenario 3b.

Herkomst van het kwelwater in de bouwkuipen HVL + VL

Uit de berekeningen volgt dat al het kwelwater afkomstig is uit het eerste en tweede watervoerend pakket. Hiermee wordt de kwel naar het topsysteem verminderd. Dit betekent dat er in een natte periode minder water hoeft te worden weggepompt uit de polder en in droge perioden extra water moet worden ingelaten in de polder.

Maximaal te verwachten kweldebiet

Voor het maximale te verwachten debiet is een natte periode maatgevend. Dit is door Deltares in de berekeningen meegenomen. Door Deltares is het maximale kweldebiet op basis van een worst-case benadering berekend bij een stijghoogte in het eerste watervoerend pakket van NAP -1,9m (incl. zeespiegelstijging, bodemdaling, stopzetting DSM). Dit bedraagt 1525 m^3/dag. Tevens is bepaald dat het stopzetten van de bemaling van DSM in Delft-Noord tot een toename van het debiet met 75 m^3/dag leidt. Zonder stopzetten van de bemaling van DSM komt het maximale kweldebiet daarmee uit op 1450 m^3/dag. 1450 m^3/dag en 1525 m^3/dag zijn daarmee voor de situaties “DSM aan” en “DSM uit” te beschouwen als het maximale debiet dat optreedt in een nat jaar.

5. Conclusies over indirecte effecten

Op basis van scenario 1 zijn de indirect effecten beschouwd die verband houden met de invloed op het eerste en tweede watervoerend pakket (zettingen door toename korrelspanning, WKO's, overige onttrekkingen en bodemverontreinigingen). De overige indirecte effecten zijn bepaald op basis van scenario 3b (risicobeschouwing).

Aan de hand van deze checklist zijn de grondwaterafhankelijke belangen onderzocht. Hieronder volgt een opsomming van deze belangen incl. de conclusie.

<u>(voorkomen van) bodemdaling en zettingen van funderingen en infrastructuur (als gevolg van eventuele beïnvloeding van de grondwaterstand)</u>
De zettingen als gevolg van verdroging (oxidatie van veen) en door toename van de korrelspanning zijn berekend.

Veenoxidatie:
Geconcludeerd wordt dat op de percelen waar in de risicobeschouwing (scenario 3b; 5% droog jaar en reductie deklaagweerstand) een extra verlaging van het freatische peil van max. 10 cm wordt berekend, de extra veenoxidatie gemiddeld met maximaal 2 mm/jaar toeneemt. In scenario 2 (einde van een droge zomer die één keer in de 20 jaar voorkomt) is de extra verlaging van het freatische peil kleiner dan 5 cm, waardoor de extra veenoxidatie kleiner is dan circa 1 mm per jaar.

Zetting door toename korrelspanning:
Hierbij is sprake van zettingen door toename van de korrelspanning als gevolg van verlaging van de stijghoogtes in het eerste watervoerende pakket aan de onderkant van de holocene deklaag. Dit resulteert in een extra maaiveldzakking kleiner dan 0,5mm/jaar. In de praktijk valt deze extra zetting volledig weg ten opzichte van de maaiveldzakking in de deklaag als gevolg van veenoxidatie van 5 à 8 mm/jaar die er zonder aanleg van de A4 al was. Daarnaast neemt de toename van de zetting in de diepte snel af.

Samenvattend:
- funderingen en infrastructuur waarvan het aanlegniveau dicht bij het maaiveldniveau ligt, worden beïnvloed door zowel veenoxidatie als zetting van de holocene slappe lagen. Op de percelen waar in de risicobeschouwing (scenario 3b) een extra verlaging van het freatische peil tot 10 cm wordt berekend, neem de extra veenoxidatie gemiddeld maximaal met 2 mm/jaar toe. De kans dat dit scenario in de praktijk optreedt is klein. Daarnaast bevindt zich op deze locaties geen bebouwing of infrastructuur.
- voor (paal)funderingen met het paalpuntniveau in de holocene tussenzandlaag is de zettingstoename verwaarloosbaar. Dit geldt tevens voor funderingen met het paalpuntniveau in het pleistocene zandpakket.
- in de risicobeschouwing (scenario 3b) is een extra verlaging van het freatische peil tot 10 cm berekend. De kans dat dit scenario in de praktijk optreedt is, zoals eerder genoemd, klein. Er is dan ook geen risico op (een toename van) paalrot. Daarnaast bevinden zich op de betreffende percelen geen bebouwing of infrastructuur.

<u>DSM-onttrekking</u>
Bij de vergunningaanvraag is rekening gehouden met de huidige DSM-onttrekking in Delft. Deze onttrekking beïnvloedt de huidige stijghoogtes in het eerste watervoerende pakket (Pleistoceen). In de toekomst wordt de onttrekking van DSM mogelijk gestopt. De stijghoogtes zullen dan stijgen, waardoor het kweldebiet zal toenemen. In de aanvraag voor de gewijzigde vergunning is uitgegaan van een debiettoename van 5% bij het uitzetten van DSM in de toekomst. Dit volgt uit de berekening van het Delfland-model bij stopzetting DSM.

WKO's
Voor het bepalen van de mogelijke beïnvloeding van de WKO's is scenario 1 maatgevend. Na onderzoek blijken er zich 3 vergunde WKO's (warmte-koude opslag) binnen de 5cm verlagingscontour van het tweede watervoerende pakket te bevinden.
Er is onderzoek gedaan naar verandering in richting en snelheid van grondwaterstroming die het effect van de WKO zouden kunnen beïnvloeden.
Uit de berekeningen blijkt dat het rendementsverlies bij de 3 WKO-systemen kleiner is dan 1%.

Overige onttrekkingen
Er bevinden zich nog twee grondwateronttrekkingen binnen de 5cm-verlagingscontour van het eerste watervoerende pakket. De grondwateronttrekkingen komen uit het Landelijk Grondwater Register. Het betreft de volgende onttrekkingen: Tennisvereniging Holy en Brandweer Abtswoude. De twee vergunde grondwateronttrekkingen die zich binnen de 5cm- verlagingscontour bevinden worden niet negatief beïnvloed. Dit ten gevolge van het grote doorlaatvermogen van het 1^{e} watervoerend pakket.

Grondwaterkwaliteit
Het verhoogde kweldebiet wordt net als in de reeds vergunde situatie volledig afgevoerd naar de Nieuwe Waterweg en heeft daarmee geen negatieve invloed op het watersysteem.

Peilbeheer in de polder
Om de grondwaterpeilen gelijk te houden dient er als gevolg van het te hoge kweldebiet in winterperiode met neerslagoverschot minder water weggepompt te worden. In een zomerperiode met een neerslagtekort, zal er extra (zoet) water moeten worden ingelaten. De verhouding tussen deze extra in te laten hoeveelheid en de totale in te laten hoeveelheid (neerslagtekort) is groter dan de verhouding tussen de afname van de hoeveelheid weg te pompen water en de totale hoeveelheid weg te pompen water (neerslagoverschot).

Het effect van extra bodemdaling door veenoxidatie en zetting van samendrukbare lagen is verwaarloosbaar ten opzichte van de autonome maaiveldzetting in het gebied. Daarom is er geen extra effect vanuit bodemdaling op het peilbeheer

Bodem verontreiniging (verspreiding als gevolg van eventuele beïnvloeding van de grondwaterstand)
Binnen de systeemgrenzen bevonden zich locaties waar een bodemverontreiniging is geconstateerd. Deze locaties zijn gesaneerd tijdens de wegaanleg. Uit onderzoek is gebleken dat er zich geen mobiele verontreinigingen binnen de 5cm verlagingscontour van het eerste watervoerende pakket bevinden. Er is dan ook geen negatief effect.

Landbouw
Landbouwschade (grasopbrengstschade) is berekend op basis van scenario 3b met een maximale verlaging van de GLG van 10 cm (in werkelijkheid zal deze slechts enkele centimeters bedragen). Uit deze berekening volgt dat de droogteschade bij scenario 3b toe neemt met maximaal 1% in het betreffende jaar. Uitgaande van 1% reductie van een maximale opbrengst 20000 kg/ha/a à 150 Euro/1000 kg, over 11 ha bedraagt de droogteschade door het kweldebiet in de A4 330 Euro per jaar. Dit getal is gebaseerd op een worst-case benadering en betreft verlaging en maximale droogteschade op basis van maximale opbrengst tegen het prijspeil van 2014.

Natuur
Uit onderzoek blijkt dat er geen verlagingen zijn groter dan 5 cm in de natuurgebieden in de omgeving (Vlietlanden en graslanden langs de Vlaardingervaart). Daarnaast zijn er binnen de IODS-

afspraken inzake de aanleg van de A4 Delft Schiedam nog andere (natuur)projecten welke aangelegd zijn of worden. Er zijn geen negatieve effecten op de natuurwaarden in het gebied.

Archeologie
De verlagingen van het freatisch vlak zijn geprojecteerd op een kaart van archeologische objecten. Ter plaats van de gebieden waar effecten op de freatische grondwaterstanden zijn te verwachten bevinden zich geen archeologische objecten. Er zijn dan ook geen negatieve effecten.

Overige belangen
Er zijn geen andere belangen naar voren gekomen binnen de beschouwde contour. Overige belangen zijn, voor zover bekend, niet in het geding.

Eindconclusie
Op basis van voorgaande paragrafen wordt geconcludeerd, op basis van de checklist waterbeheer, dat het (verhoogde) kweldebiet in de (half) verdiepte ligging een negatieve invloed heeft op het peilbeheer.

6. CONCLUSIE OVER HAALBAARHEIDSANALYSE BEHEERSMAATREGELEN

De onderzoeken en uitgevoerde maatregelen volgens de huidige stand der techniek hebben geleid tot een reductie van het kweldebiet tot ca. 1200 m^3/dag.

Nadat bleek dat na de genomen maatregelen er bij compartimenten 6,7 en 11 t/m 14 nog steeds een overschrijding van het kweldebiet was, is er nogmaals door RWS, A4all en betrokken experts uitvoerig onderzoek gedaan naar aanvullende, meer ingrijpende en innovatieve maatregelen. Ook zijn mitigerende en compenserende maatregelen bekeken. Alle maatregelen zijn opgenomen in een matrix, die te vinden is in bijlage 10 van dit rapport.

De conclusie uit dit onderzoek is, dat de enige maatregel welke bewezen tot reductie van het debiet leidt het aanbrengen van een betonnen vloerconstructie met trekankers is. Gelet op het feit dat de afwijkingen van de stijghoogtes in het pleistoceen niet leiden tot onacceptabele negatieve effecten voor de omgeving en op de voorziene disproportionele kosten- en tijdsconsequenties die deze maatregel met zich meebrengt, vinden Rijkswaterstaat en A4all het niet maatschappelijk verantwoord om deze maatregel in te zetten.
Mitigerende maatregelen als retourbemaling of peilbeheer blijken niet effectief, omdat ze of niet langdurig ingezet kunnen worden, of geen effect hebben op het freatisch grondwaterpeil.

Drainage en afvoersysteem
Naar aanleiding van het toegenomen kweldebiet is het ontwerp van het riolerings-, drainage-, en afvoersysteem naar de Nieuwe Waterweg aangepast. Daarnaast zijn een aantal calamiteitenscenario's beschouwd. Naar aanleiding hiervan zijn de volgende wijzigingen en beheersmaatregelen getroffen:

- In de verdiepte ligging is een separaat gesloten leidingsysteem aangelegd en aangesloten op de ontlastbronnen voor de afvoer van het kwelwater uit de verdiepte ligging.
- Vanaf de Verdiepte Ligging tot aan de Nieuwe Waterweg is de afvoerleiding dubbel uitgevoerd;
- Alle pompen in de pompputten worden dubbel uitgevoerd en zijn elkaars reserve;
- Alle pompputten zijn voorzien van een signalerings- en waarschuwingssysteem;

- De stroomvoorziening vanuit het dienstgebouw is redundant uitgevoerd; het systeem kan van 2 zijden gevoed worden;
- In geval van een calamiteit kunnen de pompen uitgezet worden en kan verontreinigd water separaat afgevoerd worden. Deze situatie zal Rijkswaterstaat toevoegen aan bestaande calamiteitenscenario's. A4all zal hiertoe input leveren met de beheer- en onderhoudsplannen.

Op basis van deze voorzieningen is er sprake een robuust en betrouwbaar afvoersysteem.

7. VOORSTEL VERVOLG

Gezien de voorgaande getrokken conclusies stellen wij voor een wijzigingsvergunning op basis van een maximaal totaaldebiet van 1525 m^3/dag (DSM uit, voor DSM aan 1450 m^3/dag) aan te vragen. Dit debiet is gekozen om fluctuaties in het kweldebiet als gevolg van seizoensinvloeden en het stopzetten van de DSM-bemaling op te kunnen vangen en volgt uit de berekeningen van Deltares. Vanwege dit hogere debiet is ons voorstel extra monitoring (aantal peilbuizen en hogere frequentie) van de grondwaterstanden en drainagesysteem ten opzichte van de vigerende vergunning te laten plaatsvinden. E.e.a. is verwoord in het bijgevoegde monitoringsplan.

1 Inleiding

1.1 Doel van de rapportage

Tijdens de realisatie van de A4 Delft-Schiedam is gebleken dat, binnen het huidige pallet aan maatregelen niet kan worden voldaan aan de maximale debieteis. Aanvankelijk waren er onderschrijdingen van de indicatie- en interventiewaarden van de peilen en stijghoogtes in de peilbuizen en werd buiten de systeemgrens de omgeving beïnvloed. In de afgelopen periode zijn diverse maatregelen getroffen die ertoe hebben geleid dat de grondwaterstandsverlagingen zijn gereduceerd en voldoen aan de vastgestelde waardes in het monitoringsplan.

In dit rapport wordt een analyse gemaakt van de peilbuis- en debietmetingen in relatie tot de werkzaamheden aan de A4 Delft- Schiedam. Dit om inzicht te geven in de maatregelen die zijn genomen om de debieten te reduceren en de peil- en stijghoogteverlagingen buiten de constructie te reduceren èn om te kijken of er sprake is van omgevingsbeïnvloeding door de aanleg van de A4. In het verlengde hiervan is een toets uitgevoerd op de doelstellingen van het waterbeheer.

In hoofdstuk 1 wordt een overzicht gegeven van de verschillende constructies en constructiemethoden die worden gebruikt voor de realisatie van de A4. Daarnaast worden de doelstellingen van het waterbeheer en de daaruit voortvloeiende voorwaarden uit de Watervergunning behandeld.

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de resultaten van de peilbuis- en debietmetingen. Hoofdstuk 3 bevat een beschrijving van alle acties die zijn uitgevoerd als de interventiewaardes van de grondwaterstand of stijghoogtes werden onderschreden of als de debieteis werd overschreden. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk de zoektocht naar de oorzaak van de onder- en overschrijdingen beschreven.

Hoofdstuk 4 bevat een geohydrologische analyse van de lekmechanismen, waarna in hoofdstuk 5 de gevolgen worden behandeld van stijghoogteveranderingen en debieten op de doelstellingen van het waterbeheer. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op mogelijke maatregelen. Afgesloten wordt met een hoofdstuk conclusies.

1.2 Algemene projectbeschrijving

In opdracht van Rijkswaterstaat wordt door de bouwcombinatie A4all de rijksweg A4 gerealiseerd tussen Delft en Schiedam. Het tracé is opgedeeld in een aantal delen (zie Figuur 1-1), namelijk:

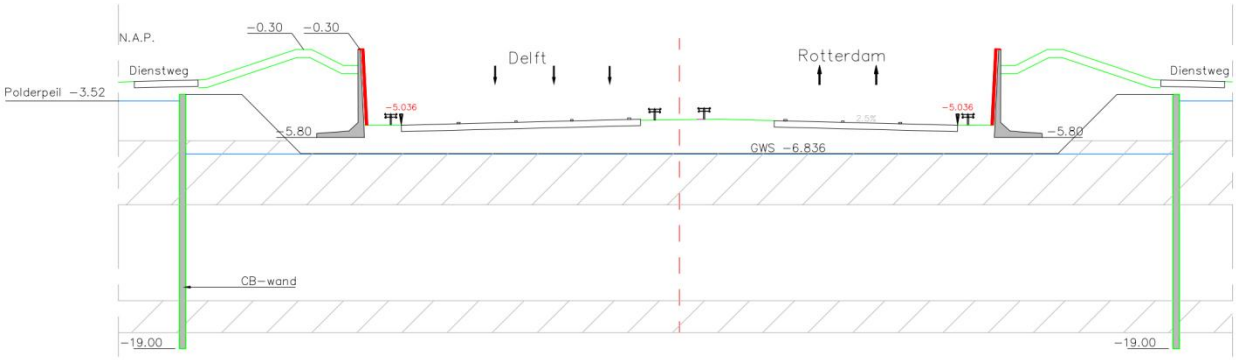
- Tracédeel 1 (TD1): tracé op maaiveldniveau
- Tracédeel 2 (TD2): tracé in half verdiepte ligging
- Tracédeel 3 (TD3): tracé in verdiepte ligging
- Tracédeel 4 (TD4): tracé in landtunnel
- Tracédeel 5 (TD5): knooppunt Kethelplein.

Figuur 1-1 Tracédelen A4 Delft-Schiedam

De rapportage betreft TD2 en TD3 in relatie tot de Watervergunning (1098119/1350779, waterdossier 18746) die door het Hoogheemraadschap van Delfland (HHD) is afgegeven. In bijlage 1 is een overzichtstekening opgenomen van TD2 en TD3 met daarin de onderverdeling in verschillende compartimenten.

1.2.1 *Bouwprincipe Tracédeel 2 – halfverdiepte ligging (km57,4 - km60,0)*

Binnen TD2 komt de weg enkele meters beneden het bestaande maaiveld te liggen. De waterremmende lagen worden hier gevormd door de aanwezige holocene veen- en kleilagen. De verticale cementbentonietwanden worden aangebracht tot NAP -7,5m om eventueel aanwezige doorlatende stoorlagen af te sluiten. In het noordelijke deel (compartiment 1 tot en met 4) van TD2 komt een holocene zandlaag voor die in verbinding staat met het pleistocene zandpakket (1^{e} watervoerend pakket). Om omgevingsbeïnvloeding en opbarsten van de weg te voorkomen worden hier cementbentoniet-wanden met hierin een folieconstructie aangebracht tot in het pleistocene zandpakket (NAP-19m).



Figuur 1-2 Bouwprincipe TD2 [R1]

Daarnaast worden op een tweetal locaties cementbentonietwanden aangebracht tot respectievelijk NAP-12m en NAP-15m, omdat op deze locaties een vergroot risico op omgevingsbeïnvloeding werd verwacht door de bodemopbouw respectievelijk de combinatie van bodemopbouw (holocene tussenzandlagen) en zandpalen. Deze laatste zijn in het verleden (eind jaren ’60, begin jaren ’70) aangebracht voor het aanleggen van de zandbaan voor de A4.

1.2.2 *Bouwprincipe Tracédeel 3 – verdiepte ligging*

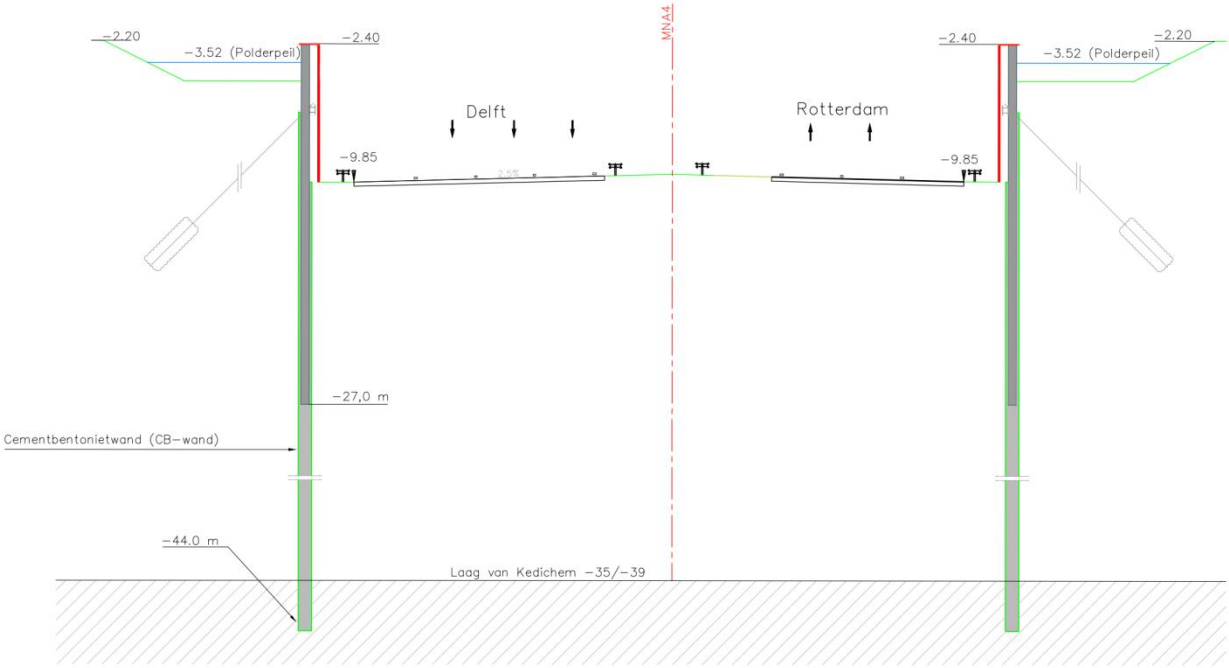
TD3 is het diepst gelegen deel van de A4 tussen Delft en Schiedam in verband met de aanleg van het Ecoaquaduct ter plaatse van de Zweth. Als grondkering wordt hier een verankerde damwandconstructie toegepast al dan niet in combinatie met een cement-bentonietwand of diepwand.

De verdiepte ligging is onder te verdelen in drie delen:

1. Bij de noordelijke en zuidelijke toerit (respectievelijk compartiment 9 [km 60,01 - km 60,22] en 15 [km 61,21 - km 61,49]) wordt de verticale afsluiting van de bouwkuip gevormd door de slecht doorlatende holocene lagen. De horizontale afsluiting wordt gevormd door de damwanden die in het pleistocene zandpakket zijn geplaatst. In dit deel van de verdiepte ligging hebben de zandpalen in het holocene lagenpakket invloed op het kweldebiet.

2. Voor de aanleg van het middelste deel van de verdiepte ligging (compartiment 10 tot en met 14 [km 60,22 - km 61,21]) is het noodzakelijk om de stijghoogte in het pleistocene zandpakket permanent te verlagen in verband met opbarsten van de putbodem. Om dit te kunnen realiseren zijn cementbentonietwanden gemaakt tot in de kleilagen die de bovenzijde van de formatie van Waalre (Kedichem) vormen, waarin de damwanden (tot circa NAP -25m) ten behoeve van de grondkering zijn afgehangen (zie Figuur 1-3). Hierdoor ontstaat een sterk waterremmende bakconstructie. Om de stijghoogte in het pleistocene zandpakket binnen de constructie te beheersen zijn diverse ontlastbronnen aangebracht. In dit deel van de verdiepte ligging hebben de zandpalen in het holocene lagenpakket geen invloed op het kweldebiet.

3. Ter plaatse van het Ecoaquaduct en de Oostveense- en Woudweg zijn de wanden als diepwandpanelen uitgevoerd tot het zelfde niveau als de cement-bentonietwanden. Ook hier hebben de zandpalen in het holocene lagenpakket geen invloed op het kweldebiet.



Figuur 1-3 Bouwprincipe TD3 (wegas = spiegelas) [R2]

1.3 Gebruikte documenten

Voor deze rapportage zijn de volgende documenten gebruikt:

[R1] A4DS-K4-TEK-0028, versie 6.0, Halfverdiepte Ligging, Overzichtstekening, Definitief ontwerp

[R2] A4DS-K5-TEK-0034, versie 7.0, Verdiepte Ligging, Overzichtstekening, Definitief ontwerp

[R3] Watervergunning, 1098119/1350779, waterdossier 18746, Hoogheemraadschap van Delfland, 21 januari 2014

[R4] A4DS-K-WP-0073, versie 2.0, Monitoringsplan waterhuishouding TD1 t/m 5, WP00219

[R5] A4DS-K-TEK-1164, versie 4.0, Locaties peilbuizen

[R6] A4DS-K-RAP-0007, versie 3.0, Bemalingsadvies TD2 t/m 4

[R7] 1208001-000-GEO-0019, versie 2.0, A4 Delft-Schiedam: geologie, zandvoorkomens en kansbepaling geohydrologische kortsluiting, RWS zaaknummer 31079980/4500, februari 2014

[R8] A4DS-K-MEM-0258, Berekeningsmethodiek kweldebieten Ontwerp Varianten, versie 4, Definitief, 19 september 2013

[R9] Eindrapportages van de compartimenten van de halfverdiepte ligging

[R10] A4DS-PWI-K5-0049, Werkinstructie ijking Texplormeting d.m.v. buizenmethode

[R11] Kasse, 1988, Early-Pleistocene tidal and fluviatile environments in the Southern-Netherlands and Northern- Belgium, Thesis VU Amsterdam

[R12] Westerhof, TNO, Utrecht, Netherlands, 2009, Thesis on the Lower Rhine/Meuse System in the Plio/Pleistocene, Southern North Sea

[R13] Fugro, Bemonsteren laag van Kedichem ten behoeve van de verdiepte ligging in de A4, 11-09-2012, Opdrachtnummer 1010-0026-026, Intern rapport A4All

[R14] A4DS-W1.2-ONO-0119, versie 4.0, Afwegingskader grondwater, Halfverdiept / Verdiepte ligging, Vergunningsaanvraag

[R15] A4DS-K5-MEM-0152, Keuringen en registraties CB wandenDiverse rapportages van Texplor
[R16] Robertson, P.K., Estimating in-situ soil permeability from CPT&CPTu, interne notitie Gregg Drilling, 2014, http://www.cpt10.com/PDF_Files/2-51Robehc.pdf
[R17] Fröhlich, P.N. et al, Early oxidation of organic matter in pelagic sediments of the eastern equatorial Atlantic , Suboxic diagenesis, Geochimica et Cosmochimica Acta, 43, pag. 1075-1090
[R18] Stuyfzand, P.J., Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. Ph.D Thesis Vrije Univ. Amsterdam, 1993
[R19] Pannatier, E.G. et al, A new prcess-bases hydrogeochemical classification of groundwater: application to the Netherlands national monitoring system, TNO report NITG 00143-B, 38, NITG, Utrecht
[R20] A4DS-K5-OBA-0008, Ontwerpbasis Verdiepte Ligging, versie 1.0
[R21] Alterrra-rapport 1516-7197, Effecten van waterpeilstrategieën, een scenariostudie in het gebied rond Zegveld
[R22] Stiboka, bodemkaart 1:50000
[R23] LGN7, Landgebruiksbestand, Alterra, 2013
[R24] STOWA-rapport 2005-16. HELP-2005. Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het Waternood-instrumentarium, STOWA, 2005
[R25] Aarts, H.F.M. et al., Bemesting, meststofbenutting en opbrengst van productiegrasland en snijmaïs op melkveebedrijven, rapport 208, WUR-PRI, 2008, Wageningen
[DINO] www.dinoloket.nl.

1.4 Doelstellingen waterbeheer

Het gebied waarin de A4 Delft Schiedam dient te worden aangelegd laat zich kenmerken als een veenweide gebied. Het project ligt in de Holierhoekse en Zouteveense polder. Het gebied wordt met name gebruikt voor landbouw en recreatie.

De ondergrond kan globaal worden gekenmerkt door:

- slecht doorlatende lagen van het Holoceen van ca. NAP -2,5m tot NAP -17m
- goed doorlatende lagen van het Pleistoceen van ca. NAP-17m tot NAP -36m
- slecht doorlatende lagen van Kedichem NAP -36m tot NAP -48m.

Van de lagen onder Kedichem is minder bekend, maar deze worden verondersteld redelijk goed doorlatend te zijn. In het slecht doorlatende Holocene pakket is in de half verdiepte ligging en het noordelijke deel van de verdiepte ligging (compartiment 9 en 10) een tussenzandlaag aanwezig. Deze tussenzandlaag is een watervoerende laag met een wisselende grondwaterstand die op bepaalde locaties kortgesloten is met het Pleistoceen.

De freatische grondwaterstanden en de stijghoogtes in het eerste watervoerende pakket variëren met het seizoen. Het grondwater in het Pleistoceen heeft een hoger zoutgehalte dan het freatische grondwater. Het Pleistocene grondwater heeft een grotere stijghoogte dan het freatische grondwater. Hierdoor treedt van nature kwel op. Vanwege het hogere zoutgehalte van het Pleistocene grondwater heeft dit effect op de kwaliteit van het freatische grondwater. Het project is onder andere gelegen in de “De Zouteveense polder”. Deze naam typeert de oorspronkelijke uitgangssituatie van dit gebied.

Door de aanleg van het zandlichaam dat eind jaren zestig is aangelegd voor de A4 Delft-Schiedam, is de waterkwaliteit van het gebied mogelijk verslechterd. De Holocene, slecht doorlatende toplaag is

als het ware doorsneden door een zandlichaam met zandpalen, waardoor de kwel vanuit het Pleistoceen naar de toplaag is versterkt.

Met de aanvraag voor de watervergunning is de impact middels de “checklist vergunningsaanvraag” getoetst aan de Leidraad Regulering Grondwateronttrekking en Infiltraties. Daarmee is vastgesteld aan welke doelstellingen in het waterbeheer het project mogelijk raakt. In hoofdstuk 7 van de watervergunning [R3] zijn de relevante aspecten benoemd. Deze aspecten zijn:

- (voorkomen van) zettingen van funderingen en infrastructuur (a.g.v. eventuele beïnvloeding van de grondwaterstand)
- DSM onttrekking
- Grondwaterkwaliteit
- Peilbeheer in de polder
- (invloed op verspreiding van) bodem verontreiniging (a.g.v. eventuele beïnvloeding van de grondwaterstand)
- Overige grondwateronttrekkingen
- Landbouw, natuur en milieu
- Overige belangen.

Deze aspecten betreffen het waterbeheer en belangen van derden en worden hierna de doelstellingen van het waterbeheer genoemd.

Om de invloed op de doelstellingen in het waterbeheer te voorkomen zijn eisen gesteld aan het project en de aanleg van het project. Deze eisen zijn vastgesteld in de definitieve en tijdelijke watervergunning. De eisen zijn:

- Geen invloed op de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in de tussenzandlaag en het Pleistocene zandpakket buiten de systeemgrens. (voorschrift 3).
- De grondwateronttrekking bedraagt niet meer dan 400m^3 /dag (voorschrift 6)
- Monitoring.

Bij verlaging van de grondwaterstand buiten de systeemgrens of overschrijding op het debiet dienen maatregelen te worden getroffen. Zie voor meer informatie paragraaf 1.5, Vergunningsvoorwaarden. De debieteis is in de tijdelijke vergunning opgesplitst per compartiment. Daarmee geeft de debieteis een helder afwegingskader maar is niet direct te vertalen naar alle doelstellingen van het waterbeheer. De grondwaterstanden fluctueren met de seizoenen. Om directe schade aan de omgeving te voorkomen tijdens het bouwproces zijn er in het monitoringsplan indicatie- en interventiewaarden vastgesteld voor de waterstand en stijghoogte in de peilbuizen. Zie voor aanvullende informatie paragraaf 2.2, Monitoringsplan.

In dit rapport wordt getoetst in hoeverre er wordt voldaan aan de voorwaarden van de vergunning. Hierbij wordt vastgesteld dat er op bepaalde compartimenten een overschrijding is op de eis aan het maximale debiet en verlaging van grondwaterstand en/of stijghoogten buiten de systeemgrens. In hoofdstuk 5 worden de gevolgen van deze afwijking beschouwd. In paragraaf 5.5 van dat hoofdstuk wordt de invloed op de doelstellingen van het waterbeheer bepaald.

1.5 Vergunningsvoorwaarden

Door het Hoogheemraadschap van Delfland is een watervergunning verleend voor TD2 en TD3 [R3]. In hoofdstuk 5 van deze vergunning zijn een 13-tal voorschriften opgenomen. In Voorschrift 3, 6 en 7 zijn eisen opgenomen die moeten voorkomen dat buiten de systeemgrenzen van de A4 effecten op de omgeving optreden door de aanleg van de weg. De overige voorschriften hebben onder andere betrekking op het monitoringsysteem, monitoringsplan en wijze van verificatie.

Hieronder zijn de teksten van Voorschrift 3, 6 en 7 weergegeven:

Voorschrift 3.
Geen effecten buiten de systeemgrens

1. *De freatische grondwaterstand en de stijghoogte in de tussenzandlaag en de stijghoogte in het pleistocene zandpakket mogen door de grondwateronttrekking niet worden verlaagd buiten de systeemgrens.*
2. *De grondwaterstand en de stijghoogte bedoeld in lid 1 worden gemonitord door frequente toetsing aan historische gegevens, nulwaarden, referentiewaarden en meetwaarden in referentiepeilbuizen, zoals aangegeven in het monitoringsplan in voorschrift 9*
3. *Bij verlaging van de grondwaterstand of stijghoogte op de systeemgrens door de grondwateronttrekking, neemt de vergunninghouder direct beheersmaatregelen om de verlaging teniet te doen. Deze beheersmaatregelen zijn retourbemaling toepassen of alternatieve maatregelen in overleg met Delfland.*
4. *De onttrekking van grondwater mag geen effect hebben op het peilbeheer in de polder. Zodra dit toch blijkt, neemt de vergunninghouder direct in overleg met Delfland passende maatregelen om negatieve effecten weg te nemen en herhaling te voorkomen.*

Voorschrift 6.
Debietgrens

1. *De totale hoeveelheid onttrokken grondwater bedraagt niet meer dan 400 m^3 per dag. Bij overschrijding van deze debietgrens neemt de vergunninghouder effectieve beheersmaatregelen om de lekkage te verminderen.*
2. *De hoeveelheid onttrokken grondwater wordt gemeten per compartiment of afwateringsgebied van grondwater.*
3. *De totale hoeveelheid onttrokken en afgevoerd grondwater wordt ook gemeten in de afvoerleiding naar de Nieuwe Waterweg, op een locatie zo dicht mogelijk bij het lozingspunt.*
4. *De meetlocaties zijn goed bereikbaar voor controle en inspectie.*

<u>Afbouw/stopzetting DSM onttrekking</u>

5. *In afwijking van lid 1, geldt een hogere debietgrens indien de grondwateronttrekking van het bedrijf DSM op het terrein in Delft-Noord vermindert of stopt en daardoor de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket stijgt*
6. *De hogere debietgrens bedoeld in lid 5 wordt als volgt vastgesteld. Bij volledige stopzetting van de DSM-onttrekking wordt de debietgrens maximaal 10% verhoogd. Afbouw van de DSM-onttrekking ten opzichte van de onttrekking in het jaar 2013, wordt verhoudingsgewijs verrekend in de hogere debietgrens.*
7. *Voordat een hogere debietgrens wordt gehanteerd als bedoeld in lid 5, toont de vergunninghouder aan dat de stijghoogte is gestegen door vermindering of stopzetting van de grondwateronttrekking door DSM in Delft-Noord.*
8. *Eens in de vijf jaar treedt de vergunninghouder in overleg met Delfland en vindt een gezamenlijke beschouwing plaats op basis van de actuele onttrekkingsdebieten door DSM.*

Voorschrift 7.
Continue test: finale verificatie (fase 2)

1. *Vanaf het moment dat in een compartiment het diepste ontgravingspunt is bereikt, totdat de weg wordt opengesteld, meet de vergunninghouder de hoeveelheid onttrokken grondwater ten minste wekelijks.*

2. *Indien een compartiment of afwateringsgebied onvoldoende droog is, ondanks het onttrekken tot de debietgrens, dan voert de vergunninghouder zo snel mogelijk onderzoek uit naar de oorzaak en neemt de vergunninghouder effectieve beheersmaatregelen om de lekkage te verminderen.*
3. *Merkbare lekkage wordt gedicht.*
4. *De vergunninghouder maakt in overleg met Delfland en voor zover effectief, gebruik van de volgende beheersmaatregelen:*
    - *stopzetten van de grondwateronttrekking;*
    - *plaatsen van extra wanden;*
    - *injectie;*
    - *afstoppen van zandpalen met grout of klei;*
    - *aanbrengen van een kunstmatige onderafdichting met grout;*
    - *toepassen van folie;*
    - *aanbrengen waterdichte vloer;*
    - *een andere effectieve maatregel.*
5. *De vergunninghouder stelt Delfland op eerste verzoek de testgegevens ter beschikking.*

<u>Rapport</u>

6. *Binnen een maand nadat de opvang- en afvoersystemen bedoeld in voorschrift 5 gescheiden zijn aangelegd, stuurt de vergunninghouder Delfland een rapportage van de uitgevoerde testen bedoeld in lid 1, waarmee wordt aangetoond dat de debietgrens genoemd in voorschrift 6 niet wordt overschreden.*

2 Toets op de vergunningsvoorwaarden

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een toets uitgevoerd op de in hoofdstuk 1 beschreven voorwaarden uit Voorschrift 3 en 6 uit de watervergunning. Om deze toets uit te kunnen voeren is gebruik gemaakt van monitoringsgegevens van peilbuis- en debietmetingen en daaraan gekoppelde toetswaarden (indicatie- en interventiewaarde). De totstandkoming van deze toetswaarden wordt beschreven in de hierop volgende paragraaf. Daarna worden de verschillende monitoringsresultaten gepresenteerd en vergeleken met de toetswaarden, gevolgd door een beschrijving van de afwijking per tracédeel (half verdiept en verdiepte ligging). Dit hoofdstuk wordt afgerond met een samenvatting van de monitoringsresultaten.

2.2 Monitoringsplan

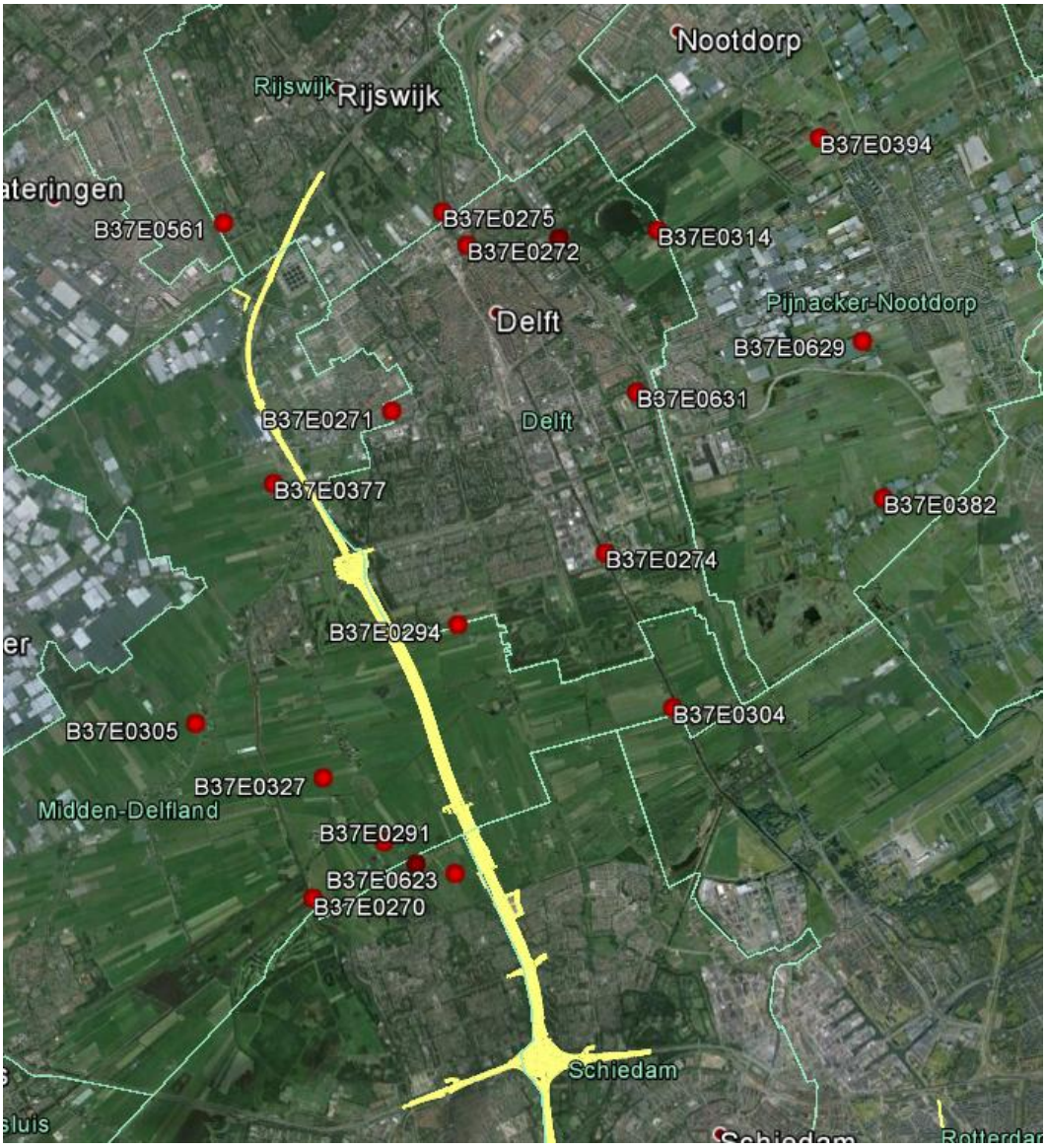
2.2.1 *Algemeen*

Voor aanvang van de realisatie van de A4 Delft – Schiedam zijn er rondom het tracé peilbuizen geplaatst om de freatische waterstanden en de stijghoogtes in de holocene tussenzandlagen en de pleistocene zandlaag te monitoren conform Voorschrift 3, lid 2 en Voorschrift 9 uit [R3] (zie Bijlage 1 voor een overzicht van de peilbuislocaties voor de watervergunning). Hiermee is er inzicht gekomen in hoe de waterstanden in de diverse lagen zich gedragen voor aanvang van de werkzaamheden en dus zonder omgevingsbeïnvloeding door middel van onttrekkingen in de diverse lagen. Daarnaast is gebruik gemaakt van gegevens van het HHD en het meetnet van TNO (Zie Figuur 2-1).

Op basis van deze referentie kan de omgevingsbeïnvloeding door de aanleg van de A4 Delft-Schiedam worden bepaald, waarbij de volgende definitie wordt gehanteerd:

Omgevingsbeinvloeding zijn de effecten (kwantitatief en kwalitatief) die optreden als gevolg van de verlaging van het grondwaterpeil binnen de compartimenten en het afvoeren van kwelwater.

Deze lagere grondwaterstanden kunnen in theorie leiden tot verschillende gevolgen. Hieronder vallen bijvoorbeeld zetting van het maaiveld en zakkingen van gebouwen, schade aan landbouw- en natuurwaarden in de omgeving, beinvloeding van grondwaterwinningen van derden en veranderingen in de waterhuishouding.
Voor bemalingen/onttrekking bij bouwprojecten wordt in het algemeen het uitgangspunt toegepast dat er geen schadelijke effecten door zettingen optreden als de grondwaterstand/stijghoogte niet onder de historisch laagste (langdurige gemeten) waarde komt.



Figuur 2-1 Locaties TNO-peilbuizen

2.2.2 *Bepaling indicatie- en interventiewaarde*

Aan de hand van de beschikbare peilbuisgegevens zijn er per locatie indicatie- en interventiewaarden bepaald van de maximale daling van de waterstanden in de diverse watervoerende lagen. De gemiddeld laagste grondwaterstand, ook wel GLG genaamd, was de basis voor de vaststelling van de indicatiewaarde [R4][R6].

Voor de bepaling van de GLG kan worden uitgegaan van het gegeven dat in watervoerende lagen de verdeling van grondwaterstanden in de tijd globaal een normaalverdeling kent. De gemiddelde grondwaterstand (GG) is hier de waarde die 50% van de tijd wordt overschreden of onderschreden, de GHG komt overeen met de GG+1σ (1 standaarddeviatie[1]). Deze waarde wordt 85% van de tijd

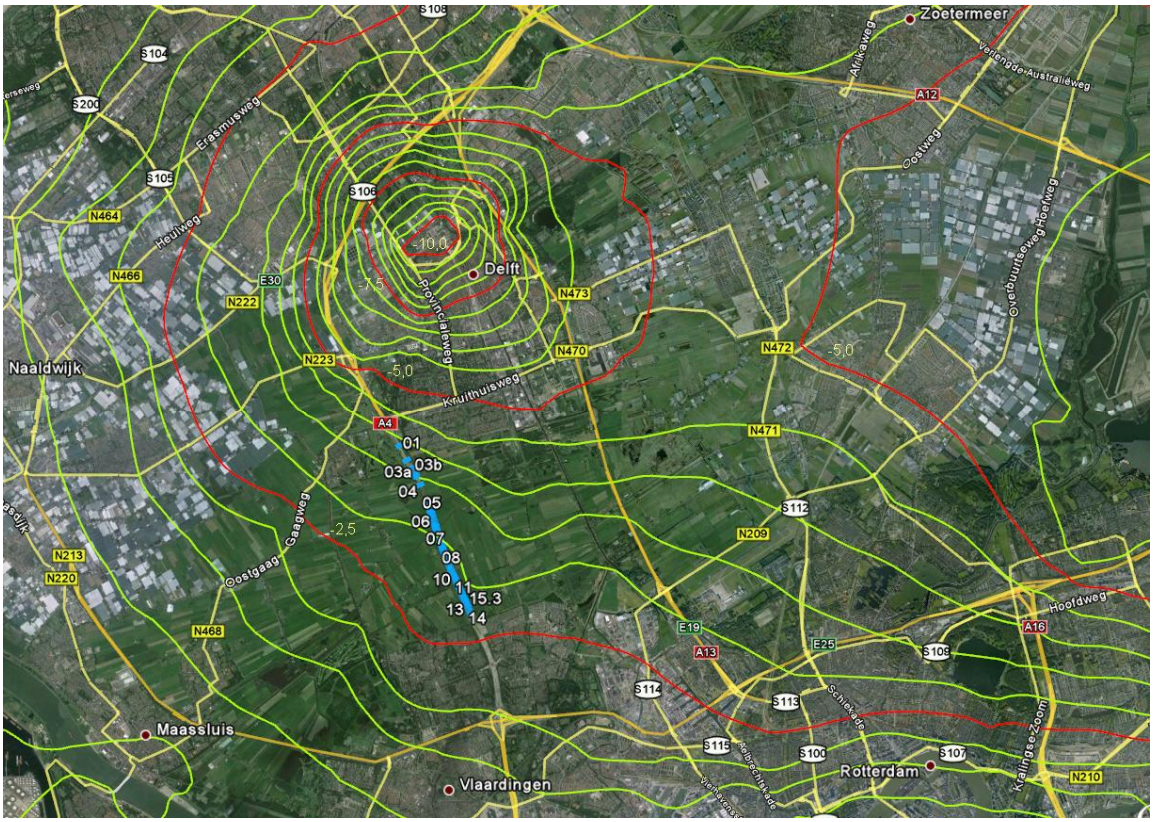
[1] Dit is vergelijkbaar met een GHG bepaling aan de hand van een 8-jarige meetreeks, met twee metingen per maand, waarvan in elk jaar de drie hoogste grondwaterstanden worden gemiddeld. Het gemiddelde van deze 8 waarden wordt als GHG gezien. Dit komt in praktijk overeen met de GG+1σ=GHG methode, beide waarden worden 15% van de tijd overschreden.

onderschreden. De GLG (= indicatiewaarde) komt overeen met GG-1σ. Deze waarde wordt statistisch gezien 15% van de tijd onderschreden.
Uitgangspunt is dat grondwaterstanden boven de GLG ieder jaar (kunnen) voorkomen waardoor negatieve effecten van grondwaterstanden tot aan de GLG in het verleden al zijn opgetreden (denk aan verdroging, zakking, etc.). Onder de GLG valt het bodemprofiel minder vaak droog. Indien de maatgevend laagste grondwaterstand (MLG) wordt gedefinieerd als GG-2σ, kunnen meetwaarden onder de MLG beschouwd worden als schadelijk voor funderingen en andere grondwatergevoelige aspecten. De MLG komt ongeveer eens per 5 tot 10 jaar voor.

Op basis van bovenstaande uitgangspunten is voor lage grondwaterstanden de indicatiewaarde gedefinieerd door GG-1σ, de interventiewaarde met GG-2σ. Voor de freatische peilbuizen zijn deze waarden bepaald op basis van een analyse van de meetreeksen die beschikbaar waren (maximaal 2 jaar). Hieruit volgt voor iedere peilbuis een andere indicatie- en interventiewaarde. Door de relatief korte meetreeksen kunnen hierbij verschillen ontstaan tussen peilbuizen binnen het zelfde gebied.

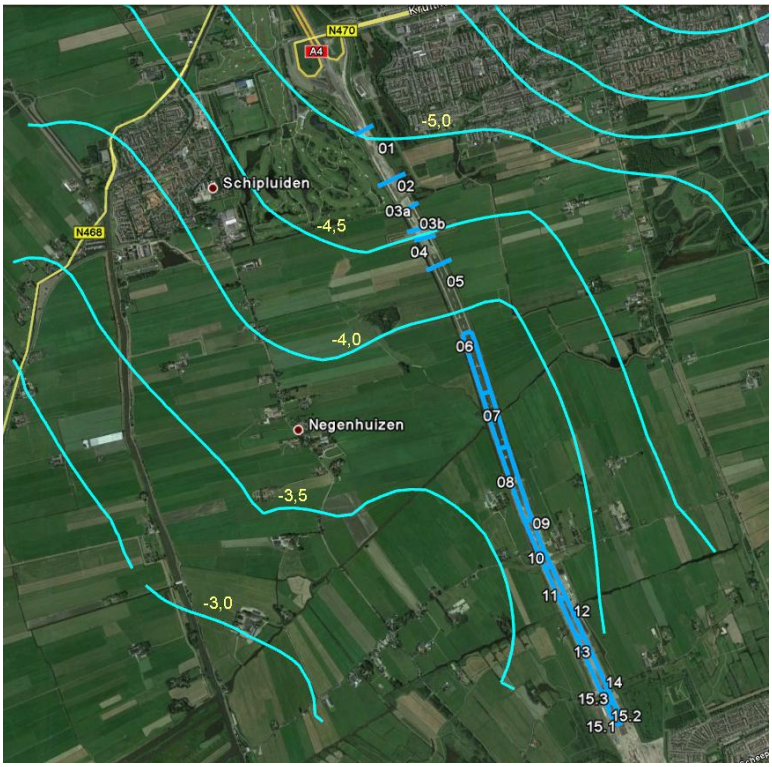
De GLG voor de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen is bepaald aan de hand van langjarige metingen vanaf 2000 die zijn opgenomen in de DINOLoket databank van TNO. Het verschil tussen de indicatie- en interventiewaarde voor deze lagen is bepaald op 0,5m. Voor verdere uitleg hoe deze indicatie-, en interventiewaarde bepaald zijn voor het freatisch niveau en de stijghoogtes in de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen wordt verwezen naar [R6].

In Figuur 2-2 is een isohypsenkaart opgenomen van de GLG op regionaal niveau. Hierin is duidelijk het effect van de bemaling van DSM in Delft-Noord te zien.



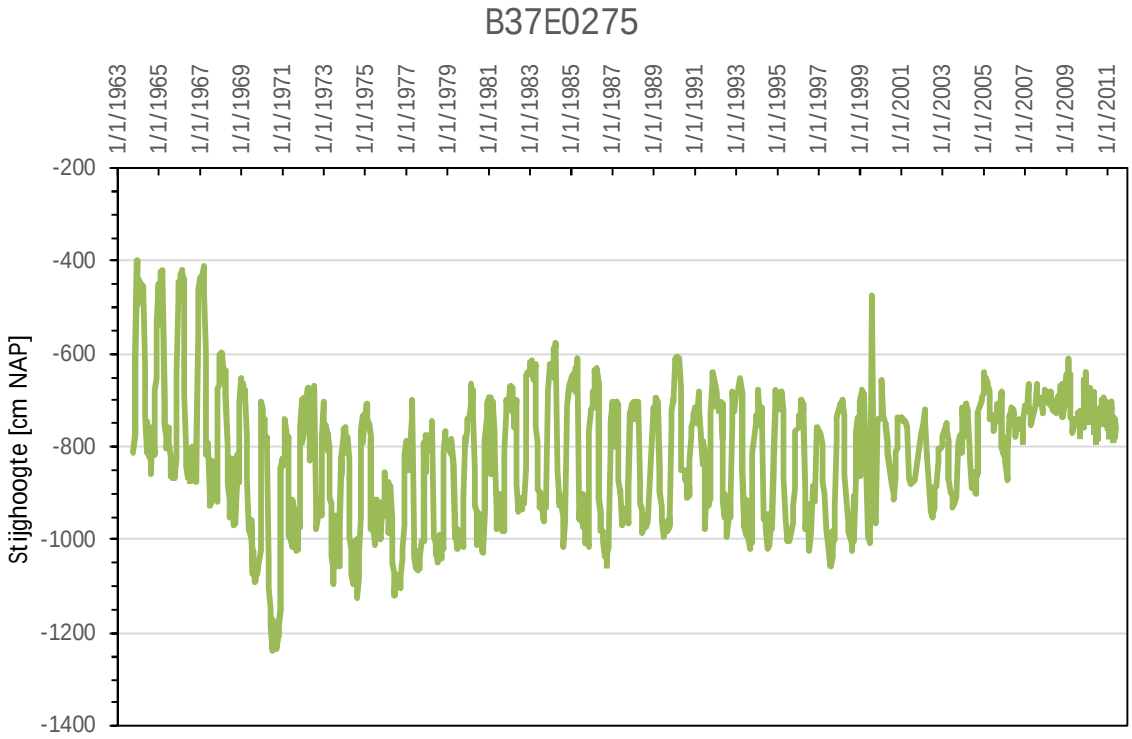
Figuur 2-2 GLG-isohypsen regionaal 1e watervoerend pakket in m t.o.v. NAP [bron: DINO]

Figuur 2-3 GLG-isohypsen 1e watervoerend pakket lokaal in m t.o.v. NAP [bron: DINO]



Figuur 2-4 GLG-isohypsen 1e watervoerend pakket vóór 2000 in m t.o.v. NAP [bron: DINO]

In Figuur 2-3 is een overzicht van deze GLG's in relatie tot het project opgenomen. Deze waarden zijn gebaseerd op peilbuizen die na 2000 nog voldoende metingen hadden om een representatief beeld te genereren.
In vergelijking met de laagste waarden die tot 2000 zijn gemeten valt op dat de voor het project gehanteerde GLG op basis van metingen vanaf 2000 (ruim) boven de GLG ligt die voor 2000 in dit gebied optrad (zie Figuur 2-4). De lagere waarden zijn toe te schrijven aan de grondwaterwinning van DSM in Delft-Noord, die na 2000 fors is verminderd. De afname van de winning (en de daaraan gekoppelde stijging van de stijghoogte in het Pleistoceen) is zichtbaar in alle peilbuizen. Ter illustratie zijn Figuur 2-5 en Figuur 2-6 bijgevoegd.

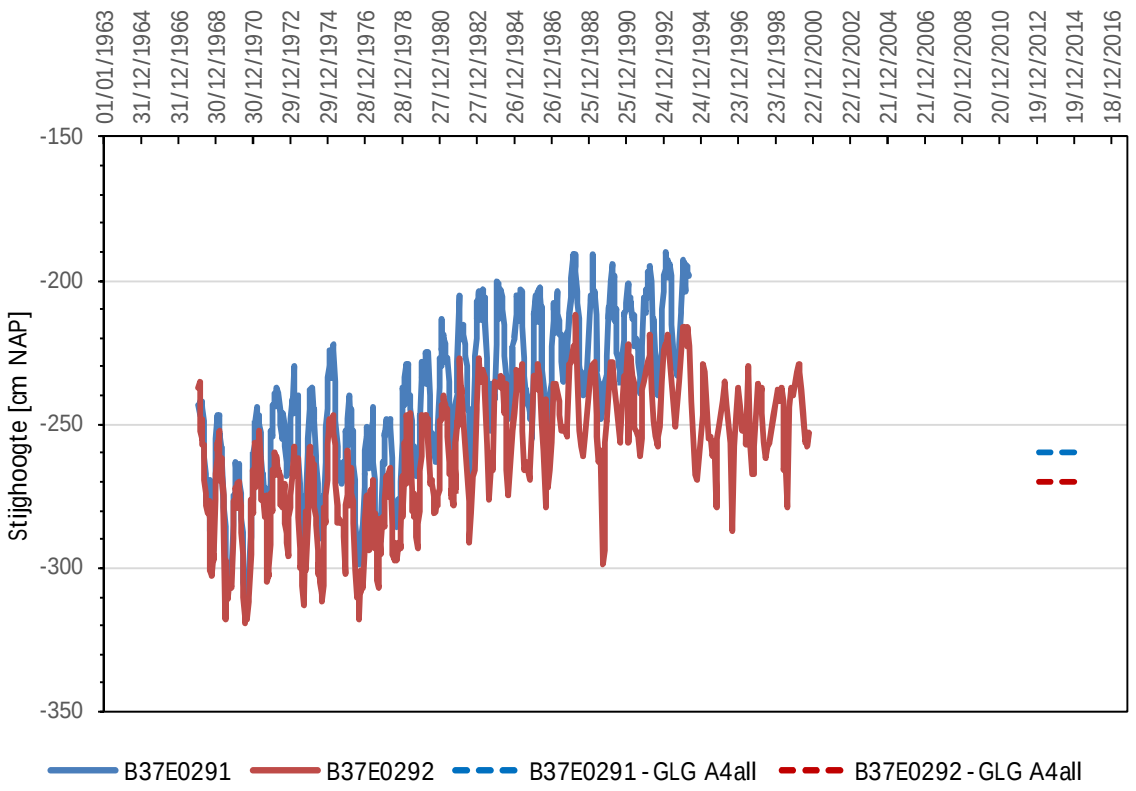


Figuur 2-5 Stijghoogtemetingen 1e wvp TNO-peilbuis B37E0275

In Figuur 2-5 zijn de stijghoogtemetingen in het eerste watervoerendpakket weergegeven voor TNO-peilbuis B37E0275. Deze peilbuis bevind zich in de omgeving van de onhttrekking van DSM in Delft-Noord (zie Figuur 2-1). Uit de metingen blijkt dat de grootste onttrekkingen in de jaren '70 van de vorige eeuw hebben plaatsgevonden. In de jaren '80 is de winning teruggeschroefd. Vanaf circa 2000 neemt de stijghoogte nog verder toe (grondwateronttrekking neemt af) en worden de verschillen tussen zomer en winter ook kleiner.

In Figuur 2-6 zijn stijghoogtemetingen in het eerste watervoerendpakket weergegeven voor TNO-peilbuis B37E0291 en B37E0292. De locatie van peilbuis B37E0291 is weergegeven in Figuur 2-1 en bevindt zich in buurtschap De Kapel op circa 1 km ten zuid-westen van de kruising met de Oostveenseweg. Peilbuis B37E0292 is niet goed te zien in Figuur 2-1, maar bevindt zich tussen B37E0291 en B37E0623.

Ook uit deze metingen blijkt dat de grootste onttrekkingen in de jaren '70 van de vorige eeuw hebben plaatsgevonden. In de jaren '80 is de winning teruggeschroefd. Vanaf circa 2000 neemt de stijghoogte nog langzaam verder toe (grondwateronttrekking neemt af).



Figuur 2-6 Stijghoogtemetingen 1e wvp TNO-peilbuis B37E0291 en B37E0292

De door A4all aangehouden gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG) in het Pleistoceen liggen hoger dan de waarde die jarenlang in het verleden in het Pleistoceen zijn opgetreden. Dit komt doordat A4all voor de bepaling van de GLG metingen vanaf 2000 als basis heeft genomen, zodat een beter beeld wordt verkregen van de meest recente situatie. In Figuur 2-6 is de door A4all berekende GLG op basis van metingen na 2000 voor deze peilbuislocaties weergegeven als twee horizontale stippellijnen rechts van de stijghoogtegrafiek.

De GLG op basis van metingen na 2000 (Figuur 2-3) is voor de monitoring bij dit project als indicatiewaarde genomen. Bij het onderschrijden van de indicatiewaarde is het, conform het monitoringsplan (zie paragraaf 2.2.3) noodzakelijk om een verklaring voor deze daling te geven. De interventiewaarde ligt daar 0,5 meter onder.

Dit betekent dat de gebruikte interventiewaarde voor de stijghoogte in het Pleistoceen en de holocene tussenzandlaag hoger is dan de GLG van de periode vóór 2000. Op de locatie van de verdiepte ligging is dit verschil circa 0,75m (zie Figuur 2-3 en Figuur 2-4). Voor de half verdiepte ligging is dit verschil circa 1m.

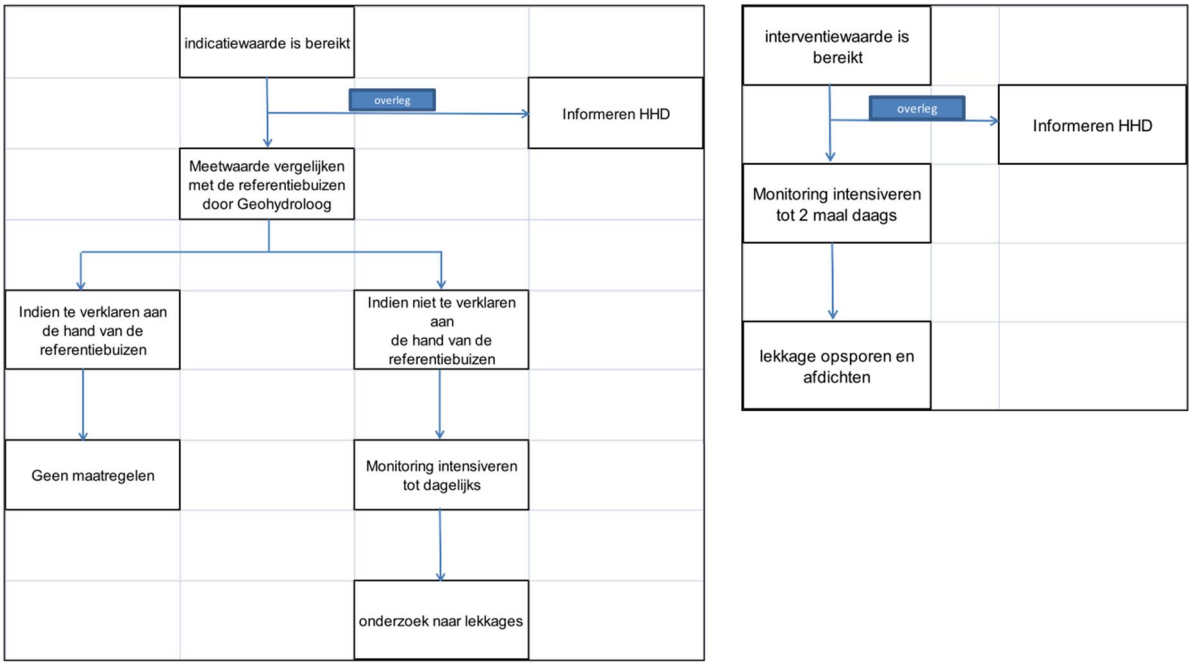
Een overschrijding van de interventiewaarde betekent daarom niet automatisch dat er sprake is van beïnvloeding van de omgeving, zoals bijvoorbeeld maaiveldzakkingen. Immers, door de langdurig lagere stijghoogtes in de genoemde zandlagen in het verleden zijn de grensspanningen in de slappe holocene lagen reeds aangepast aan de bijbehorende korrelspanningen.

2.2.3 *Procedure bij afwijkingen*

Als de indicatie- of interventiewaarde wordt onderschreden, dan is de in Figuur 2-7 weergegeven procedure van toepassing.
De beheersmaatregelen hebben tot doel het opsporen van de lekkage en het lek dichten. Bij het onderschrijden van de indicatiewaarde en interventiewaarde bestaat het informeren van het HHD uit het aanbrengen van een opmerking in de webapplicatie KIT Global. In KIT Global heeft een onderschrijding van de indicatiewaarden een oranje kleurstelling. De onderschrijding van de interventiewaarde heeft een rode kleurstelling.

In de praktijk kan het ook voorkomen dat een door KIT Global aangemerkte onderschrijding niet correct is door een meetfout of een andere (technische) oorzaak. Hierom wordt ook de juistheid van de meldingen in KIT Global (alarmlijst) door A4all gecontroleerd. Dit is niet weergegeven in de procedure in Figuur 2-7.

Het HHD beschikt over inlogcodes voor KIT Global. In de praktijk zijn de monitoringsresultaten op reguliere basis besproken met het HHD.



Figuur 2-7 Procedure bij onderschrijden indicatie- of interventiewaarde [R4]

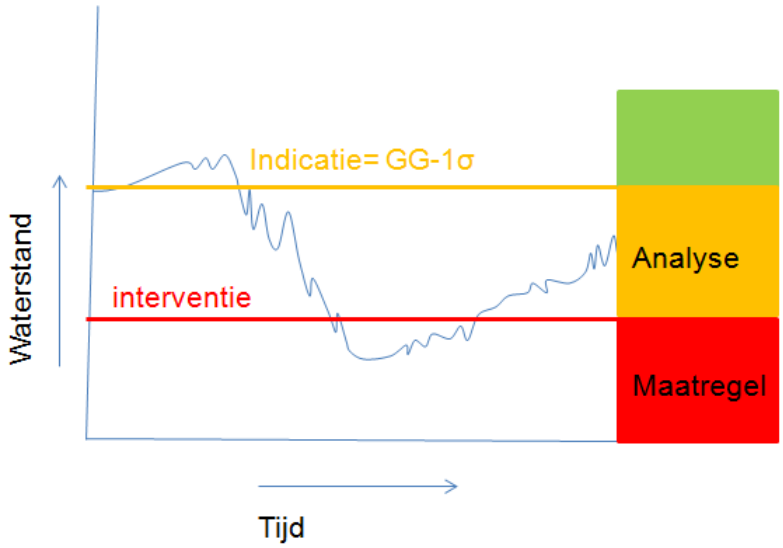
2.3 Samenvatting en toetsing vergunningseisen

In de vergunning zijn onder voorschrift 3 de volgende eisen opgenomen:

3.1. De freatische grondwaterstand en de stijghoogte in de tussenzandlaag en de stijghoogte in het pleistocene zandpakket mogen door de grondwateronttrekking niet worden verlaagd buiten de systeemgrens.

3.2. De grondwaterstand en de stijghoogte bedoeld in lid 1 worden gemonitord door frequente toetsing aan historische gegevens, nulwaarden, referentiewaarden en meetwaarden in referentiepeilbuizen, zoals aangegeven in het monitoringsplan genoemd in voorschrift 9.

De wijze van monitoren is vastgesteld in het monitorings- en bemalingsplan en getoetst door het HHD. In dit plan zijn de indicatie- en interventiewaarden bepaald op basis van historische gegevens van de waterstanden in dit gebied. Bij een onderschrijding van de interventiewaarden dienen direct maatregelen te worden getroffen (zie Figuur 2-8).



Figuur 2-8 Implicaties vanuit de watervergunning en het monitoringsplan

In de watervergunning is in voorschrift 6.1 een eis gesteld aan het maximale debiet voor de totale hoeveelheid onttrokken grondwater. Ten behoeve van de monitoring is per compartiment een indicatie- en interventiewaarde vastgelegd, zodat het bouwproces ook op dit aspect kan worden gestuurd.

2.4 Resultaten monitoring peilbuizen

2.4.1 *Inleiding*

In totaal worden 89 peilbuizen in de half verdiepte ligging gemonitord en 147 in de verdiepte ligging. Deze peilbuizen bevinden zich op of binnen de systeemgrens en buiten de constructie (wanden). De peilbuizen in de referentieraaien zitten niet in deze opsomming.

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven uit de alarmlijst van KIT Global van de peilbuizen waarvan de indicatie- of interventiewaarde is onderschreden. Het doel hiervan is om een actuele stand van zaken wat betreft alarmeringen te geven op het moment van schrijven van dit rapport.

De totstandkoming van dit hoofdstuk heeft in twee fasen plaatsgevonden. In de eerste fase is een analyse gemaakt van de peilbuizen waarvan, volgens de alarmlijst van KIT Global eind september 2014, de indicatie- of interventiewaarde werd onderschreden. Op basis hiervan is een analyse gemaakt van de meetresultaten tot september 2014 in relatie tot de werkzaamheden aan de A4. Deze analyse is terug te vinden in Bijlage 2A.

Bij deze analyse werd tevens geconstateerd dat een groot aantal alarmmelding niet meer actueel was. De alarmering in KIT Global bleek namelijk dusdanig geregeld dat als er één keer een indicatie- of interventiewaarde wordt onderschreden, deze melding altijd actief bleef. De alarmering is dus niet actueel.

Om een goed beeld te kunnen verkrijgen is een opschoonactie gestart (conform procedure uit paragraaf 2.2.3), waarbij de meldingen in de alarmlijst van KIT Global zijn aangepast aan de situatie op 27 oktober 2014. Zowel in de half verdiept als in de verdiepte ligging hebben dan de benodigde ontgravingen plaatsgevonden (m.u.v. compartiment 1 en compartiment 3b) en zijn de definitieve drainage- en ontlastvoorzieningen aangebracht. Hierdoor is de situatie rondom de wegconstructie representatief voor de situatie bij het in gebruik zijn van de weg.

Op basis van de alarmlijst op de peildatum van 27 oktober 2014 is wederom een analyse gemaakt van het peil- en stijghoogteverloop in de peilbuizen, zodat een representatief beeld kan worden verkregen van de definitieve situatie. Er is dus niet alleen gekeken naar de meetwaarden op deze peildatum, maar er is ook bekeken of de meetwaarde representatief is voor de beschouwde periode. Daarnaast wordt opgemerkt dat deze peildatum in de periode ligt waarin de grondwaterstanden en stijghoogtes door de seizoensinvloed relatief laag zijn.

Bij de analyse wordt onderscheid gemaakt tussen de halfverdiepte en de verdiepte ligging. Daarnaast wordt een onderscheid gemaakt tussen de freatische grondwaterstand, de stijghoogte in de tussenzandlaag (indien aanwezig) en de stijghoogte in het pleistocene zandpakket.
In Bijlage 1 zijn overzichtstekeningen opgenomen van de half verdiepte ligging en de verdiepte ligging met daarin de peilbuislocaties rond de systeemgrens. De grondlagen waarin de peilbuizen staan, is aangegeven met de letters A-B-C.

- A = Freatisch
- B = Tussenzandlaag
- C = Pleistoceen

De even nummers staan aan de oostzijde van de compartimenten en de oneven nummers staan aan de westzijde van de compartimenten. Alle peilbuizen worden handmatig gemeten. Een aantal peilbuizen zijn tevens uitgerust met divers.

De eerste ronde van de opschoonslag is op 27 oktober 2014 afgerond. Echter, door de grote hoeveelheid peilbuizen en de noodzaak om deze één voor één te controleren konden er nog altijd alarmeringen in de alarmlijst staan die niet correct zijn. Daarnaast worden sommige peilbuizen met de hand gemeten èn zijn deze ook voorzien van een diver. Door de grotere meetfout bij de handmatige metingen kan het voor komen dat bij de handmatige metingen de indicatie- of interventiewaarde wordt onderschreden, terwijl dit bij de divermetingen net niet optreedt. In dat geval zijn de divermetingen maatgevend in verband met de grotere meetnauwkeurigheid. In Bijlage 2B is de controle van de alarmlijst nader uitgewerkt. In de hierop volgende paragrafen worden de resultaten samengevat.

2.4.2 *Status peilbuizen*

In Tabel 2-1 is een overzicht gegeven van de status van alle peilbuizen in de half verdiepte en verdiepte ligging op basis van de analyse van de alarmlijst van 27 oktober 2014. Hierbij geldt de volgende onderverdeling van status:

- groen: peil/stijghoogte boven indicatiewaarde
- oranje: peil/stijghoogte tussen indicatie- en interventiewaarde
- rood: peil/stijghoogte onder interventiewaarde.

Tracédeel	laagpakket	aantal peilbuizen	status		
			groen	oranje	rood
TD2 - HVL	freatisch	34	34	0	0
	tussenzandlaag	34	12	21	1
	Pleistoceen	19	8	11	0
TD3 - VL	freatisch	22	17	5	0
	tussenzandlaag	8	2	6	0
	Pleistoceen	13	8	5	0
Totaal		**130**	**81**	**48**	**1**

Tabel 2-1 Overzicht status peilbuizen TD2 en TD3

Bij de resultaten uit Tabel 2-1 wordt het volgende opgemerkt:

- Peilbuis 2021A (TD3) staat onder de interventiewaarde. Aangezien vast is komen te staan dat de indicatie- en interventiewaarden hier foutief zijn vastgesteld (waterstand in de peilbuis wordt beïnvloed door de waterstand in de naastgelegen sloot, slootpeil ligt circa 0,9m onder de indicatiewaarde en 0,83m onder de interventiewaarde, zie Bijlage 2B) heeft deze peilbuis veiligheidshalve de status oranje gekregen.
- van de 5 freatische peilbuizen in TD3 die tussen de indicatie- en interventiewaarde staan, staan er 2 in de zandbaan waardoor de metingen zijn beïnvloed door de bemalingen in de ontlastsleuven die zich in de zandbaan bevinden. De overige 3 freatische peilbuizen hebben vermoedelijk een foutieve indicatie- en interventiewaarde.

In Bijlage 3 is voor de verschillende tracédelen een bovenaanzicht gegeven van de peilbuizen per laagpakket met daarin in kleur de status. Bij de freatisch peilbuizen zijn tevens de interventiewaarden van de debieten en de gemeten debieten in week 43 van 2014 weergegeven (zie verder paragraaf 2.5).

Uit Tabel 2-1 blijkt dat in de verdiepte ligging (TD3) nergens de interventiewaarde wordt onderschreden. In de half verdiepte ligging wordt alleen de interventiewaarde onderschreden bij peilbuis 1028B (zie Bijlage 3). In Bijlage 2B is een analyse gemaakt van het stijghoogteverloop van deze peilbuis en omliggende peilbuizen in dezelfde holocene tussenzandlaag en is het stijghoogteverloop vergeleken met het debiet in compartiment 7. Vooralsnog is het stijghoogteverloop in peilbuis 1028B niet verklaarbaar. Echter, op het moment van schrijven van dit rapport is de stijghoogte bij peilbuis 1028B, zonder maatregelen, weer opgelopen tot ruim (ca. 0,2m) boven de interventiewaarde (zie Bijlage 2B).

Conform de procedure zoals beschreven in paragraaf 2.2.3 moet bij het onderschrijden van de indicatiewaarde een analyse worden gemaakt door een geohydroloog. Dit is een proces dat loopt gedurende de gehele bouwtijd. De analyse die voor een deel van de peilbuizen is gedaan voor de periode tot circa 1 september 2014 wordt gerapporteerd in Bijlage 2A. De hierbij getrokken conclusies met betrekking tot de relatie tussen werkzaamheden aan de A4 en grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen zijn nog steeds relevant.

Over het algemeen kan worden gesteld dat de freatische peilen en stijghoogtes in de zandlagen na 1 september zijn toegenomen door seizoensinvloeden en het aanbrengen van de watergangen (afbouw) langs de constructie (effect op freatische peil). Het aantal peilbuizen met de status oranje is daarmee afgenomen en het aantal peilbuizen met de status groen is toegenomen.

2.5 Resultaten monitoring debieten

2.5.1 *Half verdiepte ligging*

In onderstaande tabel zijn de gemiddelde debieten (gecorrigeerd voor neerslag) weergegeven voor week 43, 2014 van de compartimenten 1 tot en met 8 van de half verdiepte ligging. De gemeten debieten in deze week zijn representatief voor de periode rondom de peildatum van 27 oktober 2014 die is gebruikt voor de analyse van de peilbuizen.

In week 43 zijn de continutesten deels afgerond, deels lopen deze nog en in compartiment 3b dient deze nog te worden gestart. Compartiment 2, 3a, 4, 5 en 8 zijn reeds getoetst door het HHD en voldoen aan de eisen uit de watervergunning.

Compartiment	**debiet [m^3/dag]**	
	week 43, 2014	**IW -eis**
1	25[1)]	10
2	**19**[2)]	20
3a	**8**[2)]	18
3b	Nog niet gestart	
4	**12**[2)]	42
5	**16**[2)]	16
6	35	22
7	45	25
8	**17**[2)]	22
Totaal	**187**[3)]	**175**

1) continuproef loopt in deze periode nog
2) compartiment reeds getoetst door het HHD en voldoet aan de eisen uit de watervergunning
3) inclusief 10 m^3 voor compartiment 3b

Tabel 2-2 Debietenoverzicht half verdiepte ligging (status week 43, 2014)

Compartiment 3 bestaat uit een tweetal subcompartimenten, zijnde 3a en 3b. Compartiment 3b dient rondom de Evides-waterleiding nog gedicht worden. Pas nadat dit compartiment gedicht is, kan er gestart worden met de continue test. Afhankelijk van de gekozen oplossing is een inschatting gemaakt van het lekdebiet in compartiment 3b.

Het debiet uit compartimenten 6 en 7 is al geruime tijd circa 1,5 tot 2 de vastgestelde interventiewaarde. Dit terwijl tijdens de ontgravingwerkzaamheden in het hele tracé van TD2 geen lekkende/kortgesloten zandpalen zijn aangetroffen (zie paragraaf 3.3), er geen water uittrad uit de taluds van de ontgraving (lekkage in de wand) en er geen stijghoogtes onder de interventiewaarden voorkomen in de tussenzandlaag en de pleistocene zandlaag op de systeemgrens bij deze compartimenten. Dit wil echter niet zeggen dat het verhoogde debiet niet door een grotere lekkage als gevolg van de zandpalen komt. De overschrijding van de interventiewaarde van het debiet in compartiment 6 en 7 wordt hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door een kleinere dikte of een grotere doorlatendheid van de ongestoorde waterremmende laag onder de punt van de zandpalen. Bij een kleinere dikte of een grotere doorlatendheid van de ongestoorde waterremmende lagen in de praktijk, zal dit al snel leiden tot een overschrijding van de debieteis. Dit wordt bevestigd door de gemeten stijghoogteverlaging in de tussenzandlaag bij compartiment 7 na aanvang van de freatische onttrekking.

Een prognose van de uiteindelijke debieten van de half verdiepte ligging op basis van de metingen tot en met week 43, 2014 is lastig aangezien de optie (minste risico's met betrekking tot de doorlatendheid van de wand en vloer) om compartiment 3b af te sluiten nog niet wordt geaccepteerd

door Evides. Gesprekken over de definitieve oplossing lopen op het moment van schrijven van dit rapport nog met Evides.
Daarnaast liep de continuproef in compartiment 1 nog in week 43, 2014.

2.5.2 *Verdiepte ligging*

Vanaf 1 september zijn de peilen in compartiment 10 tot en met 14 verhoogd naar de definitieve situatie. Er wordt vanaf dat moment niet meer actief bemalen. Het kwelwater stroomt uit de ontlastbronnen, waarbij het gemeten debiet stabiel is. Deze verhoging van de peilen binnen de compartimenten 10 tot en met 14 (reductie verhang van 25 à 30%) hebben wel tot een significante reductie geleid. Het debiet is hier terug gelopen van circa 1300 m^3/dag naar circa 950 m^3/dag vlak na de verhoging van het peil in deze compartimenten. Een reductie van circa 25%.

In Tabel 2-3 zijn de gemiddelde debieten voor week 43, 2014 voor de verschillende compartimenten van de verdiepte ligging opgenomen. Compartiment 9, 10 en 15.2 zijn inmiddels getoetst door het HHD en voldoen aan de eisen uit de watervergunning.

Compartiment	**debiet [m^3/dag]**	
	week 43, 2014[1)]	**IW-eis**
9	**12**[2)]	12
10	**0,5**[2)]	26
11	150	40
12	350	42
13	390	65
14	100	10
15.1	20	11
15.2	**11**[2)]	13
15.3	25	6
Totaal debiet	**1059**	**225**

1) doordat er nog maatregelen worden uitgevoerd na deze periode in compartiment 15.3 en door natuurlijke fluctuaties zullen deze debieten nog wijzigen
2) compartiment reeds getoetst door het HHD en voldoet aan de eisen uit de watervergunning

Tabel 2-3 Debietenoverzicht verdiepte ligging (status week 43, 2014)

Uit de tabel blijkt dat de interventiewaarden in de compartimenten 11 tot en met 14 fors worden overschreden. Dit ondanks de reparaties die aan de wanden hebben plaatsgevonden (zie hoofdstuk 3) en de verhoging van de peilen.

Compartiment 9 en 15 hebben een andere problematiek doordat hier de afsluitende laag wordt gevormd door de holocene lagen waarin zandpalen zijn aangebracht. Compartiment 9 is reeds getoetst door het HHD en voldoet aan de eisen uit de watervergunning. Bij compartiment 15.3 is na week 43 nog een reparatie uitgevoerd, omdat in de noord-westhoek van dit compartiment onvoldoende drooglegging voor de wegconstructie wordt gehaald. Deze reparatie is gunstig met betrekking tot het debiet (zie paragraaf 2.8).

2.6 Afwijking in half verdiepte ligging

Binnen de half verdiepte ligging worden 89 peilbuizen gemonitord waarvan er op één locatie (1028B) de interventiewaarde wordt onderschreden op de peildatum van 27/10/2014. Sinds 17/11/2014 bevindt de stijghoogte van deze peilbuis zich weer tussen de indicatie- en interventiewaarde.

Uit Figuur B3-1 van Bijlage 3 blijkt dat het peil in alle freatische peilbuizen rond compartiment 1 tot en met 5 boven de indicatiewaarde staat. Ook bij compartiment 1 waar het debiet nog niet is aangetoond. Bij compartiment 1 staan de stijghoogte in de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen ook boven de indicatiewaarde.

Bij compartiment 4 en 5 wordt bij een drietal peilbuizen in de holocene tussenzandlaag de indicatiewaarde onderschreden. De omliggende peilbuizen tonen een stijghoogte boven de indicatiewaarde. Bij compartiment 5 wordt voor een drietal peilbuizen in het Pleistoceen de indicatiewaarde (licht) onderschreden. Ondanks dat de indicatiewaarde in de tussenzandlaag en het Pleistoceen lokaal wordt onderschreden, wordt wel voldaan aan het debiet.

In compartiment 6 en 7 zijn de debieten nog te hoog (circa 1,5 tot 2 maal de vastgestelde interventiewaarde). Uit Figuur B3-2 van Bijlage 3 blijkt dat dit echter niet leidt tot een onderschreiding van de indicatiewaardes voor de freatische grondwaterstand. De stijghoogte van alle peilbuizen in de holocene tussenzandlaag staat bij compartiment 6 en 7 tussen de indicatie- en interventiewaarde. Bij peilbuis 1028B wordt op de peildatum van 27 oktober 2014 de interventiewaarde onderschreden. Na deze peildatum zijn de stijghoogtes over het algemeen toegenomen door de seizoensinvloed.

De stijghoogte van de peilbuizen in het Pleistoceen staat bij het merendeel tussen de indicatie- en interventiewaarde. Na de peildatum van 27 oktober 2014 zijn ook bij deze peilbuizen de stijghoogtes toegenomen door de seizoensinvloed.

Compartiment 8 voldoet ruim aan de debieteis, waarbij de freatische stijghoogte overal boven de indicatiewaarde staat (zie Figuur B3-2 van Bijlage 3). De stijghoogtes van de peilbuizen in de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen staat overal tussen de indicatie- en interventiewaarde in.

Na de peildatum van 27 oktober 2014 zijn ook bij deze peilbuizen de stijghoogtes toegenomen door de seizoensinvloed. Voor de Pleistocene peilbuizen bij compartiment 8 is de toename zelfs tot boven de indicatiewaarde.

2.7 Afwijking in verdiepte ligging

Binnen de verdiepte ligging worden 43 peilbuizen gemonitord ten behoeve van de vergunningsvoorwaarden. Van de 22 freatische peilbuizen staat bij 17 peilbuizen het peil boven de indicatiewaarde. Bij de overige 5 freatische peilbuizen staat het peil tussen de indicatie- en interventiewaarde, waarbij wordt opgemerkt dat dit wordt veroorzaakt door òf de bemaling van de ontlastsleuven òf foutief vastgestelde indicatie- en interventiewaarden (zie Bijlage 2B).
Voor het merendeel van de peilbuizen in de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen ligt de stijghoogte tussen de indicatie- en interventiewaarde en wordt nergens de interventiewaarde onderschreden in de beschouwde periode rondom de peildatum van 27/10/2014.

In totaal worden er binnen de verdiepte ligging 147 peilbuizen gemonitord. In de beschouwde periode en ook dit moment zijn er geen onderschrijdingen van de interventiewaarden van peilbuizen in TD3.

Uit Figuur B3-3 en Figuur B3-4 van Bijlage 3 blijkt het volgende:

- compartiment 9:
    - voldoet aan de debieteis
    - het peil van alle freatische peilbuizen staat boven de indicatiewaarde.

  - de stijghoogte van de peilbuizen in de holocene tussenzandlaag staat op de peildatum van 27/10/2014 bij allen tussen de indicatie- en de interventiewaarde. Op het moment van schrijven van dit rapport staan alle stijghoogtes boven de indicatiewaarde door de seizoensinvloed.
  - de stijghoogte van de Pleistocene peilbuizen staat deels tussen de indicatie- of interventiewaarde en deel boven de indicatiewaarde op de peildatum. Op het moment van schrijven van dit rapport staan alle stijghoogtes boven de indicatiewaarde of zit daar net onder door de seizoensinvloed.
- compartiment 10:
  - voldoet aan de debieteis
  - het peil van alle freatische peilbuizen staat boven de indicatiewaarde.
  - de stijghoogte van de peilbuizen in de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen staat op de peildatum van 27/10/2014 bij allen boven de indicatiewaarde. Dit is op het moment van schrijven van dit rapport nog steeds het geval.
- compartiment 11:
  - de debieteis wordt bijna met een factor 4 overschreden.
  - het peil van de freatische peilbuizen staat bij één peilbuis (2007A) net onder de indicatiewaarde. Deze peilbuis is echter niet representatief, omdat deze in het zandlichaam van de A4 staat. Door de bemaling van de ontlastsleuven aan de buitenzijde van de constructie werd deze peilbuis direct beïnvloed (zie Bijlage 2A) en reageert door het aanwezige zandpakket sneller op veranderingen dan een peilbuis op enige afstand van de zandbaan. De overige freatische peilbuizen staan op de peildatum boven de indicatiewaarde. Dit is op het moment van schrijven van dit rapport nog steeds het geval.
  - de stijghoogte van de peilbuizen in de holocene tussenzandlaag staat op de peildatum bij 2 peilbuizen tussen de indicatie- en interventiewaarde en bij één peilbuis boven de indicatiewaarde. Op het moment van schrijven van dit rapport staan ze allemaal boven de indicatiewaarde door de seizoensinvloed.
  - de stijghoogte van de peilbuizen in het Pleistoceen staat op de peildatum bij één peilbuis tussen de indicatie- en interventiewaarde en bij 2 peilbuizen boven de indicatiewaarde. Op het moment van schrijven van dit rapport staan ze allemaal boven de indicatiewaarde door de seizoensinvloed.
- compartiment 12:
  - de debieteis wordt met een factor van ruim 8 overschreden.
  - het peil van de freatische peilbuizen staat bij één peilbuis (2013A) net onder de indicatiewaarde. Deze peilbuis is echter niet representatief, omdat ook deze peilbuis in het zandlichaam van de A4 staat. Door de bemaling van de ontlastsleuven aan de buitenzijde van de constructie werd deze peilbuis direct beïnvloed (zie Bijlage 2A) en reageert door het aanwezige zandpakket sneller op veranderingen dan een peilbuis op enige afstand van de zandbaan. De overige freatische peilbuizen staan op de peildatum boven de indicatiewaarde. Op het moment van schrijven van dit rapport staan alle freatische peilbuizen boven de indicatiewaarde mede door het realiseren van de watergang langs de verdiepte ligging.
  - aangezien de holocene tussenzandlaag vanaf het noordelijke deel van compartiment 11 niet meer aanwezig is, staan er geen peilbuizen meer in deze laag.
  - de stijghoogte van de peilbuizen in het Pleistoceen staat op de peildatum tussen de indicatie- en interventiewaarde. Na de peildatum is de stijghoogte door de seizoensinvloed toegenomen, waardoor op het moment van schrijven van dit rapport alle peilbuizen boven de indicatiewaarde staan.

- compartiment 13:

    - de debieteis wordt met een factor 6 overschreden.
    - het peil van de freatische peilbuizen staat bij één peilbuis (2017A) net onder de indicatiewaarde. Deze peilbuis is echter niet representatief, omdat ook deze peilbuis in het zandlichaam van de A4 staat. Door de bemaling van de ontlastsleuven aan de buitenzijde van de constructie werd deze peilbuis direct beïnvloed (zie Bijlage 2A) en reageert door het aanwezige zandpakket sneller op veranderingen dan een peilbuis op enige afstand van de zandbaan. De overige freatische peilbuizen staan op de peildatum boven de indicatiewaarde. Dit is op het moment van schrijven van dit rapport nog steeds het geval. Hierbij is het peil in peilbuis 2017A toegenomen tot 1cm onder de indicatiewaarde mede door het realiseren van de watergang langs de verdiepte ligging.
    - De stijghoogte van de peilbuizen in het Pleistoceen staat op de peildatum tussen de indicatie- en interventiewaarde of boven de indicatiewaarde. Na de peildatum is de stijghoogte door de seizoensinvloed toegenomen.
- compartiment 14:
    - de debieteis wordt met een factor 10 overschreden.
    - het peil van de freatische peilbuizen staat boven de indicatiewaarde.
    - de stijghoogte van de Pleistocene peilbuizen staat op de peildatum overal boven de indicatiewaarde. Dit is op het moment van schrijven van dit rapport nog steeds het geval.
- compartiment 15:
    - compartiment 15.2 voldoet aan de debieteis. Bij compartiment 15.1 en 15.3 bedraagt de overschrijding van het debiet in week 43 een factor van respectievelijk 2 en 4.
    - het peil van de freatische peilbuizen staat tussen de indicatie- en interventiewaarde. Deze peilbuizen zijn echter niet representatief (zie Bijlage 2A), omdat deze in het zandlichaam van de A4 staan (2022A) of worden beïnvloed door het waterpeil in een ernaast gelegen sloot (2021A) (zie Bijlage 2A).
    - de stijghoogte van de Pleistocene peilbuizen staat op de peildatum overal boven de indicatiewaarde. Dit is op het moment van schrijven van dit rapport nog steeds het geval.

In het algemeen wordt nog het volgende opgemerkt:

- Uit de stijghoogtemetingen blijkt dat de reparaties die hebben plaatsgevonden aan de wanden in beperkte mate een gunstig effect hebben op de stijghoogte in het Pleistoceen. Het effect op de reductie van het debiet van de reparaties was minimaal (zie Bijlage 2A).
- Ook het verhogen van de peilen binnen compartiment 10 tot en met 14 (reductie verhang met 25 à 30%) leidt tot een toename van de stijghoogte in het Pleistoceen. Hierbij wordt wel opgemerkt dat de peilverhogingen hebben plaatsgevonden in de periode waarin de stijghoogte in het Pleistoceen van nature ook toeneemt. Tevens is de seizoensinvloed onderdeel van de gemeten stijging.
- De debieten in de verdiepte ligging zijn groter dan de eis uit [R3]. Het verhogen van de peilen in compartiment 10 tot en met 14 hebben tot een significante reductie (ca. 25%) van de debieten geleid. Het effect hiervan op de debieten is groter dan de reparaties aan de wanden (zie hoofdstuk 3). Dit kan betekenen dat het grotere debiet wordt veroorzaakt door een grotere doorlatendheid van de wand (diffuse lekkage) of door een grotere doorlatendheid van de vloer (Kedichemklei).

De verwachting is dat het debiet in TD3 de interventiewaarde ruim (factor 3 à 4) blijft overschrijden, waarbij de stijghoogtes in de peilbuizen boven de interventiewaarden blijven. Het effect hiervan op de langere termijn wordt beschouwd in hoofdstuk 4 en 5.

2.8 Samenvatting afwijkingen

In paragraaf 2.4 tot en met 2.7 is een analyse gemaakt op basis van de alarmlijst van 27 oktober 2014 en de bijbehorende debietmetingen van week 43. Dit geeft een representatief beeld voor de situatie na openstelling van de weg in een periode met relatief lage stijghoogtes in de verschillende watervoerende pakketten.

Als gevolg van de seizoensinvloed neemt de stijghoogte in deze watervoerende pakketten toe, waardoor de overschrijdingen van indicatiewaardes afnemen en de debieten juist toe nemen. Daarnaast hebben in compartiment 15.3 reparaties plaatsgevonden en is in compartiment 1 de continutest afgerond. Daarom is in Tabel 2-4 een totaaloverzicht opgenomen van de gemiddelde actuele debieten tot week 48 van 2014 en de bijbehorende interventiewaarden.

Compartiment	**debiet [m^3/dag]**	
	tot week 48, 2014	**IW-eis**
1	**0,2**	10
2	**17**	20
3a	**8**	8
3b	-[1)]	10
4	**12**	42
5	**16**	16
6	35	22
7	45	25
8	**17**	22
subtotaal TD2	**161[1)]**	**175**
9	**12**	12
10	**0,5**	26
11	150	40
12	350	42
13	390	65
14	100	10
15	**25[2)]**	30
subtotaal TD3	**1027**	**225**
Totaal debiet	**1188**	**400**

1) werkzaamheden in compartiment 3b zijn nog niet gereed/continuproef moet nog starten. De waarde zoals afgeleid uit het ontwerp (10 m^3/dag) wordt vooralsnog aangehouden voor de bepaling van het totaaldebiet
2) reparaties uitgevoerd; geen onderscheid meer in subcompartimenten

Tabel 2-4 Overzicht totale debieten TD2 en TD3 tot week 48,2014

De debieten in de compartimenten die door HHD reeds zijn getoetst en voldoen aan de eisen van de watervergunning (compartiment 1, 2, 3a, 4, 5, 8, 9, 10 en 15) zijn groen gekleurd.
Voor compartiment 3b waar de ontgraving/continutest nog moet starten is bij het actuele debiet de berekende waarde aangehouden. Compartiment 3b is met een lengte van circa 12 m een relatief klein compartiment (breedte is gelijk aan die van de naastgelegen compartimenten) en kan voldoende waterdicht gemaakt worden.

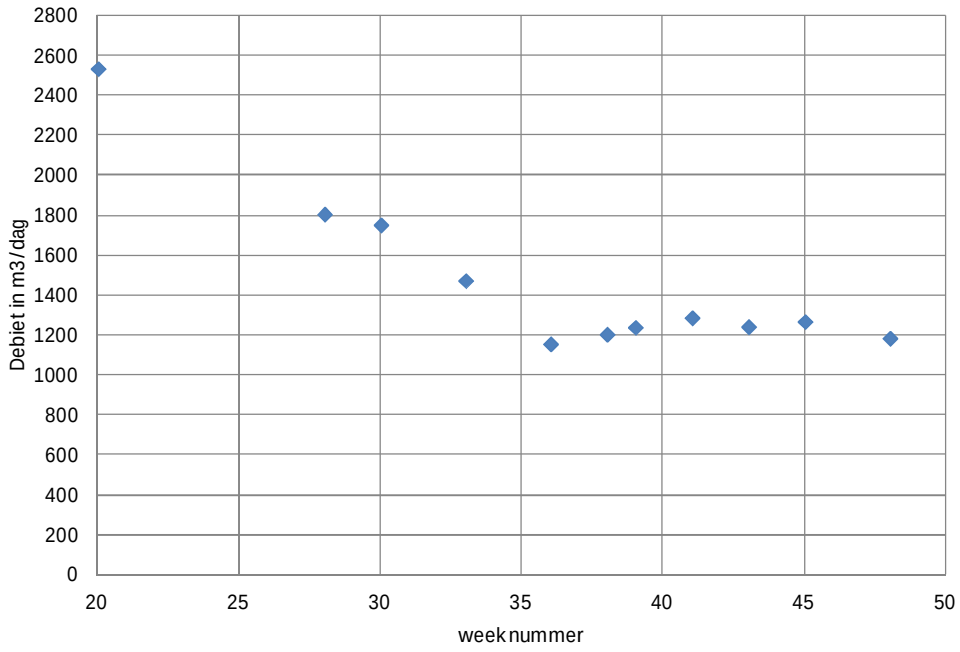
Bij compartiment 15 staat in Tabel 2-4 de opmerking dat er geen onderscheid meer wordt gemaakt in subcompartimenten. Deze subcompartimenten zijn indertijd gecreëerd om lekkages te kunnen

isoleren. Na gereedkomen van de reparatie in compartiment 15.3 voldoet het totale debiet aan de interventiewaarde en is getoetst door het HHD en voldoet aan de eisen uit de watervergunning. Daarom is het onderscheid in subcompartimenten komen te vervallen.

Uit de tabel blijkt dat het gemiddelde totale debiet tot week 48 1188 m^3/dag bedraagt, waar in voorschrift 6 van de watervergunning [R3] 400 m^3/dag is opgenomen. Dit terwijl de freatische grondwaterstand en de stijghoogtes in de holocene tussenzandlaag en het pleistocene zand rond de systeemgrens ten minste boven de interventiewaarde liggen.

Daarnaast blijk dat, uitgaande van een voorspeld debiet in compartiment 3b, het totale debiet voor de half verdiepte ligging voldoet aan de interventiewaarde. Dit ondanks de overschrijding in compartiment 6 en 7.

Van het totale debiet komt circa 14% van het debiet uit TD2. Als compartiment 9 en 15 hieraan worden toegevoegd (ook hier bestaat immers de bodemafdichting uit holocene lagen) dan wordt dit aandeel circa 17%. De overige 83% van het debiet komt daarmee voor rekening van de verdiepte ligging met de Kedichemklei als onderafsluiting van de kuip.
In Figuur 2-9 is de ontwikkeling van het totale debiet in TD2 en TD3 weergegeven tussen week 20 en week 48 van 2014. Hierin is duidelijke en dalende trend te zien in het debiet, die vrijwel volledig veroorzaakt wordt door TD3.



Figuur 2-9 Ontwikkeling totale debieten in 2014

De daling tot en met week 28 wordt deels veroorzaakt door reparaties aan de wanden en door het verhogen van het peil in compartiment 11 tot en met 13 na aanleggen van het riool.

Tussen week 30 en week 36 zijn de peilen in compartiment 10 tot en met 14 verder verhoogd naar de eindsituatie en is de bemaling van de tussenzandlaag in compartiment 9 gestopt. Vanaf dit moment zullen er geen peilveranderingen meer plaatsvinden in compartiment 10 tot en met 14. De debieten zullen hier naar verwachting rond de huidige waarden blijven. Door de reparaties in compartiment 15.3 zijn de debieten in compartiment 15 tot 25 m^3/dag terug gelopen, maar het effect hiervan op het totaal is beperkt.

In de half verdiepte ligging voldoen alleen de compartimenten 6 en 7 nog niet en moet nog worden gestart met de werkzaamheden aan compartiment 3b. De verwachting is dat het totale debiet in de half verdiepte ligging zal gaan voldoen aan de interventiewaarde, maar de invloed van de half verdiepte ligging op het totale debiet is beperkt.

Geconcludeerd wordt dan ook dat de debieteis voor TD2 en TD3 uit voorschrift 6 van [R3] niet haalbaar is, ondanks de maatregelen die in het ontwerp en tijdens de uitvoering zijn genomen (zie hoofdstuk 3). Echter, ondanks dat het debiet de interventiewaarde ruim overschrijdt, blijft de stijghoogte in de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen en het peil van het freatische water boven de interventiewaarde en liggen de freatische peilen boven de indicatiewaardes (zie figuur B3-1 en B3-4 van Bijlage 3). Het lange-termijn effect hiervan op de omgeving wordt beschouwd in hoofdstuk 4 en 5.

3 Uitgevoerde acties

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de acties behandeld die door A4all in de verschillende fasen van het project zijn uitgevoerd om te voldoen aan de voorschriften uit de watervergunning.

In paragraaf 3.2 worden de verschillende potentiële lekmechanismen behandeld. Hierbij is een onderverdeling aangehouden waarbij de half verdiepte ligging in de toeritten van de verdiepte ligging (compartiment 9 en 15) gezamenlijk worden beschouwd naast de verdiepte ligging met de wanden tot in de Kedichemklei (compartiment 10 tot en met 14). Dit in verband met de verschillen in de onderafdichting van de constructies en de bijbehorende problematiek.

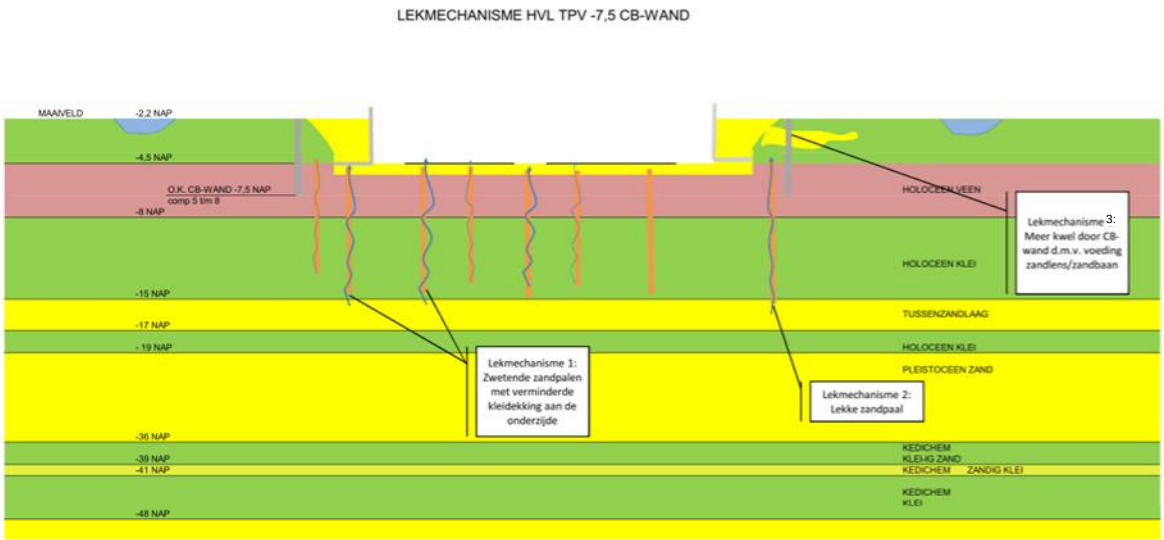
Voor de half verdiepte ligging zijn de lekmechanismen relatief eenvoudig, omdat de bron van een lekkage de zandpalen zijn. Bij de diepe delen van de verdiepte ligging spelen deze zandpalen geen rol en zijn de lekmechanismen complexer door de aard van de constructie (diepe bouwkuip, invloed van meerdere watervoerende pakketten en heterogeniteit van de waterafsluitende lagen).
Daarmee ligt het zwaartepunt van de vervolg paragrafen bij de verdiepte ligging. In deze paragrafen worden gestart met de maatregelen die in het ontwerp zijn genomen om deze lekmechanismen te voorkomen. In de daarop volgende paragrafen wordt beschreven welke acties zijn ondernomen om lekkages op te sporen en de meest waarschijnlijke lekmechanismes te identificeren.

3.2 Lekmechanismen

3.2.1 *Half verdiepte ligging*

Bij de half verdiepte ligging hebben eventuele lekkages met name te maken met de zandpalen. Hier worden de volgende mechanismen onderscheiden (zie Figuur 3-1):

1. “zwetende zandpalen” (vochtig, maar geen stroming zichtbaar) met minder dekking of een grotere doorlatendheid van de ongestoorde waterremmende lagen aan de onderzijde
2. lekkende/kortgesloten zandpalen (stroming zichtbaar) die contact maken met de tussenzandlaag
3. meer kwel door de cement-bentonietwanden d.m.v. voeding uit zandlens/zandbaan (hogere doorlatendheid dan klei/veen).



Figuur 3-1 Mogelijke lekmechanismen half verdiepte ligging, ondiepe CB-wand

Bij diepe cement-bentonietwanden (NAP -19m) in compartiment 1 tot en met 4 kan er ook nog lekkage door de wand in de tussenzandlaag optreden door een combinatie van scheuren in het cementbentoniet en folie die niet in het slot zit.

Voor het bepalen van de doorlatendheid van de cementbentonietwanden zijn voor het ontwerp van de half verdiepte ligging de volgende uitgangspunten gehanteerd [R14]:

- Streefwaarde k = $1{,}0 \times 10^{-9}$ m/s (labwaarde gebaseerd op de mengselsamenstelling). Rekening houdend met praktijkonvolkomenheden, en de algemeen aanvaardbare aanpak in de geotechniek waarbij vaak een factor van 10 – 50 wordt gehanteerd, is een gemiddelde k-waarde van 10 x streefwaarde = $1{,}0 \times 10^{-8}$ m/s en een ontwerpwaarde (95% bovengrenswaarde) van 50 x streefwaarde = $5{,}0 \times 10^{-8}$ m/s aangehouden. De ontwerpwaarde van 50 x streefwaarde is een praktische veiligheidsmarge.
- Indien als maatregel om de horizontale kwel te beheersen een folie in de cement-bentonietwand wordt afgehangen (compartiment 1 t/m 4 en delen van compartiment 5, 7 en 8) dan is de streefwaarde k = $1{,}0 \times 10^{-11}$ m/s. De gemiddelde waarde = 10 x streefwaarde = $1{,}0 \times 10^{-10}$ m/s en een ontwerpwaarde (95% bovengrenswaarde) = 50 x streefwaarde = $5{,}0 \times 10^{-10}$ m/s. De dikte van de wand bedraagt minimaal 0,6 m.

Voor de half verdiepte ligging zijn de resultaten van de doorlatendheidproeven die gedaan zijn tijdens de uitvoering in deze rapportage niet opgenomen en beschouwd, omdat bij de wanden waar de doorlatendheid kritisch is een folie is toegepast in de wanden van de half verdiepte ligging. De doorlatendheid van deze wanden wordt daarmee bepaald door de folie en het in het slot zitten hiervan en niet door de doorlatendheid van de cement-bentoniet.

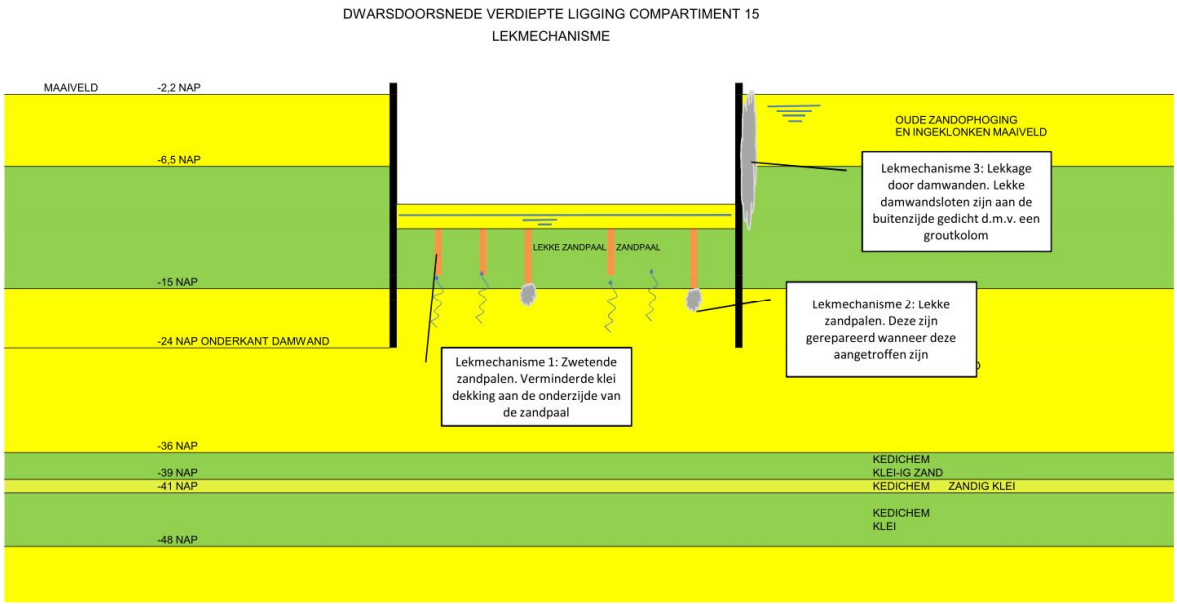
De mogelijke oorzaak van lekkage is in de half verdiepte ligging dus helder, wat het zoeken vergemakkelijkt. Daarbij worden bij het ontgraven de zandpalen tussen de L-wanden en de damwanden vrij gegraven, waardoor lekkende/kortgesloten zandpalen over het algemeen ook visueel kunnen worden waargenomen. Een deel van de zandpalen kan echter niet worden vrij gegraven ten gevolge van de stabiliteit van de aangebrachte cement-bentonietwanden. Dit betreft circa een derde van het totale oppervlak.

Lekkages door de wanden zijn door de beperkte diepteligging relatief eenvoudig te detecteren door middel van peilbuizen in de tussenzandlaag.

3.2.2 *Verdiepte ligging - compartiment 9 en 15*

Bij compartiment 9 en 15 van de verdiepte ligging hebben eventuele lekkages met name te maken met de zandpalen, net als bij de half verdiepte ligging. Hierbij worden de volgende mechanismen onderscheiden (zie Figuur 3-2):

1. “zwetende zandpalen” met minder dekking of een grotere doorlatendheid van de ongestoorde waterremmende lagen aan de onderzijde
2. lekkende/kortgesloten zandpalen die contact maken met de tussenzandlaag (compartiment 9) of het Pleistoceen (compartiment 15).
3. lekkage door damwandsloten.



Figuur 3-2 Mogelijke lekmechanismen compartiment 9 en 15

De mogelijke oorzaak van lekkage in compartiment 9 en 15 is dus lekmechanisme 1, wat het zoeken vergemakkelijkt. Daarbij zijn bij het ontgraven van de bouwkuip de zandpalen over het algemeen visueel te inspecteren. Dit gaat niet op voor de diepe delen van beide compartimenten, omdat hier in stroken ontgraven moet worden in verband met opbarstgevaar en stabiliteit van de grondkering (damwand). Lekkages door de wanden zijn door de beperkte diepteligging relatief eenvoudig te detecteren en bij lekkage vanuit de oude zandbaan zelfs visueel waar te nemen. Dit maakt het repareren van lekken (d.m.v. jetgroutkolommen) over het algemeen relatief eenvoudig.

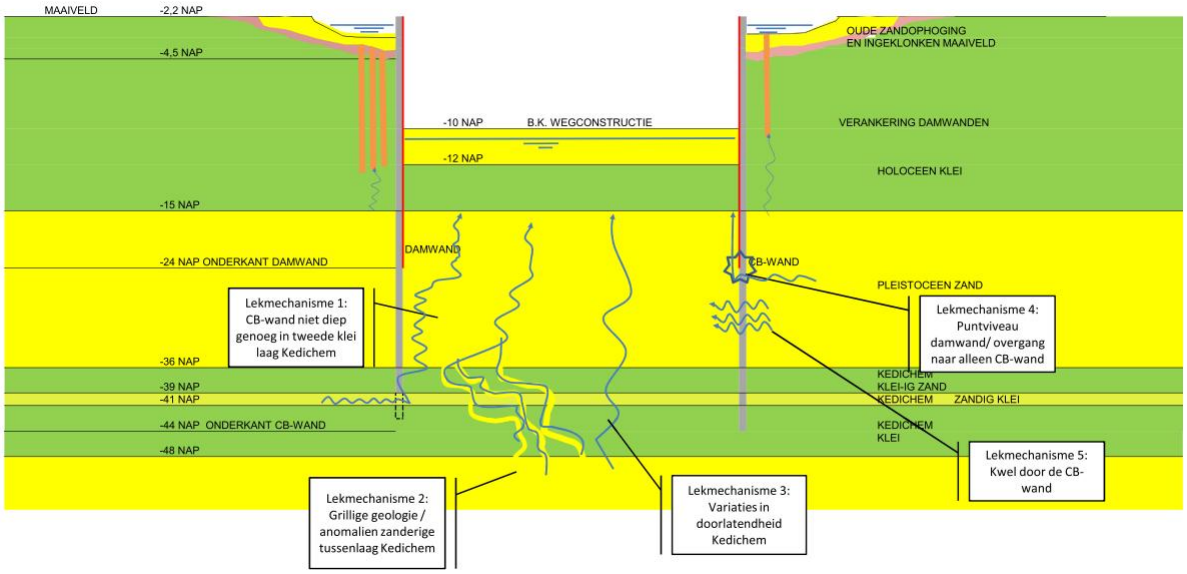
3.2.3 *Verdiepte ligging - compartiment 10 t/m 14*

Bij compartiment 10 tot en met 14 van de verdiepte ligging is dit anders, omdat de oorzaak van een lekkage niet direct duidelijk is. De volgende mechanismen zijn te onderscheiden (zie Figuur 3-3):

1. kwel door de cementbentonietwanden
2. cement-bentonietwand niet diep genoeg in de tweede Kedichemkleilaag
3. verdachte locaties uit realisatie (aansluitingen, hoeken en overgang damwand-cementbentonietwand)
4. grillige geologie of anomalieën in de Kedichemklei
5. (grotere) variatie in doorlatendheid Kedichemklei en tussenzandlaag.

De lekkage kan zowel door de wand als door de vloer komen en is, met uitzondering van welvorming langs de wand, niet zichtbaar vanaf het oppervlak of ontgravingniveau. Daarnaast kunnen lekkages ook op een specifieke diepte optreden, wat het zoeken naar lekkages een 3D-probleem maakt. Dit maakt het opsporen van lekkages moeilijk en tijdrovend. Daarnaast is het repareren van lekkages op grote diepte niet eenvoudig en tijdrovend.

De zoektocht naar lekkages in dit deel van de verdiepte ligging en de gevolgde stappen worden beschreven vanaf paragraaf 3.5.



Figuur 3-3 Mogelijke lekmechanismen compartiment 10 t/m 14

3.3 Onderzoek half verdiepte ligging (compartiment 1 t/m 8) en toeritten verdiepte ligging (compartiment 9 en 15)

3.3.1 *Ontwerpfase*

Tijdens de afrondende fase van het definitieve ontwerp (medio 2012), werd duidelijk dat er bij de aanleg van de aardebaan voor de A4 zandpalen zijn toegepast om consolidatie van het holocene pakket slappe lagen te versnellen. Aangezien bij de half verdiepte ligging en bij de toeritten van de verdiepte ligging (compartiment 9 en 15) gebruik wordt gemaakt van deze lagen voor de onderafdichting van de constructie, had dit effect op het ontwerp van met name de half verdiepte ligging.

Om het risico van de zandpalen in kaart te brengen zijn een groot aantal sonderingen uitgevoerd in risicovolle gebieden. Deze gebieden zijn vooraf bepaald op basis van de reeds bekende bodemopbouw, de vermoedelijke diepte van de zandpalen (archief Deltares) en het opgraven van de bovenkant van de zandpalen.

Op basis hiervan is het ontwerp van de half verdiepte ligging op de volgende punten aangepast:

- het tracédeel met cement-bentonietwanden tot NAP-19m is in noordelijke en zuidelijke richting uitgebreid.
- rondom dienstgebouw en trappenhuis 3 is over 50 m de ondiepe cement-bentonietwand (NAP -7,5m) vervangen door een cement-bentonietwand tot NAP -15m (dikte 0,6m).
- de diepe cement-bentonietwanden zijn uitgevoerd als een gegraven wand (dikte 0,6m) waarin als extra maatregel een folie is aangebracht.

Daarnaast worden de ondiepe cement-bentonietwanden aangebracht voordat wordt begonnen met de ontgraving. In de oorspronkelijke fasering zouden deze korte cement-bentonietwanden na gereedkomen van de constructie worden aangebracht. Deze wijziging in uitvoeringsvolgorde heeft consequenties voor de wijze waarop wordt ontgraven door de kwetsbaarheid van deze ondiepe wanden met een grotere kans op lekkage.

Voor de toeritten van de verdiepte ligging is geen ontwerpwijziging doorgevoerd. De wanden van deze toeritten bestaan uit stalen damwanden tot in de pleistocene zandlaag, waardoor de zandpalen

geen aanpassing van de constructie vereisen. Wel spelen hier de zandpalen een rol in relatie tot lekkage door de vloer, en dient bij compartiment 9 de daar aanwezige tussenzandlaag tijdelijk te worden bemalen om opbarsten tijdens het ontgraven van de kuip te voorkomen.

3.3.2 *Onderzoek inspectiemethodiek*

Voor het opsporen van lekkende zandpalen is gebruik gemaakt van de Texplor-methode (zie bijlage 4 voor een beschrijving). Hiermee zijn afwijkingen in de grondwaterstroming op te sporen. Met deze methode is echter niet direct te bepalen hoeveel debiet er door deze afwijkingen komt. Echte doorgangen kunnen worden gedetecteerd, maar een zwakke waterremming door bijvoorbeeld een minder dekking onder de zandpalen of een zandige klei met als gevolg “zweten” van de zandpaal is niet eenduidig vast te stellen. Daarvoor blijft de doorgang van elektrische energie te dicht bij de achtergrondwaarden en variaties hierin.

Om toch meer te kunnen zeggen over de ernst van de met Texplor gevonden afwijkingen, is in compartiment 15-1 een proef uitgevoerd met de zogenaamde buizenmethode. Hierbij zijn de zandpalen in het gebied waar met Texplor een verhoogde doorslag werd gezien visueel opgespoord en is om deze zandpalen een kunststof buis gezet. Daarna is het debiet in deze buizen gemeten gedurende een lange periode. Deze methodiek is vastgelegd in een werkinstructie [R10].

3.3.3 *Zwetende zandpalen TD2*

Ten tijde van de continutesten in de half verdiepte ligging wilde A4all starten met het plaatsen/bouwen van de L-wanden, trappenhuizen en dienstgebouwen. Omdat de continue testen nog niet waren afgesloten is in overleg met het HHD besloten om ter plaatse van de L-wanden, trappenhuizen en dienstgebouwen zandpalen op lekkages te testen. Deze testen zijn uitgevoerd conform [R10]. Als er lekkende/kortgesloten zandpalen aangetroffen zouden zijn zouden deze gerepareerd moeten worden voordat er gestart mocht worden met de bouw van deze onderdelen.

Per compartiment is er berekend hoeveel zandpalen er zijn en hoeveel debiet de zandpalen mogen geven om onder de interventiewaarde te blijven. Tijdens deze testen zijn er geen zandpalen aangetroffen die boven de interventiewaarde per zandpaal uitkwamen.

3.3.4 *Lekkende zandpalen TD2*

Vervolgens is gestart met het grondwerk in TD2. Hierbij zijn de vrij gegraven zandpalen ingemeten en is visueel geïnspecteerd of de zandpalen lekten. In de half verdiepte ligging zijn op moment van schrijven (nog) geen lekkende/kortgesloten zandpalen aangetroffen. Er zijn dus ook geen reparatieacties uitgevoerd.

3.3.5 *Kwel door de CB-wanden TD2*

Tijdens het ontgraven van TD2 trad geen water uit de taluds. Dit wijst er op dat de wanden dicht zijn. Alleen op de aansluiting tussen compartiment 4 en 5 aan de oostzijde is in week 38 kortdurend een kleine lekkage ontstaan tijdens het ontgraven. Deze lekkage is dichtgezet met een jetgroutkolom.

3.3.6 *TD3 - Compartiment 9*

In compartiment 9 zijn de volgende acties uitgevoerd:

- Tijdens het grondwerk zijn de vrij gegraven zandpalen ingemeten. Dit is alleen gedaan over het deel van compartiment 9 waar geen beperkingen waren aan het oppervlak van de ontgraving. Dit is een zone tot 60m voor compartimenteringscherm 9/10. In verband met opbarstgevaar en stabiliteit van de damwanden is het zuidelijke deel van compartiment 9 in stroken ontgraven en direct weer aangevuld. Dit maakte het praktisch onmogelijk om de zandpalen ter plaatse in te meten.

- Tijdens het grondwerk is er één lekke zandpaal geconstateerd aan de westkant tegen de damwand aan. Deze lekke zandpaal is gerepareerd door middel van een jetgroutkolom.
- De damwandsloten (hei-sloten) die meer lekten dan aangenomen in de berekeningen, zijn aan de buitenzijde van het compartiment gedicht door middel van jetgroutkolommen.
- Na aanbrengen van de meetinstrumenten voor de continutest is een lekke zandpaal geconstateerd. Deze zandpaal zat midden in het compartiment tegen het compartimenteringscherm 9/10 aan (in de zone waarin de zandpalen niet konden worden ingemeten). De lekke zandpaal is gerepareerd met drie jetgroutkolommen.
- Na reparatie van de hiervoor genoemde zandpaal is gebleken dat er nog een lekke zandpaal in compartiment 9 zat. Deze lekke zandpaal zat circa 1 meter uit de damwand en circa 5 meter van de gerepareerde zandpaal aan en is gerepareerd.

3.3.7 *TD3 - Compartiment 15*

Compartiment 15 is opgedeeld in drie subcompartimenten, te weten 15-1, 15-2 en 15-3. Dit is gedaan omdat er uit de vooronderzoeken is gebleken dat er twee risicogebieden in compartiment 15 aanwezig zijn. Deze risicogebieden houden in dat de kleidekking onder de aanwezige zandpalen minder dan 1,5 m dik is. Dit levert een groter risico op ten aanzien van lekkage/kortsluiting. Om dit risico te spreiden is het compartiment opgesplitst.

Acties uitgevoerd in compartiment 15-1:

- Tijdens het grondwerk zijn de zandpalen vrij gegraven en ingemeten en zijn geen lekke zandpalen aangetroffen.
- Na gereedkomen grondwerk is de continutest gestart.
- Tijdens de continutest bleek de slotlekkage een te grote invloed op het debiet te hebben. De slotlekkage is waar nodig gedicht door middel van jetgroutkolommen aan de buitenzijde van het compartiment.
- Tijdens de continutest is gebleken dat er een overschrijding was op de interventiewaarde van het debiet. Om vast te stellen waar de lekkages/overschrijding vandaan kwam zijn er diverse onderzoeken parallel gaan lopen:
    - Texplor meting
    - Warmte detectie
    - Lekkage meting door middel van buizen (buizenmethode)
    - Compartimentering met een foliescherm.
- Op basis van de Texplor-meting en de buizenmethode is besloten om de zandpalen op te zoeken en in iedere zandpaal een jetgroutkolom aan te brengen.
- Na het dichtzetten van de circa 350 zandpalen is er een afname in het debiet waargenomen van 30m^3/dag naar 14m^3/dag (gemeten op 24-09-2014). Hiermee is het effect op het debiet van het behandelen van zwetende zandpalen met een jetgroutkolom beperkt (afname debiet per behandelde zandpaal).

Acties uitgevoerd in compartiment 15-2:

- Tijdens grondwerk zijn de zandpalen vrij gegraven en ingemeten. Er zijn twee kortgesloten zandpalen geconstateerd tegen de damwand aan. Deze lekke zandpalen gaven een debiet tussen 5 en 10 m^3/uur/paal en zijn gerepareerd/gedicht door een jetgroutkolom aan te brengen in de aanwezige kleilaag. Na de reparatie was het debiet door de zandpaal teruggelopen naar nul. Het dichtzetten van lekkende/kortgesloten zandpalen is hiermee zeer effectief gebleken.
- Continutest uitgevoerd om debiet te bepalen.
- Tijdens de continutest is gebleken dat de damwandsloten (hei-sloten) meer lekten dan aangenomen was in de zone waarover de damwand in de zandbaan van de A4 staat (maaiveld tot circa NAP -7m). Alle damwandsloten zijn over deze hoogte geïnjecteerd. Na

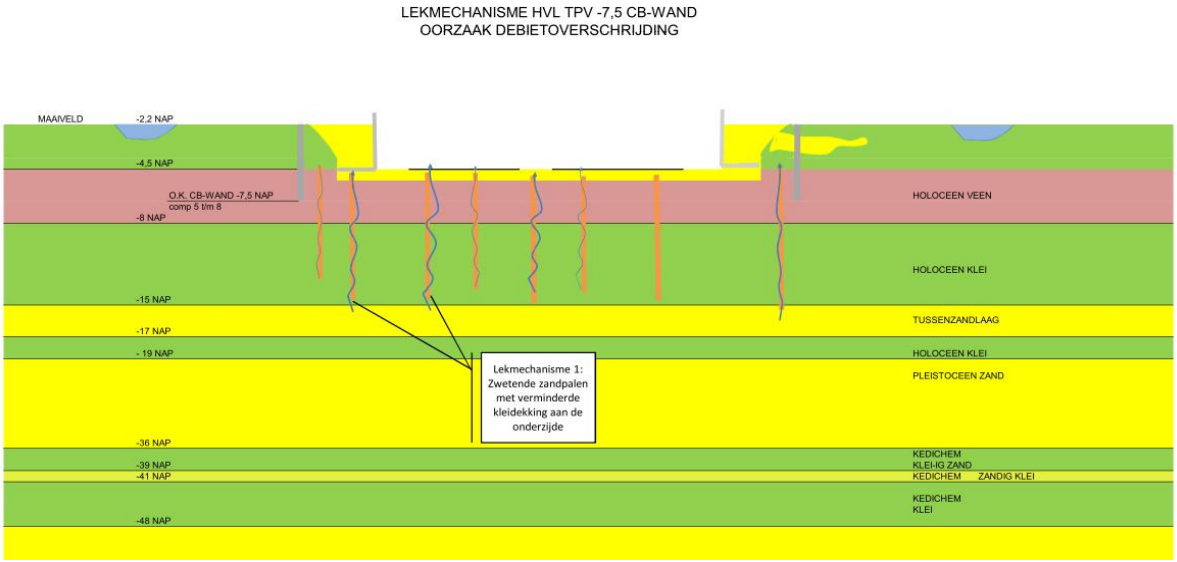
terug dringen damwandsloten lekkage voldeed het debiet aan de vastgestelde interventiewaarde. Hiermee is compartiment 15-2 getoetst door het HHD en voldoet aan de eisen uit de watervergunning.

Acties uitgevoerd in compartiment 15-3:

- Tijdens het grondwerk zijn de zandpalen vrij gegraven tot een zone van circa 12m uit compartimenteringscherm 14/15-3. In verband met opbarstgevaar en stabiliteit van de damwanden is deze zone in stroken ontgraven en direct weer aangevuld. Dit maakte het praktisch onmogelijk om de zandpalen ter plaatse in te meten.
- Tijdens het grondwerk is één lekke zandpaal aangetroffen in het midden van het compartiment tegen compartiment 14 aan. Deze lekke zandpaal is gerepareerd met een jetgroutkolom.
- Na de reparatie van de lekke zandpaal is de continutest gestart. Na circa 2,5 week meten is de continutest afgerond omdat het debiet onder de interventiewaarde zat.
- Tijdens het grondwerk voor het aanbrengen van de riolering zijn er lekkages geconstateerd. Deze lekkages zijn met meerdere jetgroutkolommen gedicht.
- De continue test is hierna weer gestart.
- Circa 2 weken na de reparatie van de tweede lekkage is er wederom een lekkage ontstaan. Deze lekkage zit tegen het compartimenteringscherm 14/15-3 aan en circa 1,0 m uit de damwand (in de zone waarin de zandpalen niet konden worden ingemeten).
- Getracht is om deze lekkage met drie jetgroutkolommen te repareren. Na reparatie bleef deze hoek van de bouwkuip te nat in relatie tot de drooglegging van de weg.
- Om te voldoen aan de drooglegging is een compartiment gemaakt in de noord-westhoek met damwanden. Vervolgens is hierin een vloer aangebracht met 70 jetgroutkolommen. Hierdoor is de lekkage sterk gereduceerd en voldoet compartiment 15 aan de debieteis.

3.3.8 *Meest waarschijnlijke lekmechanisme*

Zoals vermeld in paragraaf 2.5.1 wordt het debiet in de half verdiepte ligging op het moment van schrijven van dit rapport, veroorzaakt door zwetende zandpalen. Gezien de ervaringen in compartiment 15-1 is het dichtzetten van de zandpalen met een jetgroutkolom niet de meest efficiënte methode om het debiet te reduceren. Daarnaast blijft de stijghoogte in de tussenzandlaag boven de interventiewaarde. In hoofdstuk 5 wordt beschouwd wat de effecten zijn in de omgeving.



Figuur 3-4 Meest waarschijnlijke oorzaak verhoogd debiet half verdiepte ligging

3.4 Verdiepte Ligging (compartiment 10 t/m 14) - ontwerp & kwaliteitscontrole CB-wanden

3.4.1 *Ontwerpfase*

Zoals beschreven in paragraaf 1.2.2 bestaat het diepe deel van de verdiepte ligging (compartiment 10 tot en met 14) uit wanden tot in de klei van de Kedichemformatie. Deze kleilagen bevinden zich op een diepte globaal tussen NAP -37m en NAP -54m en vormen de vloer van de constructie. Risico's met betrekking tot lekkages zijn:

- vervormingen van de wanden (lekkage bij met name aansluitingen en hoeken)
- onzekerheid in de aanwezigheid en doorlatendheid van klei in de Kedichemformatie.

Deze onzekerheden zijn in het ontwerp verdisconteerd door een robuuste constructie van de wanden (diepwanden ter plaatse van kruisende kunstwerken) en een uitgebreid sondeeronderzoek om de ligging en dikte van de klei van de Kedichemformatie in kaart te brengen.

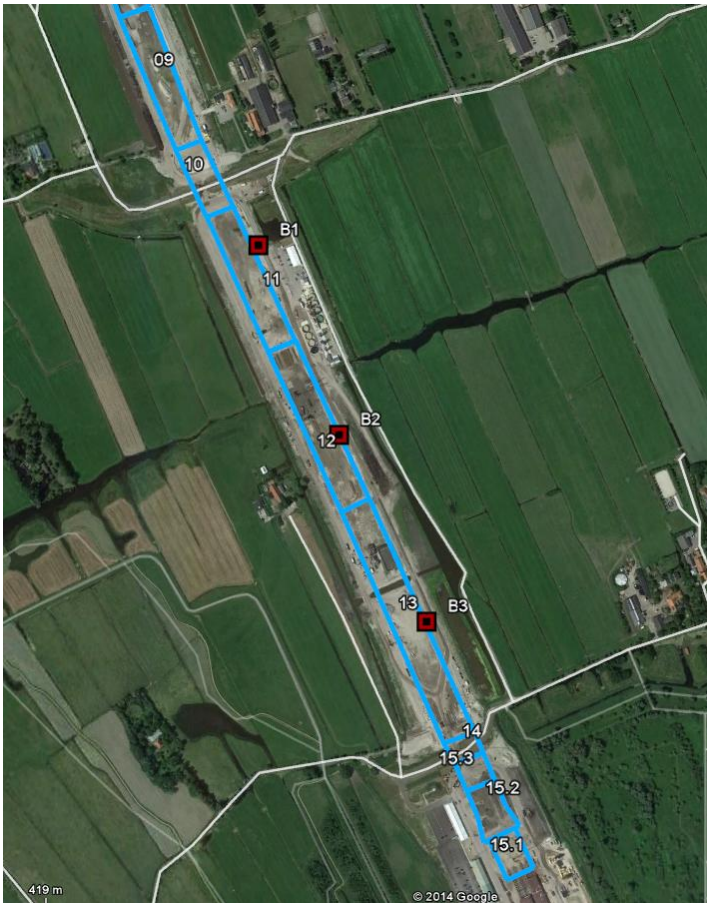
De Kedichemkleilagen zijn onderdeel van de Waalre-Formatie. Deze stond tot 2003 bekend als de Formatie van Tegelen. Naar de opbouw van deze Formatie is onderzoek gedaan door Kasse [R11] en Westerhof [R12]. Beide kwamen tot de conclusie dat in West-Nederland de formatie in een estuarien zoetwatermilieu is afgezet, vergelijkbaar met de huidige Biesbosch.

Dat de kleilagen niet volledig kleiig zijn opgebouwd is terug te voeren op het afzettingsmilieu van deze kleilagen. De Waalre-formatie omvat (continentale) fluviatiele tot estuariene eenheden en is opgebouwd uit de volgende eenheden (deels oude benaming):

- De Formatie van Tegelen (deltaisch / kustnabij)
- De Formatie van Tegelen (Fluviatiel)
- De Formatie van Scheemda (Fluviatiel)
- De Formatie van Harderwijk (pro parte, Fluviatiel)
- De Formatie van Maassluis (pro parte, Marien kustnabij)
- De Kiezeloölietformatie (pro parte, Fluviatiel)
- De Gilze member (Fluviatiel)
- De Formatie van Kedichem (Fluviatiel, Estuarien)

Als grootst gemene deler is dat er, zelfs in de grovere delen, vaak sprake van een duidelijke fijnkorrelige (slib-)component. Hiernaast komen glimmers, houtresten, grind, sideriet en soms zoetwaterschelpen in het sediment voor. In de fijnkorrelige delen komen veelvuldig zandige lagen voor.

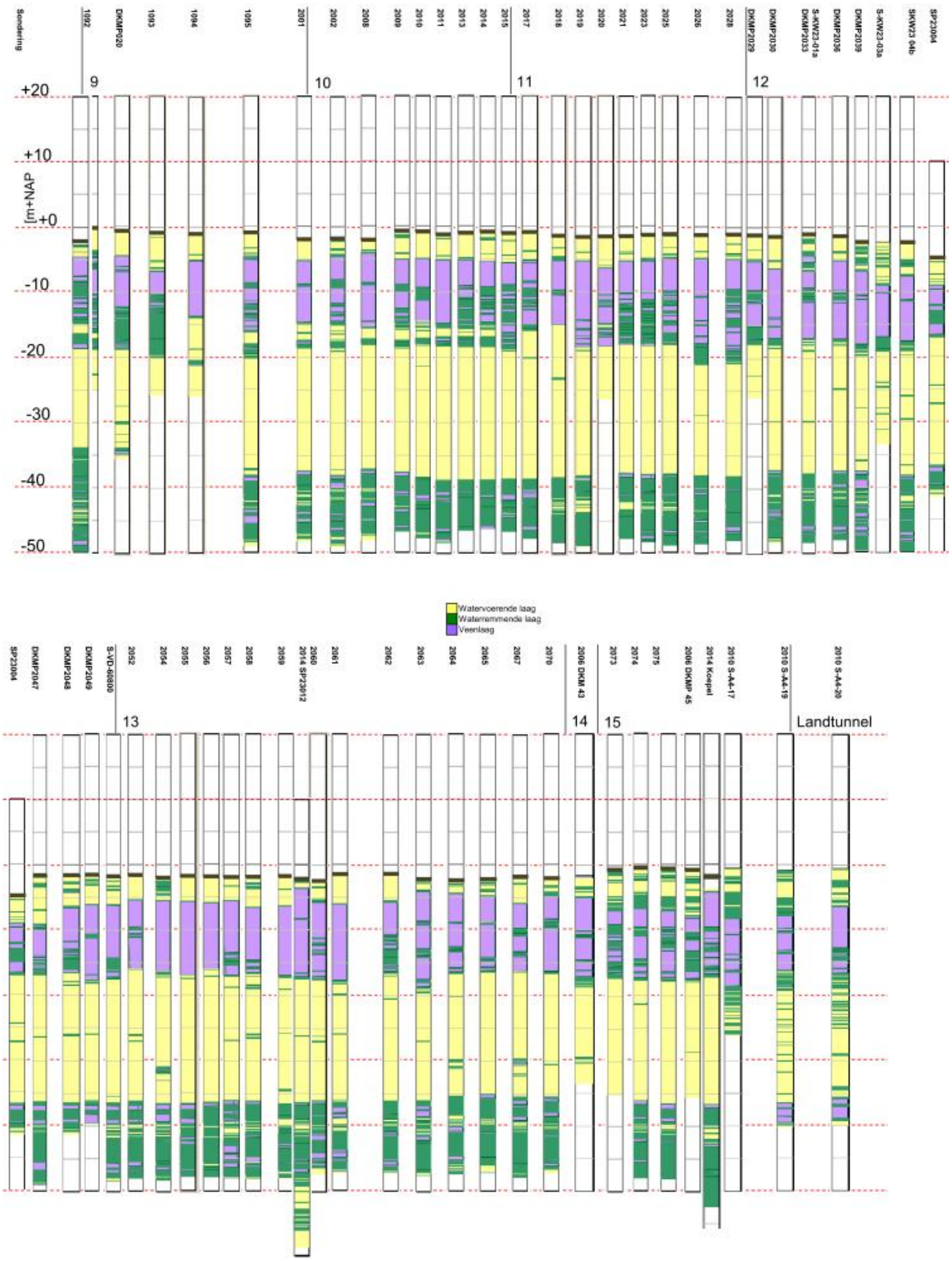
Op basis van de sonderingen is duidelijk dat de kleilagen van Kedichem onder de gehele projectlocatie met voldoende dikte voorkomen. De kwel door de Kedichem kleilagen wordt bepaald door het spanningsverschil over de kleilagen en de weerstand van de kleilagen. Aan de hand van uitgevoerde boringen en daaruit afkomstige grondmonsters zijn in 2012 door Fugro [R13] verticale doorlatendheden bepaald. De locaties van deze boringen, genummerd B1 tot B3, zijn opgenomen in Figuur 3-5. Op deze 3 locaties zijn op verschillende diepten in totaal 20 monsters geanalyseerd.



Figuur 3-5 Locaties boringen tot in Kedichemformatie

Op deze monsters zijn zogenaamde falling-head- en oedometerproeven uitgevoerd.
De rekenkundige gemiddelde doorlatendheid uit alle falling-head proeven is 7,3 *10-^{10} [m/sec] (6,3.10^{-5} [m/dag]) na verwijderen van uitschieters. Incl. uitschieters: 6,5*10^{-10}). Uit de oedometer-proeven volgt een gemiddelde waarde van 7,5*10^{-11} [m/sec] voor de Taylor-interpretatie, en een waarde van 1,1*10^{-10} [m/sec] voor de Casagrande-interpretatie. Deze gemiddelden liggen dus lager dan die uit de falling-head proeven. Voor het ontwerp is gerekend met de hogere gemiddelde waarde en standaardafwijking die uit de falling-head proeven volgt. Door middel van een nadere analyse is voor de verticale doorlatendheid een bovengrens bepaald van 4,6.10^{-9} [m/sec] (4.10^{-4} [m/dag]). Op basis van deze bovengrens zijn de kwelberekeningen gemaakt [R14].

Oorspronkelijk was het de bedoeling om de wanden tot in de eerste Kedichemkleilaag te zetten. Uit de sonderingen komt naar voren dat gesproken kan worden van een overal voorkomende waterremmende laag met lokaal zandige inschakelingen en veenlagen. In Figuur 3-6 is een ondergrondprofiel opgenomen op basis van sondeergegevens waarin de watervoerende zandlagen in de kleien van Kedichem te zien zijn. Met name tussen NAP -40m en NAP -44m zijn er wat meer watervoerende trajecten (tussenzandlaag of intra-Kedichem) te zien. Op basis van dit inzicht is in het ontwerp besloten de cementbentonietwanden door te zetten tot in de kleilagen onder dit niveau.



Figuur 3-6 Bodemopbouw TD3

Om de doorlatendheid van de wanden verder terug te brengen is het cementgehalte in de cementbentonietwanden verhoogd. Om de kwaliteit van de cementbentonietwanden te waarborgen en de ontwerpuitgangspunten te kunnen verifiëren is een uitgebreid testprogramma tijdens de uitvoering voorgeschreven.

Voor het bepalen van de doorlatendheid van de cementbentonietwanden van de verdiepte ligging zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd [R14]:

- Streefwaarde k = $1{,}0 \times 10^{-10}$ m/s (labwaarde gebaseerd op de mengselsamenstelling)
- Rekening houdend met praktijkonvolkomenheden, en de algemeen aanvaardbare aanpak in de geotechniek waarbij vaak een factor van 10 – 50 wordt gehanteerd, is een gemiddelde k-waarde van 10 x streefwaarde = $1{,}0 \times 10^{-9}$ m/s en een ontwerpwaarden (95% bovengrenswaarde) van 50 x streefwaarde = $5{,}0 \times 10^{-9}$ m/s aangehouden. De ontwerpwaarde van 50 x streefwaarde is een praktische veiligheidsmarge.
- De dikte van de wand bedraagt minimaal 0,8 m.

3.4.2 *Procesbeheersing uitvoering cementbentonietwanden*

In [R15] is uitgebreid omschreven hoe het proces van de kwaliteitscontrole van de cementbentonietwanden is ingericht. Hieronder zijn de verschillende onderdelen samengevat:

- Ingangscontrole grondstoffen
  - Keuren door materiaalcertificaten: diverse constructieve onderdelen worden geleverd met de vereiste materiaalcertificaten (bv damwand met 3.1 certificaat).
  - Keuren door ingangscontrole: bij iedere levering wordt middels de leveringsbon gecontroleerd of de leveranties overeen komen met het geen wat benodigd is. Daarbij worden van het cement en bentoniet tevens proefmonsters afgenomen en minimaal 56 dagen bewaard voor eventuele verificatie achteraf.
- Controle graaf proces
  - Graafformulier: per graafgang wordt een graafformulier opgesteld waarop paneelnummer, locatie en diepte staat aangegeven. Op dit formulier worden graafdatum en -tijd bijgehouden door de sleufmeester als ook de bereikte diepte met constatering van waterremmende kleilaag.
  - Controle doorlopende wand: ieder secundair paneel wordt overlappend (weerszijde minimaal 20cm) met twee primaire panelen gegraven. Vervolgens wordt iedere overgang van een secundair naar een primair paneel gepoetst. Dat wil zeggen dat de grijper op de overgang nogmaals tot op diepte wordt neergelaten. Eventuele onregelmatigheden en bodemresten worden gelijktijdig uit de sleuf genomen. Onderlinge aansluiting wordt hiermee door de machinist fysiek aangetoond. Registratie wordt gedaan middels het JeanLutz systeem, zie volgend item.
  - Controle verticaliteit wand: iedere poetsgang wordt geregistreerd door de machinist middels het JeanLutz systeem in de kraan. Deze meet tevens ook de verticaliteit van de graafgang.
- Controle op cementbentoniet mengsel
  - Bij mengcentrale worden verschillende controle proeven uitgevoerd.
  - Van het mengsel in de sleuf worden in een vast patroon op verschillende dieptes monsters genomen van de vloeibare bentonietcementsuspensie uit de sleuf. Op deze monsters worden verschillende controleproeven uitgevoerd.
  - Uitgehard product: van de vloeibare monsters uit de sleuf worden zogenaamde monsterbussen gevuld met de suspensie. Op een bepaalde leeftijd worden deze beproefd, waarbij onder andere de doorlatendheid k wordt bepaald conform CUR 84. Praktisch wordt tijdens de controleproeven een streefwaarde van k ≤ 1×10^{-10} m/s aangehouden. Dit om in de wand ten minste uit te komen op k ≤ 5×10^{-9} m/s. In de berekening is deze waarde als uitgangspunt aangenomen om te voldoen aan de gestelde eis vanuit het Hoogheemraadschap met betrekking tot het maximale onttrekkingdebiet / kweldebiet voor tracédeel 2 en 3 (400m³/dag).

In Tabel 3-1 is een samenvatting gegeven van de resultaten van de doorlatendheidproeven op de monsters uit de cementbentonietwanden voor de verdiepte ligging. Hieruit blijkt dat de

doorlatendheid ruim onder de streefwaarde ligt van $1x10^{-10}$ m/s. Er is dus op basis van de mengselsamenstelling en het graafproces geen indicatie dat de wand doorlatender is dan aangehouden in het ontwerp.

compartiment	aantal panelen (primair + secundair)	aantal monsters	$k_{gemiddeld}$ [m/s]	k_{streef} [m/s]
10	73	50	$4.33x10^{-12}$	≤ $1x10^{-10}$
11	181	136	$9.79x10^{-12}$	≤ $1x10^{-10}$
12	118	86	$6.31x10^{-11}$	≤ $1x10^{-10}$
13	280	206	$3.88x10^{-11}$	≤ $1x10^{-10}$
14	32	23	$7.26x10^{-12}$	≤ $1x10^{-10}$
Totaal	684	501		

Tabel 3-1 Resultaten metingen doorlatendheid CB verdiepte ligging

3.5 Verdiepte ligging - lekkageonderzoek

3.5.1 *Inleiding*

De eerste bouwkuipbemalingen zijn gestart in november 2013. Hierbij werd het pleistocene zandpakket binnen de kuip actief bemalen met deep wells. In de periode januari-februari 2014 ontstond een progressieve verslechtering van de debieten en werd de debieteis uit de watervergunning ruim overschreden.

Naar aanleiding hiervan is door A4all in maart 2014 gestart met inspecties en onderzoeken naar de oorzaken van deze grotere debieten. Hiervoor is een kennisteam samengesteld bestaande uit specialisten vanuit de verschillende combinanten. Dit team legde voorstellen voor een het zogenaamde kernteam (besluitvorming), waarbij ook gebruik werd gemaakt van het expertteam wat was samengesteld ten behoeve van de zandpalenproblematiek. In dit expertteam hebben externe deskundigen zitting.

Bij het onderzoek naar de oorzaak van de debietoverschrijdingen is, op basis van voortschrijdend inzicht, de volgende strategie (chronologisch in de tijd) gevolgd:

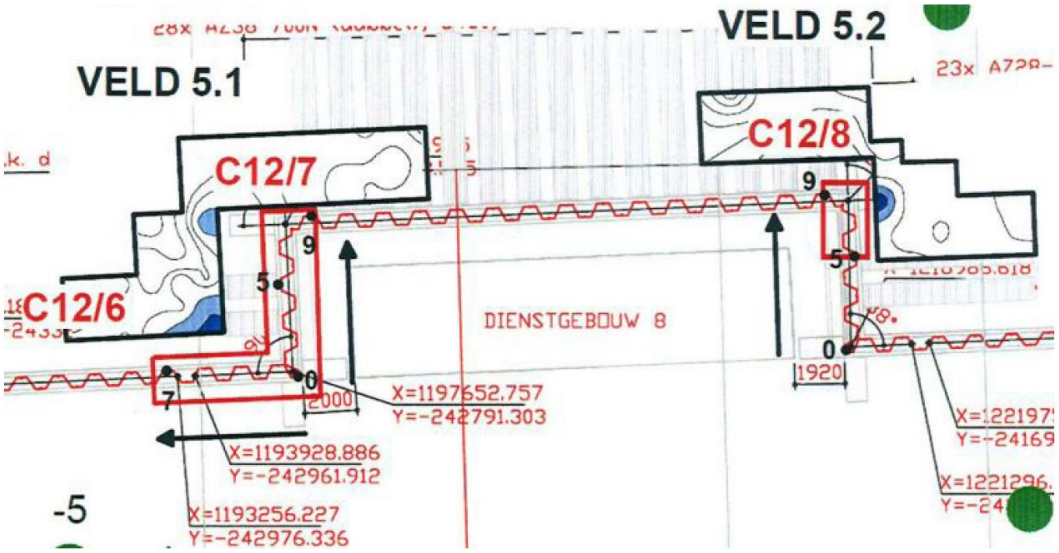
1. Focus op compartiment 13: uitvoeren Texplor-metingen ter plaatse van verdachte gebieden voortvloeiend uit ervaringen tijdens de uitvoering. Indien de Texplor-metingen hiertoe aanleiding gaven zijn reparaties van de wand uitgevoerd met jetgroutkolommen.
2. Focus op compartiment 10: reparatie compartimenteringscherm 9/10.
3. Focus op compartiment 12: op basis van inzichten uit omgevingsbeïnvloeding (Pleistoceen)
4. Focus op compartiment 13: sturen op omgevingsbeïnvloeding (Pleistoceen)
5. Focus op de vloer: onderzoek naar waterremmendheid van de vloer.

In de hierop volgende subparagrafen worden bovengenoemde stappen beschreven. Bijlage 5 bevat een as-built tekening waarin de locaties van de Texplor-metingen en de uitgevoerde reparaties zijn opgenomen.

3.5.2 *Verdachte gebieden vanuit realisatie*

Gestart is met onderzoek naar verdachte gebieden met betrekking tot de wanden in compartiment 13. Hier zijn, in de fase dat de damwanden nog onverankerd waren, relatief grote vervormingen opgetreden met name bij dienstgebouw 9. Deze verdachte gebieden zijn vervolgens met Texplor doorgemeten [R15].

Een voorbeeld van een resultaat van de Texplor-metingen bij dienstgebouw 8 is weergegeven Figuur 3-7. Hierin geven de blauwgekleurde locaties plekken aan waar een grotere elektrische potentiaal wordt gemeten ten opzichte van de omgeving. Op basis van deze metingen zijn in juni 2014 reparaties uitgevoerd aan de wand van dienstgebouw 8. Na het gereedkomen van de reparaties zijn wederom Texplor-metingen uitgevoerd. Deze metingen gaven aan dat er geen energiedoorvoer meer plaatsvond op deze locaties.

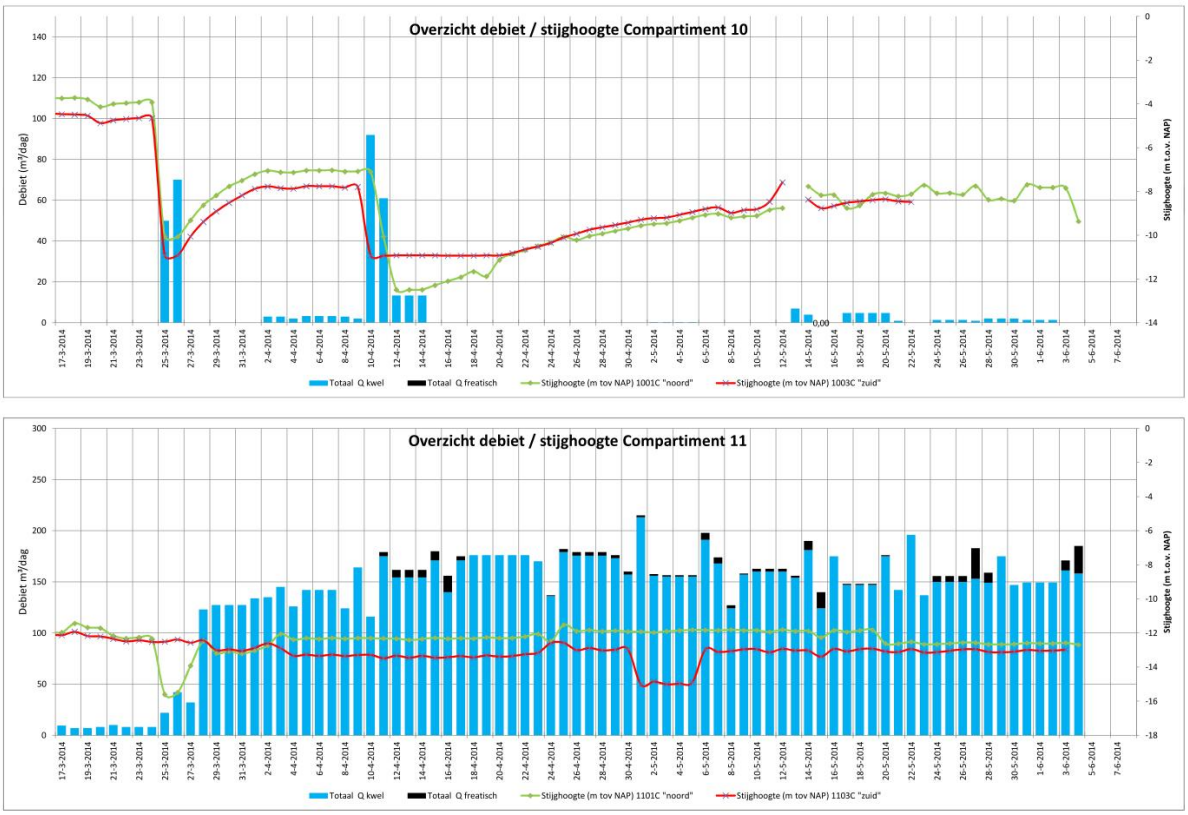


Figuur 3-7 Resultaten Texplor-metingen bij DGB8

3.5.3 *Compartimenteringscherm 9/10*

Op 21 maart 2014 heeft een incident plaatsgevonden in moot 5 (overgang compartiment 9/10). Tijdens het ontgraven van de ankersleuven traden relatief grote damwandvervormingen op in de, dan nog onverankerde, damwanden. De damwanden rond compartimenteringscherm 9/10 drukten hierbij tegen het compartimenteringscherm aan. Hierdoor was de kans groot dat een lekkage was ontstaan op de aansluiting van het compartimenteringscherm op de damwanden.

In de debietmetingen (zie Figuur 3-8) is te zien dat een peilverlaging in compartiment 10 vanaf 23/03/2014 nauwelijks tot een toename van het debiet leidt in compartiment 10, maar wel tot een toename in compartiment 11 van circa 100 m^3/dag (peil in compartiment 11 was al verlaagd). Op basis hiervan werd geconcludeerd dat er water uit compartiment 10 naar compartiment 11 stroomde en dat dit water uit het pleistocene zandpakket buiten compartiment 10 kwam ("de voordeur stond open"). Hierbij moesten zowel compartimenteringscherm 9/10 (kopscherm) als compartimenteringscherm 10/11 lek zijn.



Figuur 3-8 Resultaat debietmetingen compartiment 10 t/m 12 (maart-april 2014)

Vanwege de uitvoeringsvolgorde is gestart met onderzoek aan compartimenteringscherm 10/11. Uit de uitgevoerde Texplor-metingen volgde dat er mogelijk lekkage aanwezig was op de aansluiting van de westwand met compartimenteringscherm 10/11 en wat verder van de wand af. Op deze locaties zijn vervolgens jetgroutkolommen aangebracht (gereed 13/05/2014) en is de wand wederom doorgemeten met Texplor. Hieruit bleek dat de wand dicht was. Het resultaat is een lichte toename van het debiet in compartiment 10, een lichte daling van het debiet in compartiment 11 en een afname van de daling van de stijghoogte in de holocene tussenzandlaag (zie Bijlage 2A, pagina 15 t/m 20) en het Pleistoceen (zie Bijlage 2A, pagina 20 t/m 25).
In een later stadium is ook het compartimenteringscherm 9/10 samen met de wanden van moot 5 met Texplor doorgemeten en zijn reparaties uitgevoerd met jetgroutkolommen (zie Bijlage 5).

3.5.4 *Wel dienstgebouw 8*

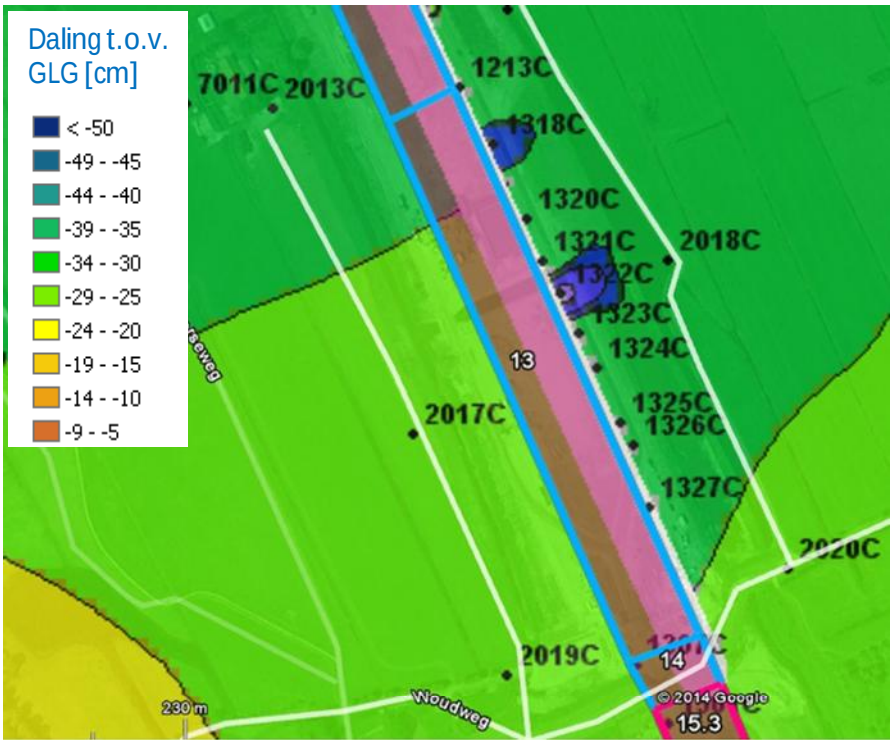
In april 2014 werd een wel geconstateerd op aansluiting van de langswand met het noordelijke dwarsscherm van dienstgebouw 8 (oostzijde compartiment 12). Dit is niet te zien in de debietmetingen, omdat in deze zelfde periode het peil in compartiment 12 werd verlaagd naar circa NAP -16m in verband met de aanleg van het riool. In de gemaakte vergelijking van de stijghoogte in het Pleistoceen ten opzichte van de gemiddeld laagste grondwaterstand werd vanaf dit moment wel een steeds toenemende verlaging aan de oostzijde van compartiment 12 geconstateerd.

Reparatie ter plaatse was lastig wat betreft toegankelijkheid en een hulpconstructie was noodzakelijk om te voorkomen dat het geïnjecteerde grout door het gat in de wand de bouwkuip in stroomde. Op 08/06/2014 was de lekkage uiteindelijk verholpen. Het debiet in compartiment 12 liep daarna met circa 40 à 50 m^3/dag terug.

3.5.5 *Sturen op omgevingsbeïnvoeding (Pleistoceen)*

Vanaf april/mei 2014 is overgegaan van het sturen op debieten naar sturen op omgevingsbeïnvoeding in het Pleistoceen. Dit naar aanleiding van de constatering dat de verschillende reparaties aan de compartimenteringschermen niet tot een grote afname in het debiet leiden.
Om lekkages in de wanden op te kunnen sporen kan dan het beste gebruik worden gemaakt van peilbuismetingen in het Pleistoceen en de holocene tussenzandlaag in combinatie met Texplor-metingen. Hier voor zijn contourplots gemaakt van de afwijking van de stijghoogte in het Pleistoceen ten opzichte van de GLG.

Op basis van de resultaten van deze contourplots is compartiment 13 verder geïnspecteerd. Hierbij zijn Texplor-metingen uitgevoerd en is een fijnmazig peilbuisgrid langs de oost- en westwand van compartiment 13 gezet. De hierbij gevonden afwijkingen (zie Figuur 3-9) vallen samen met locaties waar relatief grote damwandvervormingen hebben plaatsgevonden tijdens het ontgraven van de ankersleuven.



Figuur 3-9 Detail isohypsen van afwijking t.o.v. de GLG t.h.v. compartiment 13

Op basis hiervan zijn reparaties uitgevoerd met jetgroutkolommen op de betreffende locaties (zie Bijlage 5). Deze reparaties zijn terug te zien in een toename van de stijghoogte in het Pleistoceen, maar hebben geen merkbare invloed op het debiet. Dit kan betekenen dat het grotere debiet wordt veroorzaakt door een grotere doorlatendheid van de wand (diffuse lekkage) of door een grotere doorlatendheid van de vloer (Kedichemklei).

In juli 2014 zijn stijghoogtes opgetreden onder de interventiewaarden. Op de locaties met de laagste waarden heeft, om de eventuele effecten te mitigeren, in overleg met het HHD een retourbemaling plaatsgevonden om de grondwaterstand artificieel op te voeren. Deze retourbemaling heeft slechts kort gewerkt doordat de filters zeer snel dichtslibden. Na verloop van tijd en het nemen van overige maatregelen zijn de stijghoogtes weer tot boven de interventiewaardes gestegen.

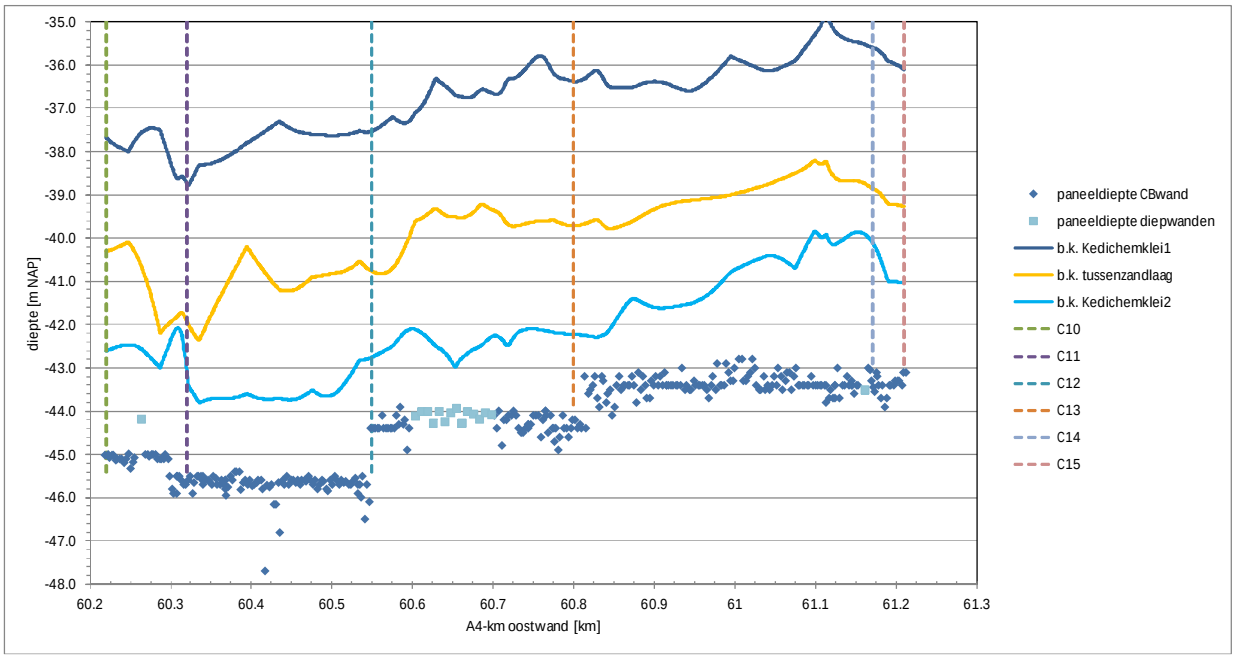
3.5.6 *Waterremmendheid vloer*

Op basis van de effecten van de reparaties van de wanden op de debieten is medio juli 2014 de focus naar de vloer (Kedichemklei) van compartiment 10 tot en met 14 verlegd.

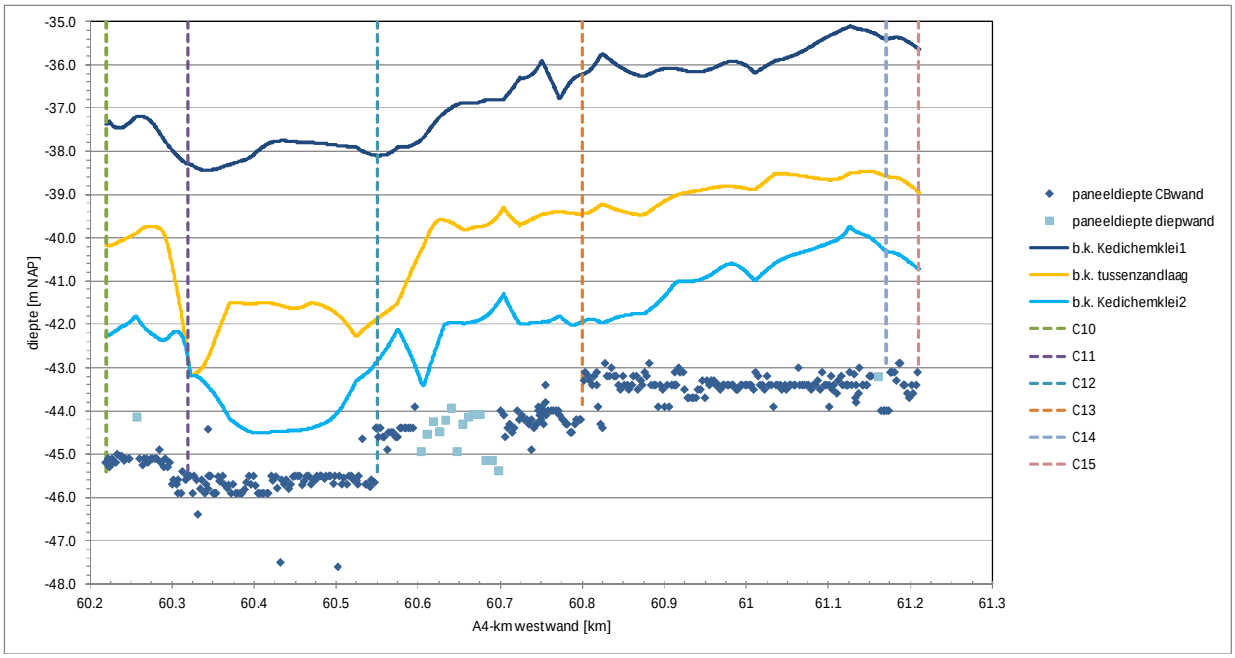
Extra controle diepte wand

Als onderdeel van de kwaliteitscontrole (zie paragraaf 3.4.2) is tijdens het graven van de cementbentoniet- en diepwanden gecontroleerd of deze tot in de tweede Kedichemkleilaag staan. Naar aanleiding van de verhoogde debieten is deze controle nogmaals uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van het (aanvullende) grondonderzoek en de diepteregistratie tijdens het graven van de wanden.

In Figuur 3-10 en Figuur 3-11 is voor respectievelijk de oost- en westwand van compartiment 10 tot en met 14 de diepteligging van de onderkant van de wand (= onderkant grijper) weergegeven ten opzichte van de bovenkant van de eerste Kedichemkleilaag, de bovenkant van de Kedichem-tussenzandlaag (intra-Kedichem) en de bovenkant van de tweede Kedichemkleilaag. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de wand overal ruim in de tweede Kedichemkleilaag staat.



Figuur 3-10 Controle niveau diepwand/CB-wand oostzijde



Figuur 3-11 Controle niveau diepwand/CB-wand westzijde

Sondeeronderzoek

Om nog onopgemerkte kortsluitingen tussen het Pleistocene zandpakket en de tussenzandlaag in de Kedichemklei (intra-Kedichem) op te sporen zijn sonderingen met waterspanningsmeting gecombineerd met geleidbaarheidmetingen uitgevoerd. Tevens zijn in de betreffende intra-Kedichemlaag dissipatietesten uitgevoerd om de stijghoogte in deze zandlaag te kunnen bepalen.

Als er binnen de verdiepte ligging een kortsluiting is tussen het Pleistocene pakket (waarin wordt bemalen) en de intra-Kedichemlaag, dan moet zich in beide lagen na verloop van tijd vrijwel dezelfde stijghoogte instellen.

De geleidbaarheidmetingen zijn uitgevoerd om te bepalen of deze metingen iets kunnen zeggen over de oorsprong van lekwater binnen de Verdiepte Ligging. Ten tijde van het onderzoek was de verwachting dat het grondwater onder de Kedichemklei (tweede watervoerend pakket) relatief zout is ten opzichte van het Pleistoceen. Als de lekkage door de vloer komt, dan zal binnen de kuip het zoutgehalte in het Pleistocene pakket gelijk zijn aan het zoutgehalte in de laag onder de Kedichemklei. Komt de lekkage grotendeels door de wand, dan zal het zoutgehalte in het Pleistoceen binnen de kuip juist lager moeten zijn dan in de laag onder de Kedichemklei.

Dit grondonderzoek is op een drietal locaties in de Verdiepte Ligging uitgevoerd:

- SCK60600: compartiment 12 aan de noordzijde van het ecoaquaduct
- SCK60850: noordzijde compartiment 13
- SCK61105: zuidzijde compartiment 13 (t.h.v. dienstgebouw 9)

Daarnaast is ter referentie 1 sondering op de parkeerplaats bij de Koepelkeet (KOEPEL01) uitgevoerd.

Uit de geleidbaarheidmetingen blijkt dat er geen duidelijk onderscheid is in zoutgehalte in de ongestoorde situatie (KOEPEL01) en binnen de kuip. Daarnaast is gebleken dat er zich aan de bovenzijde van het tweede watervoerend pakket een zoetwaterbel bevindt (zie resultaten chemische analyses in paragraaf 3.5.8). Met de geleidbaarheidmetingen is dus niet te bepalen welk watervoerend pakket (eerste of tweede) de bron is van het lekdebiet.

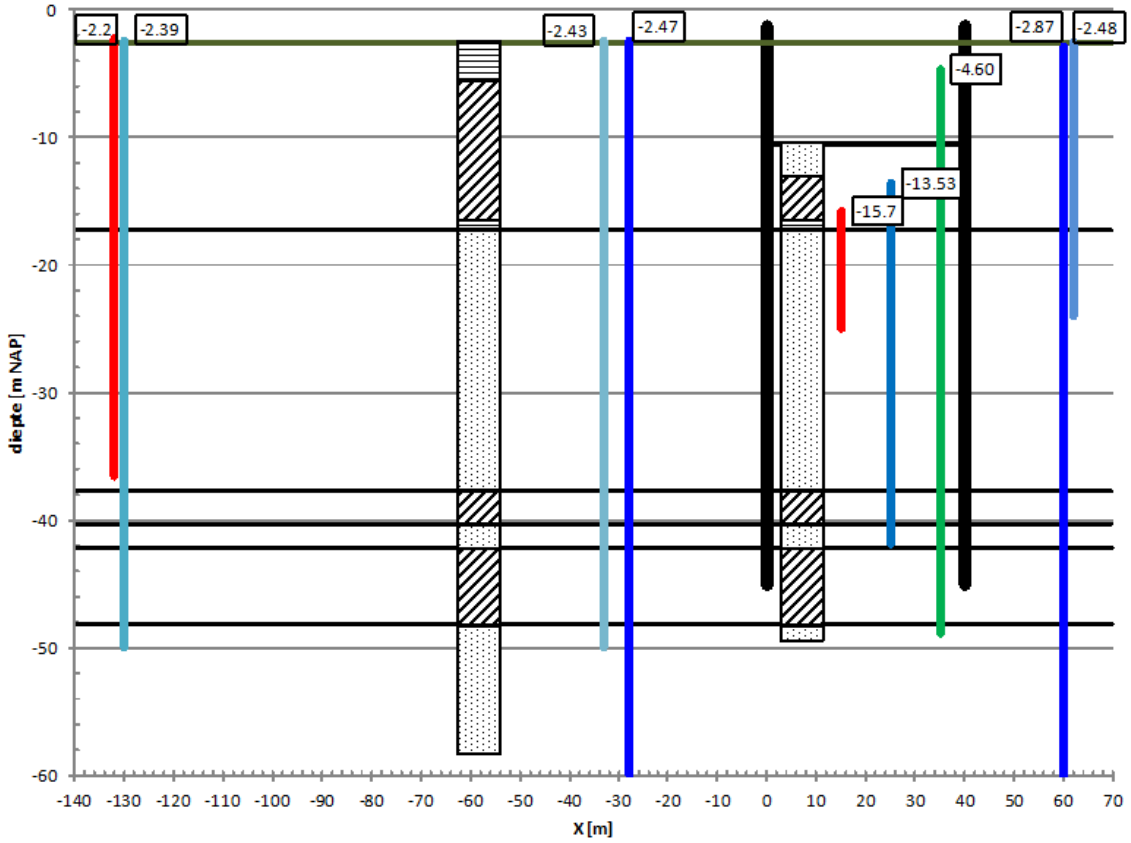
Uit de dissipatietesten volgde dat:

- in compartiment 12 (SCK60600) de stijghoogte in de intra-Kedichemlaag 2 à 2,4m hoger is dan in het Pleistoceen erboven. Geconcludeerd wordt dat hier geen directe verbinding is tussen het Pleistoceen en de tussenzandlaag.
- in compartiment 12 (SCK60600) de stijghoogte in het tweede watervoerend pakket onder de kuip circa 2,2m lager is dan in de diepe peilbuis (1201D) buiten de kuip wordt gemeten. Dit wijst er op dat er water vanuit het tweede watervoerend pakket de kuip in komt (lekkage door de vloer).
- in compartiment 13-noord (SCK60850) de stijghoogte in de intra-Kedichemlaag circa 4,7m hoger is dan in het Pleistoceen Geconcludeerd wordt dat hier geen directe verbinding is tussen het Pleistoceen en de intra-Kedichemlaag.
- in compartiment 13-zuid (SCK61105) de stijghoogte in de intra-Kedichemlaag 0,8m hoger of gelijk is aan de stijghoogte in het Pleistoceen. Geconcludeerd wordt dat hier de waterremmendheid van de eerste Kedichemkleilaag lager is dan bij het Ecoaquaduct (SCK60600).
- bij de Koepelkeet (KOEPEL01) de stijghoogte in de intra-Kedichemlaag (NAP -5,16m) en de bovenzijde van het tweede watervoerend pakket (NAP -4,7m) circa 2 m lager is dan verwacht. Peilbuis 1401D (naast de RWS-keet ter hoogte van compartimenteringscherm 14/15 en filterdiepte NAP -60m) geeft echter geen beïnvloeding aan (stijghoogte NAP -2,39m).

Naar aanleiding van de afwijkende resultaten bij de Koepelkeet is een peilbuis geplaatst op deze zelfde locatie met een filterdiepte van NAP -50m. Hier wordt geen afwijking in stijghoogte geconstateerd. Op basis hiervan en het feit dat de dissipatietest is uitgevoerd in een zeer gelaagd pakket (Wadafzetting) worden de resultaten van de dissipatietest niet betrouwbaar geacht.
Ter controle zijn tevens in compartiment 12 en 13 in de intra-Kedichemlaag peilbuizen geplaatst. Deze bevestigden de resultaten van de dissipatietesten in deze laag.

Op basis van de peilbuismetingen in het eerste en het tweede watervoerend pakket en de resultaten van de dissipatietesten in compartiment 12, is Figuur 3-12 samengesteld. De waarden voor de verschillende stijghoogtes zijn geldig voor de periode dat in compartiment 12 nog werd bemalen tot circa NAP-16m.

In Figuur 3-12 zijn de wanden van compartiment 12 als referentie genomen. Hierbij wordt opgemerkt dat de meetpunten niet in één raai liggen, maar een andere kilometrering hebben. De uitgevoerde dissipatietest binnen de kuip en de peilbuizen aan de rechterzijde van de oostwand bevinden zich rond het ecoaqauduct. De peilbuizen links van de westwand bevinden zich bij de RWS-keet en de Koepelkeet. De westwand bevindt zich op X=0m. De afstand van de verschillende meetlocaties loodrecht op de wanden is bepaald en op de X-as gezet.



Figuur 3-12 Stijghoogtes in 1e en 2e watervoerend pakket en intra-Kedichemlaag

Uit Figuur 3-12 blijkt dat er weinig stijghoogteverschil zit tussen het eerste en het tweede watervoerend pakket. Ook is het stijghoogteverschil tussen het Pleistoceen binnen de kuip (NAP -15,7m) en de intra-Kedichemlaag binnen de kuip (NAP -13,53m) te zien. Aan de bovenkant van het tweede watervoerend pakket onder de kuip wordt een stijghoogte van NAP -4,6m gemeten (dissipatietest) op een diepte van circa NAP -49m. Buiten de kuip wordt op NAP -60m op circa 20m uit de wand een stijghoogte van NAP -2,87m gemeten. Dit laatste aspect maakt een grote lekkage door de vloer juist weer minder waarschijnlijk (door de aard van de constructie blijft er wel kwelwater door de Kedichemklei/vloer de kuip in komen).

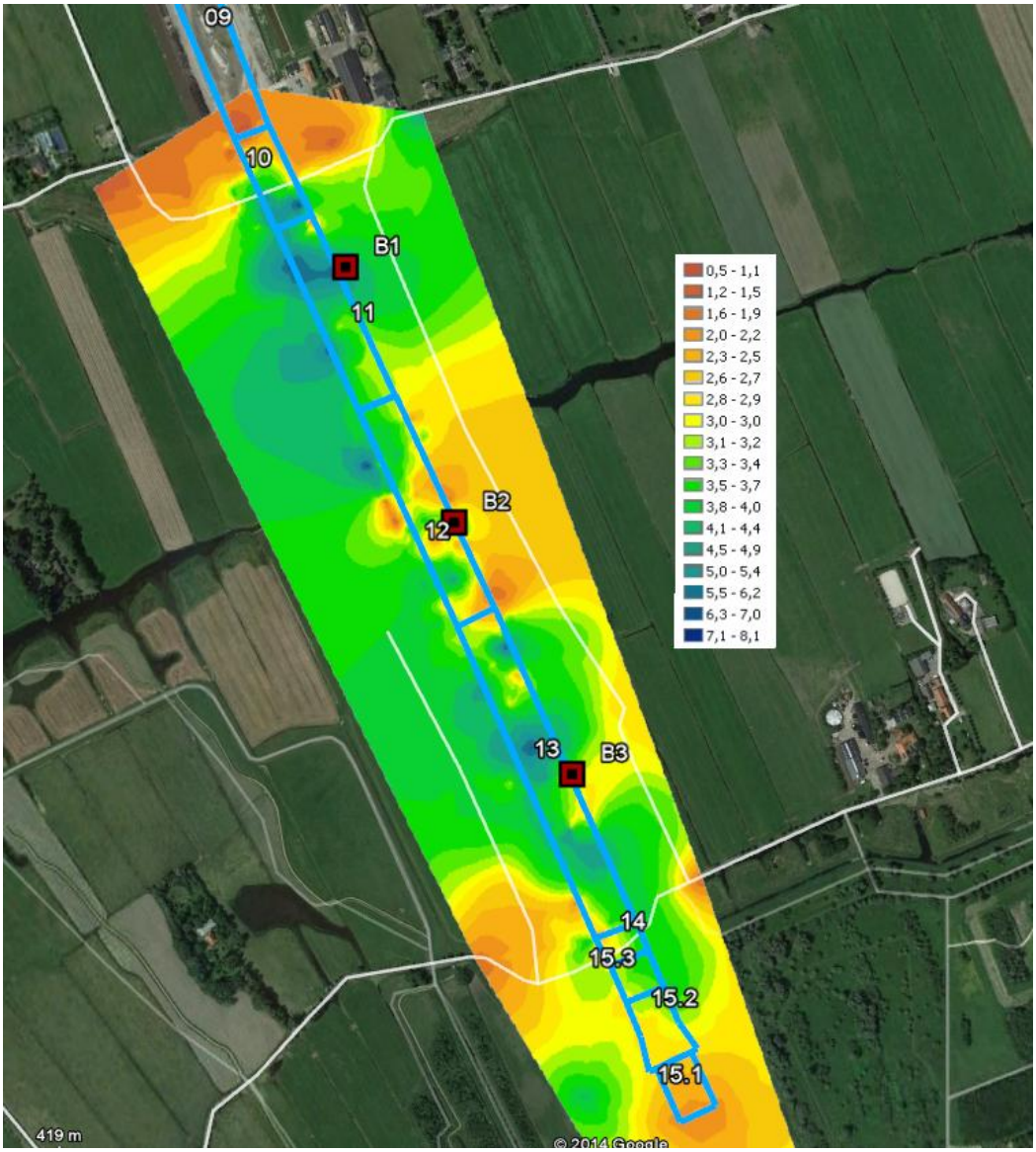
Echter, de sondering die bij de Koepelkeet is uitgevoerd is circa 3m dieper in het tweede watervoerend pakket gekomen dan SCK60600. Hieruit blijkt dat de bovenkant van het tweede watervoerend pakket zeer gelaagd is van opbouw (Wadafzetting). Hierdoor kan het mogelijk zijn dat de peilbuis op NAP -60m geen verlaging registreert, maar dat boven dit niveau wel water wordt onttrokken.

Analyse doorlatendheid Kedichemklei

Tijdens de onderzoeken zijn zowel binnen als buiten de kuip een groot aantal extra sonderingen uitgevoerd tot in de Kedichemformatie. Op basis van 143 sonderingen (zie Figuur 3-13) tot in, en lokaal zelfs door, de kleilagen van Kedichem is aan de hand van een artikel van Robertson [R15] een indicatie van de doorlatendheid van deze Kedichem kleilagen gemaakt. Deze methodiek is nog geen standaardmethodiek en nog weinig praktijkervaring mee. Er moet dus voorzichtigheid worden betracht met de absolute waarden van doorlatendheden die hieruit volgen. Echter, de methode is wel bruikbaar om verschillen in doorlatendheden te kunnen bepalen.

Figuur 3-13 Locatie sonderingen tot in Kedichemformatie in TD3

In Figuur 3-14 zijn de resultaten van de bepaling van de doorlatendheden volgens Robertson weergegeven, waarbij de meest doorlatende locatie een (fictieve) waarde van 10 heeft en de meest ondoorlatende locatie een waarde van 0. In deze zelfde figuur zijn tevens de locaties van de voor het ontwerp gemaakte boringen B1 tot en met B3 (zie ook paragraaf 3.4.1) weergegeven.



Figuur 3-14 Variabiliteit doorlatendheid Kedichemkleien en locatie Kedichemboringen

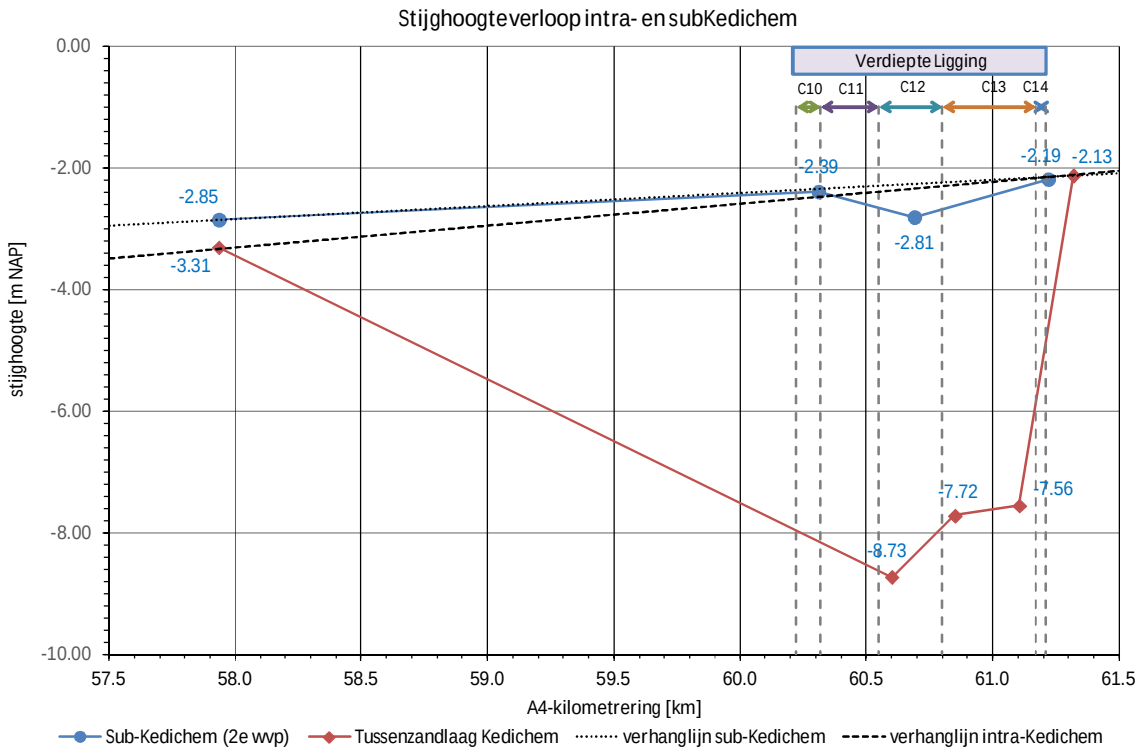
Uit deze verdeling komt naar voren dat met name onder compartiment 13 (relatief) hoge doorlatende locaties voorkomen. Onder compartiment 10 is de doorlatendheid juist laag.
Uit de falling-headproeven volgden de grootste doorlatendheden uit de monsters van boring B1 correlerend met de doorlatende zone in compartiment 11. Uit Figuur 3-14 komt naar voren dat lokaal hogere doorlatendheden voor komen dan op basis van de boringen verwacht mocht worden.

Zoals hiervoor reeds is genoemd moet voorzichtigheid worden betracht met de absolute waarde van de doorlatendheidbepaling op basis van sonderingen. Het is echter interessant om de gemiddelde waarde van de doorlatendheid in compartiment 10 tot en met 14 te vergelijken met de resultaten van de laboratoriumproeven. Uit de sonderingen volgt een gemiddelde doorlatendheid van $2{,}59 \times 10^{-3}$ m/dag. Voor het ontwerp is gerekend met een rekenwaarde van 1, 5 x $3{,}8 \times 10^{-4}$ m/dag = $5{,}7 \times 10^{-4}$ m/dag. De 99%-onderschrijdingswaarde (bovengrens) van de doorlatendheid uit de labproeven is $2{,}5 \times 10^{-3}$ m/dag. Deze bovengrenswaarde komt dus zeer goed overeen met de gemiddelde waarde uit de sonderingen. Dit betekent dan dat de doorlatendheid van de Kedichemklei waarmee is gerekend aan de lage kant is ten opzichte van de gemiddelde waarde uit de sonderingen, ondanks dat hiervoor conservatieve aannames zijn gedaan.

Aanvullend hier op is geconstateerd dat het wrijvingsgetal van de beide Kedichemkleilagen rond compartiment 12 relatief laag is (circa 2%) ten opzichte van andere locaties (3 à 4%). Dit duidt op een hoger zandgehalte in de Kedichemklei.

3.5.7 *Stijghoogteverloop diepe watervoerende lagen*

Uit de in de voorgaande paragrafen genoemde dissipatietesten bleek dat de stijghoogte in de tussenzandlaag in de Kedichem-formatie (intra-Kedichem) en het tweede watervoerend pakket (sub-Kedichem) ter onder de verdiepte ligging was verlaagd. Om dit verder te verifiëren zijn extra peilbuizen geplaatst in de intra-Kedichemlaag binnen de kuip en zijn extra peilbuizen buiten de kuip geplaatst in de intra-Kedichemlaag en het tweede watervoerend pakket. Hierbij zijn aan de oostzijde van de Zuidkade referentiebuizen geplaatst in de verschillende watervoerende pakketten waaronder intra- en sub-Kedichem. Het stijghoogteverloop hiervan langs het tracé is weergegeven in Figuur 3-15. Hierbij zijn de peilbuislocaties loodrecht op de wegas geprojecteerd en uitgezet tegen de kilometrering van het tracé. In de figuur zijn met streeplijnen de grenzen van de verschillende compartimenten van de verdiepte ligging aangegeven. De metingen bij compartiment 12 en 13 zijn in intra-Kedichemlaag binnen de kuip. De overige metingen zijn in peilbuizen naast de kuip/wegconstructie.



Figuur 3-15 Stijghoogtes intra- en sub-Kedichem

Uit Figuur 3-15 blijkt dat de stijghoogte in beide lagen toeneemt richting het zuiden. In het tweede watervoerend pakket is het verschil circa 0,65m, wat overeenkomt met het verloop van de isohypsen in dit pakket. De stijghoogte in de intra-Kedichemlaag vertoont een soortgelijk verloop. Ter hoogte van de Zuidkade is de stijghoogte circa 0,45m lager dan in het tweede watervoerend pakket. Ter hoogte van compartiment 15/Koepelkeet is de stijghoogte in deze laag zelfs iets (0,06m) hoger dan in het tweede watervoerend pakket.

In Figuur 3-15 is duidelijk te zien dat de stijghoogte in de intra-Kedichemlaag binnen de kuip sterk is verlaagd, waarbij de grootste verlaging bij compartiment 12 optreedt. Als de punten met elkaar worden verbonden met een rechte lijn die buiten de invloedsfeer liggen van de verdiepte ligging, dan kan het volgende worden geconcludeerd:

- de verlaging in het tweede watervoerend pakket naast compartiment 12 (ca. 25m vanaf de oostwand) bedraagt circa 0,55m. Bij de overige compartimenten (10 en 14) is de verlaging marginaal.
- de verlaging in de intra-Kedichemlaag in compartiment 12 bedraagt circa 6,35m. De stijghoogte is wel circa 1,8m hoger dan de stijghoogte in het Pleistoceen binnen de kuip (NAP -10,56m).
- de verlaging in de intra-Kedichemlaag in compartiment 13-noord (km60.85) bedraagt circa 5,45m. De stijghoogte is wel circa 2,65m hoger dan het niveau van de uitloop van de dichtstbijzijnde ontlastbron in de kuip (NAP -10,38m).
- de verlaging in de intra-Kedichemlaag in compartiment 13-zuid (km61.105) bedraagt circa 5,35m. De stijghoogte is wel circa 0,95m hoger dan het niveau van de uitloop van de dichtstbijzijnde ontlastbron in de kuip die water geeft (NAP -8,51m).

De resultaten bevestigen het beeld dat volgde uit de dissipatietesten (zie paragraaf 3.5.6 en Figuur 3-12).

3.5.8 *Chemische analyse watermonsters*

Om toch uitsluitsel te krijgen over de herkomst van het opgepompte water in de verschillende compartimenten zijn in november 2014 watermonsters genomen. Deze watermonsters zijn representatief voor de stationaire situatie, omdat het van oorsprong pleistocene water binnen de kuip in de periode waarin de verdiepte ligging reeds wordt bemalen (sinds november/december 2013) is vervangen door kwelwater.

Vijf watermonsters zijn afkomstig uit de verschillende compartimenten (10-14). Deze vijf zijn vergeleken met water afkomstig uit het Pleistoceen (peilbuis 7010C, stroomopwaarts van de verdiepte ligging), en met water afkomstig uit de zanden onder de kleilagen Kedichem (Sub-Kedichem; peilbuis 1201D en 1234D). In Bijlage 6 is een uitgebreide rapportage van deze chemische analyse opgenomen.

In Figuur 3-16 is de verdeling per compartiment weergegeven van het aandeel van het pleistocene kwelwater. Hierbij wordt opgemerkt dat de hier gepresenteerde percentages een indicatie geven en geen hard getal.

In compartiment 10 is de invloed van het Pleistoceen het geringst, waarbij wordt opgemerkt dat het debiet in dit compartiment zo gering is (0,5 m^3/dag), dat weinig waarde moet worden gehecht aan de uitkomst voor dit compartiment.
In compartiment 14 is de instroom van Pleistoceen kwelwater met 94% relatief het grootst.

Figuur 3-16 Aandeel Pleistoceen kwelwater per compartiment

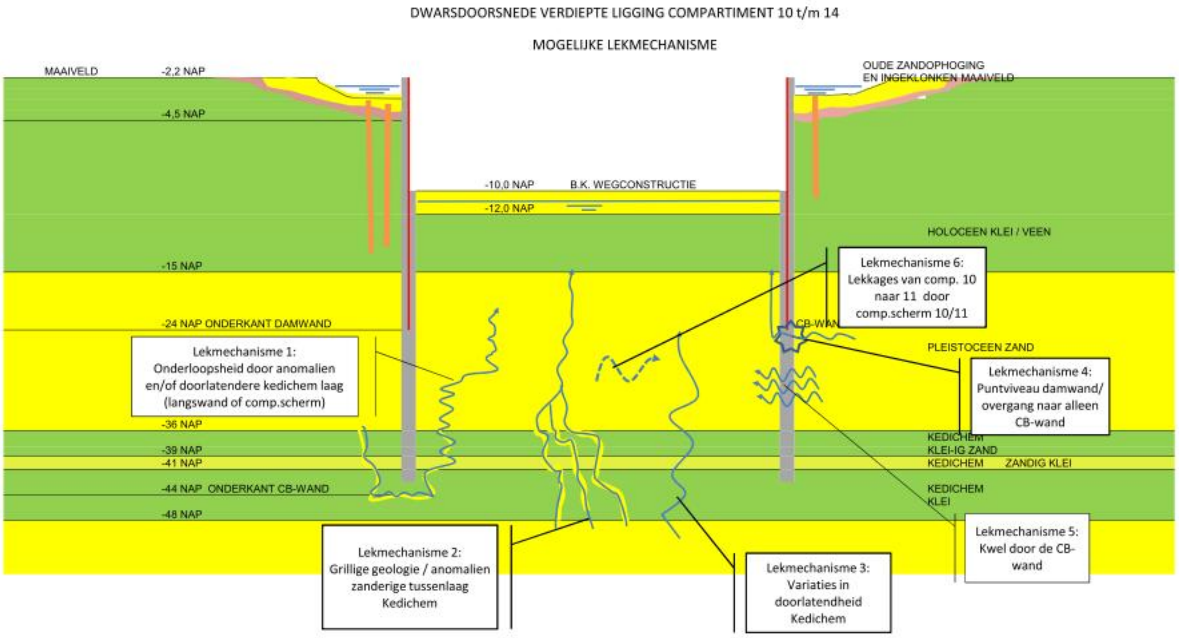
Op basis van deze analyses wordt gesteld dat gemiddeld 80% van het grondwater uit het Pleistoceen afkomstig is en 20% van onder de Kedichemkleien komt. Deze globale verdeling van de herkomst van het kwelwater is in hoofdstuk 4 als basis gebruikt voor de geohydrologische analyse van de lekmechanismen en de daaruit volgende effecten op de omgeving (hoofdstuk 5).

3.5.9 *Meest waarschijnlijke lekkagemechanismes*

Het ontwerp van de verdiepte ligging is gemaakt met de toen beschikbare informatie (2012) en is getoetst en bevestigd door diverse deskundigen. Dat de debieten in de praktijk hoger blijken uit te vallen en de debieteis overschrijden is niet (alleen) het gevolg van lekkages in/door de wanden, maar ook door een hogere doorlatendheid van de vloer dan aangenomen tijdens het ontwerp.

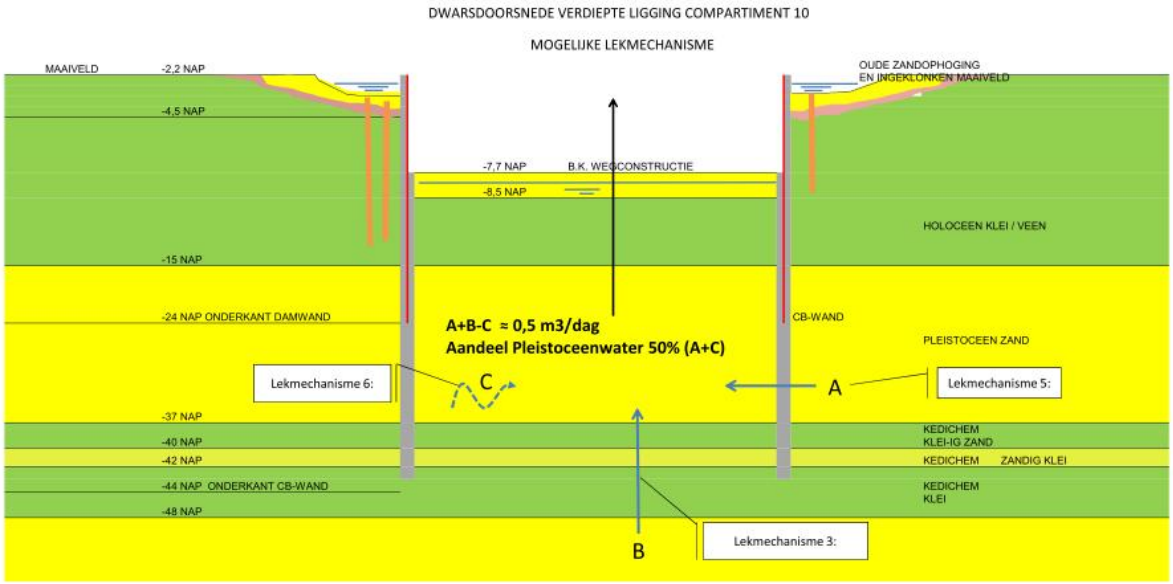
Op basis van de verschillende onderzoek- en meetresultaten is een nieuwe inventarisatie gemaakt van de meest waarschijnlijke lekkagemechanismen voor compartiment 10 tot en met 14. Deze zijn grafische weergegeven in Figuur 3-17 en met en worden hieronder besproken:

1. Onderloopsheid door anomalieën: uit de controle van de graafdieptes in relatie tot de laagniveaus blijkt dat de wand overal voldoende diep in de tweede Kedichemkleilaag zit, zoals beoogt. Echter, ter plaatse van de compartiment 12 kan er een verbinding zijn tussen het eerste en tweede watervoerend pakket, door de relatief zandige Kedichemklei ter plaatse (zie paragraaf 3.5.6).
2. Grillige geologie/anomalieën zanderige tussenlaag Kedichem: door het afzettingsmilieu kunnen lokaal zanderige lagen voorkomen in de Kedichemklei.
3. Variaties in doorlatendheid van Kedichem: uit de analyses blijkt dat er verschillen zijn in doorlatendheid van de Kedichemkleilagen. Daarnaast blijkt dat de herkomst van het kwelwater varieert per compartiment.
4. Overgang damwand/CB-wand: dit lekmechanisme kan optreden bij relatief grote damwanddeformaties. Deze locaties zijn opgespoord en gerepareerd door middel van jetgroutkolommen tot onder het niveau van de overgang.
5. Kwel door de CB-wand: uit de kwaliteitscontrole van de cementbentonietmonsters is gebleken dat de doorlatendheid van het mengsel voldoet aan de ontwerpeisen. Echter, op basis van de debietmetingen, de herkomst van de debieten en het feit dat er geen lekken meer zijn aangetroffen, kan worden geconcludeerd dat de doorlatendheid van de CB-wanden groter is dan verwacht (diffuse lekkage).
6. Lekkage van compartiment 10 naar 11: de gemeten debieten in compartiment 10 zijn nihil. Dit wordt onwaarschijnlijk geacht. Een verklaring hiervoor is een lekkage via de compartimenteringswand naar compartiment 11 (niveau uitsroomniveau ontlastbronnen in compartiment 11 is lager dan in compartiment 11).

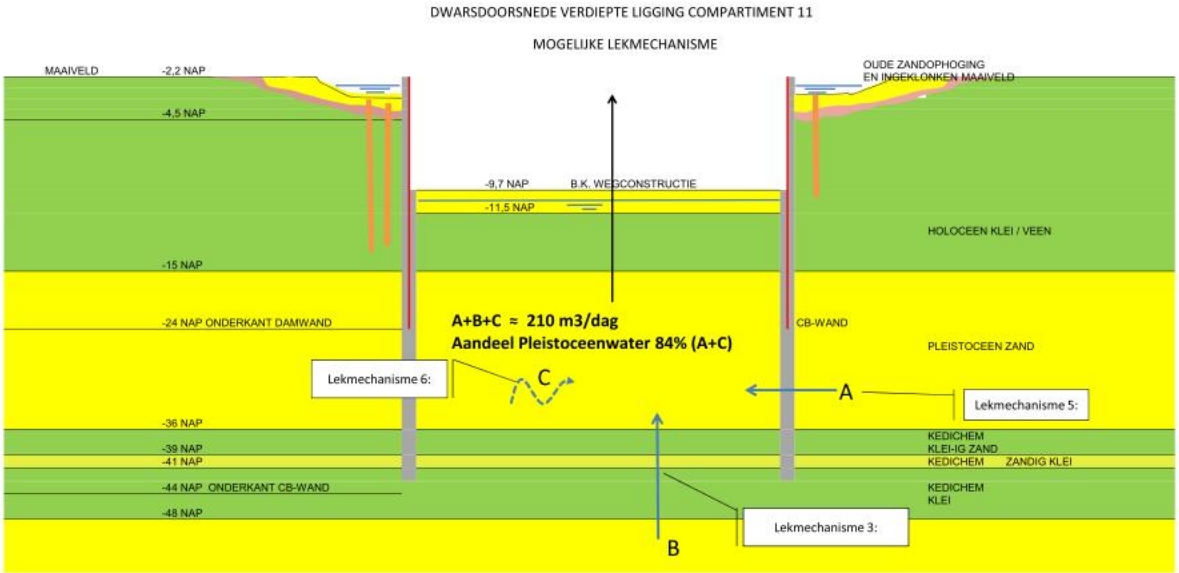


Figuur 3-17 Mogelijke lekkagemechanismen compartiment 10 t/m 14

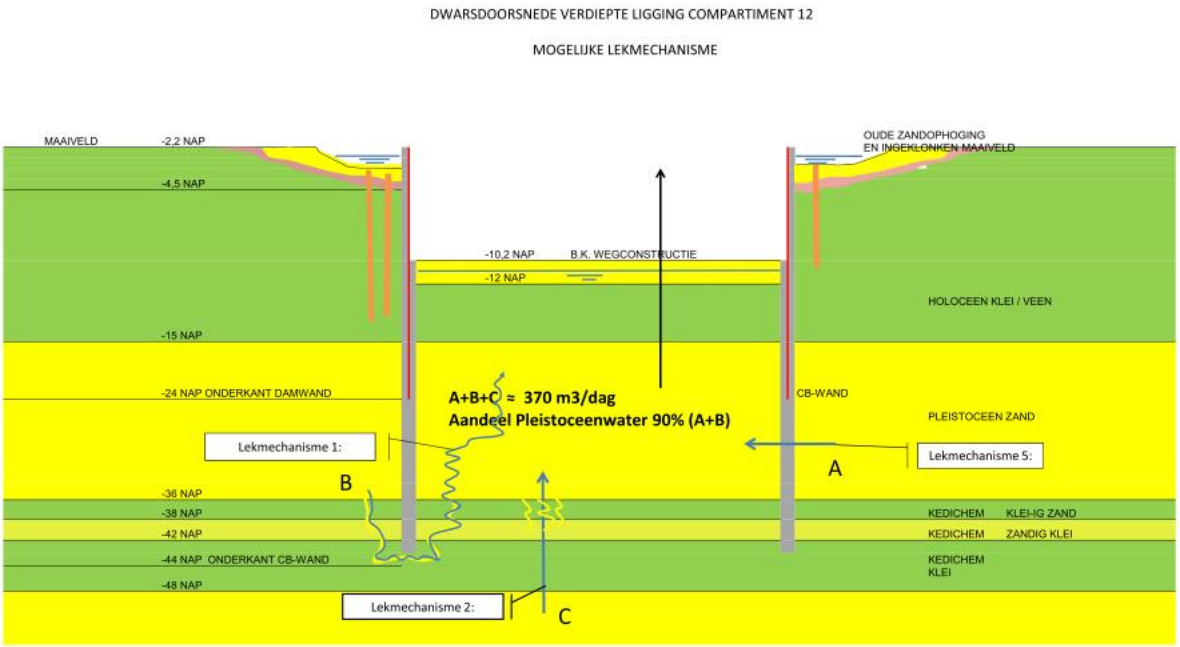
Vervolgens is met dit pakket aan lekkagemechanismen een analyse per compartiment gemaakt. De resultaten hiervan zijn grafisch weergegeven in Figuur 3-18 tot en met Figuur 3-22.



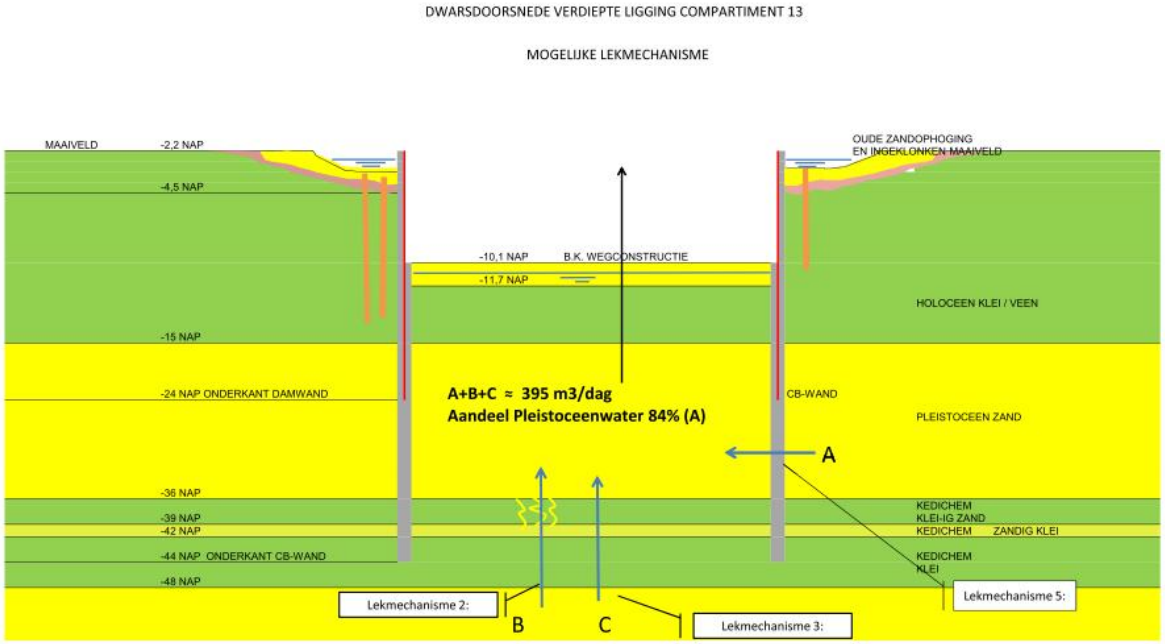
Figuur 3-18 Meest waarschijnlijke lekkagemechanismen compartiment 10



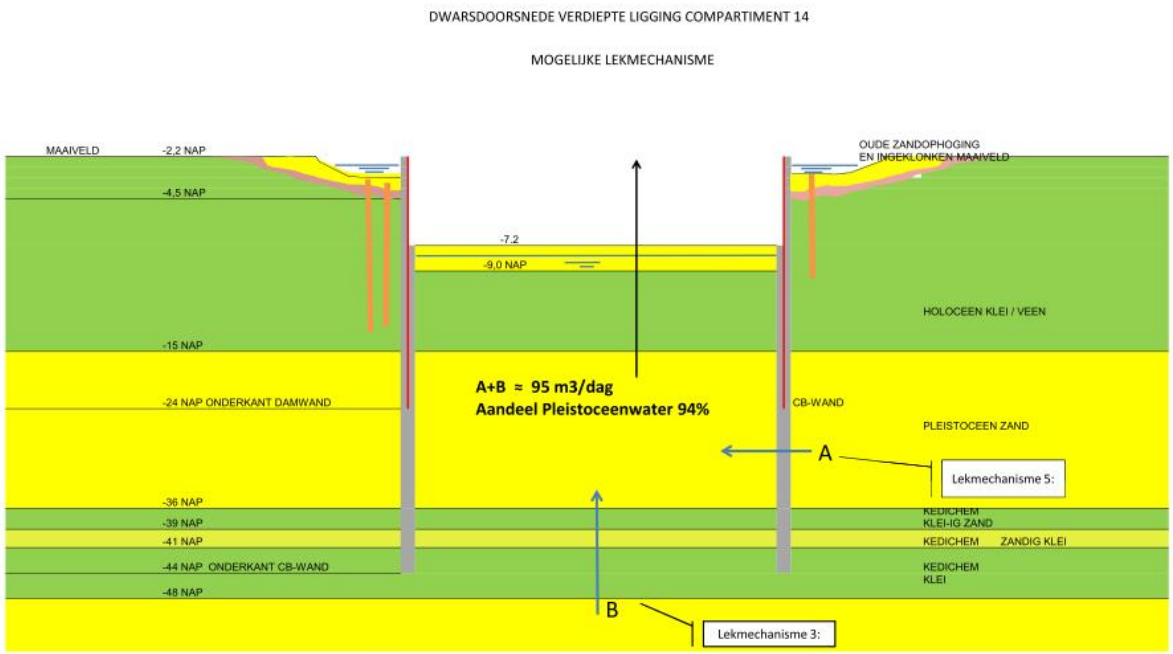
Figuur 3-19 Meest waarschijnlijke lekkagemechanismen compartiment 11



Figuur 3-20 Meest waarschijnlijke lekkagemechanismen compartiment 12



Figuur 3-21 Meest waarschijnlijke lekkagemechanismen compartiment 13



Figuur 3-22 Meest waarschijnlijke lekkagemechanismen compartiment 14

In Tabel 3-2 zijn deze meest waarschijnlijke lekkagemechanismen en de herkomst van het kwelwater samengevat. Hierin is tevens aangegeven welk percentage van het kweldebiet zijn oorsprong vindt in het Pleistocene zandpakket (1^{e} watervoerend pakket) op basis van de chemische analyse van het kwelwater. Als startpunt voor de vervolganalyse met de geohydrologische modellen is een gemiddelde verhouding van 80% van het kwelwater uit het eerste watervoerend pakket en 20% uit het tweede watervoerend pakket aangehouden.

compartiment	lekkagemechanisme[1)]						aandeel kwel uit 1^{e} wvp
	1	2	3	4	5	6	
10			B		A	C	A+C=50%
11			B		A	C	A+C=84%
12	B	C			A		A+B=90%
13		B	C		A		A=84%
14			B		A		A=94%
1) de hier gebruikte lettercodering verwijst naar de letters zoals gebruikt in Figuur 3-18 tot en met Figuur 3-22							

Tabel 3-2 Overzicht lekmechanismen per compartiment en herkomst water

Bij compartiment 12 wordt een deel van het Pleistocene water mogelijk vanuit het eerste watervoerend pakket onder de wand door getransporteerd naar de binnenzijde van de kuip.
De waterremmendheid van de Kedichemkleilagen in het zuidelijke deel van compartiment 13 is lager dan in het noordelijke deel, mogelijk door zanderige insluitingen.

Mede naar aanleiding hiervan is besloten om, als het bouwproces dit toe laat, het peil in de compartimenten zo snel mogelijk naar het eindniveau te brengen. Daarbij is het peil binnen de kuip circa 1,5m hoger gezet (bovenkant asfalt) dan in het oorspronkelijke ontwerp (onderkant drain). Deze ruimte zat nog in het (constructief) ontwerp. Eind juli 2014 is begonnen om de peilen stapsgewijs omhoog te brengen. Vanaf 1 september 2014 zijn alle pompen uitgezet en wordt het peil in het Pleistoceen binnen de compartimenten bepaald door de ontlastbronnen (zie Bijlage 8),

waarvan de uitstroomopening is aangebracht op het niveau van de bovenkant van het asfalt ter plaatse. Dit is het permanente systeem.

Het omhoog brengen van het peil binnen de compartimenten 10 tot en met 14 (gemiddelde afname van verhang met 20 à 30%) heeft geresulteerd in een afname van het debiet in de verdiepte ligging van circa 25% (zie paragraaf 2.5.2).

Nu de meest waarschijnlijke lekkagemechanismen voor de verdiepte ligging ook bekend zijn, zijn kunnen ook de uitgangspunten worden bepaald (doorlatendheden van wanden en vloer) voor de geohydrologische modellen. De resultaten hieruit worden vervolgens getoetst met de peilbuismetingen. Hiermee kan de relatie tussen het lekmechanisme en de herkomst van het kwelwater worden bevestigd/geverifieerd. Op basis van de resultaten van deze geverifieerde modellen kan het effect van de debieten op de freatische peilen en de stijghoogtes in het eerste en tweede watervoerend pakket worden bepaald (omgevingsbeïnvloeding) nu en in de toekomst. Dit wordt verder uitgewerkt in het hierop volgende hoofdstuk. Op basis van de modeluitkomsten kunnen de effecten in de omgeving worden bepaald (hoofdstuk 5).

4 Geohydrologische analyse lekmechanismen

4.1 Inleiding

In paragraaf 3.2.1 en 3.5.9 zijn de meeste waarschijnlijke lekmechanismen aangegeven voor respectievelijk de half verdiepte en de verdiepte ligging. In dit hoofdstuk worden deze lekmechanismen beschouwd op basis van de gemeten debieten, grondwaterstanden en stijghoogtes. Het uiteindelijke doel hiervan is om op basis van de resultaten van de berekeningen met het geijkte Delfland- of DSM-model in hoofdstuk 5 de afwijkingen te kunnen toetsen aan de doelstellingen van het waterbeheer.

Voor de half verdiepte ligging is het lekmechanisme bekend (kleinere dikte of een grotere doorlatendheid van de ongestoorde waterremmende laag onder de punt van de zandpalen). Daarom is de beschouwing van dit tracédeel voorafgaand aan de analyse met het Delfland-model door Deltares beperkt tot:

- de bepaling van de herkomst van het kwelwater (holocene tussenzandlaag of Pleistoceen)
- een analyse van een tweetal meetraaien met peilbuizen.

Voor de verdiepte ligging is in paragraaf 3.5.9 een meest waarschijnlijk lekmechanisme vastgesteld, waarbij circa 80% van het kwelwater door de wand komt en circa 20% door de vloer. Voordat deze bevinding als invoerparameter voor het (uitgebreide) Delfland-model wordt gebruikt, wordt deze bevinding eerst gecontroleerd met eenvoudigere modellen. Hierbij wordt van grof naar fijn gewerkt . Daarnaast wordt een drietal meetraaien met peilbuizen geanalyseerd.

4.2 Half Verdiepte Ligging

4.2.1 *Herkomst kwelwater*

Uit paragraaf 2.8 volgt dat bij de half verdiepte ligging alleen de debieteis wordt overschreden bij compartiment 6 en 7. Dit wordt hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door een kleinere dikte of een grotere doorlatendheid van de ongestoorde waterremmende laag onder de punt van de zandpalen. Ook voor de overige compartimenten van de half verdiepte ligging en voor compartiment 9 en 15 van de verdiepte ligging bepaald dit mechanisme het kweldebiet. Op basis van dit mechanisme, de diepte van de wandconstructie en de laagopbouw is vervolgens vastgesteld op welk watervoerend pakket (holocene tussenzandlaag of Pleistoceen) het kweldebiet invloed heeft. Dit is samengevat in Tabel 4-1.

compartiment	soort wand	diepte wand [m NAP]	watervoerend pakket
1 t/m 4	CB met folie	-19	Pleistoceen
5 t/m 8	CB	-7,5	Holocene tussenzandlaag
9	damwand	-22,0 tot -26,0	Pleistoceen
15	damwand	-20,0 tot -25,0	Pleistoceen

Tabel 4-1 Herkomst kwelwater TD2 en compartiment 9 en 15

Hieronder volgt een korte verklaring voor de herkomst van het kwelwater:

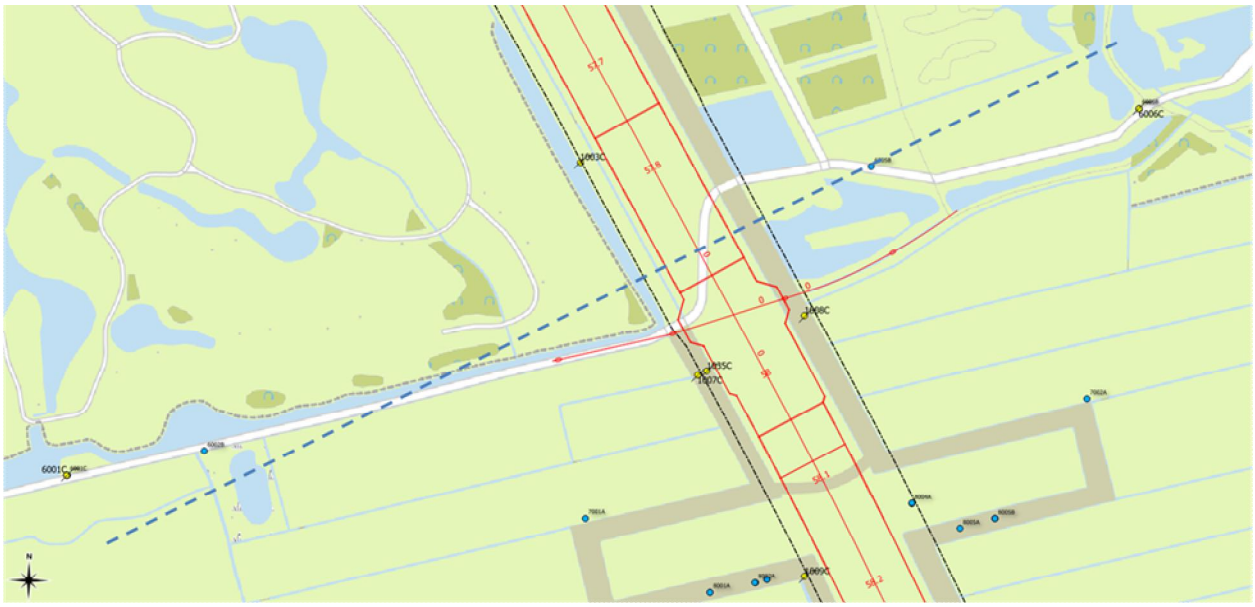
- In compartiment 1 tot en met 4 komt weliswaar de holocene tussenzandlaag voor, maar deze wordt afgesloten door de cement-bentonietwand met folie die tot in het Pleistoceen is aangebracht.
- Bij compartiment 9 komt een diepgelegen holocene tussenzandlaag voor, maar deze wordt afgesloten door de damwanden die tot in het Pleistoceen zijn aangebracht.

- Bij compartiment 15 komt geen holocene tussenzandlaag voor en zijn damwand aangebracht tot in het Pleistoceen.
- Bij compartiment 5 tot en met 8 zijn de cement-bentonietwanden overwegend tot NAP -7,5m aangebracht. De holocene tussenzandlaag zit hier diep. Lokaal zijn nog cement-bentonietwanden met folie aangebracht tot NAP -15m en NAP -12m, echter deze reiken niet tot in de diepe holocene tussenzandlaag. Deze wanden zijn enkel bedoeld om hoger gelegen zandlenzen af te sluiten. Daarom is het aannemelijk dat het kwelwater uit de holocene tussenzandlaag komt.

Deze uitgangspunten zijn door Deltares gebruikt als invoer voor de analyse met het Delfland-model. Hierbij wordt opgemerkt dat er in het Delfland-model geen verbinding is tussen de holocene zandlaag en het Pleistoceen, terwijl dit in werkelijkheid wel het geval is (zie Bijlage 8). Hierdoor wordt een grotere verlaging van de stijghoogte in de holocene tussenzandlaag berekend dan in werkelijkheid zal optreden. Dit is conservatief voor de bepaling van de effecten op de omgeving.

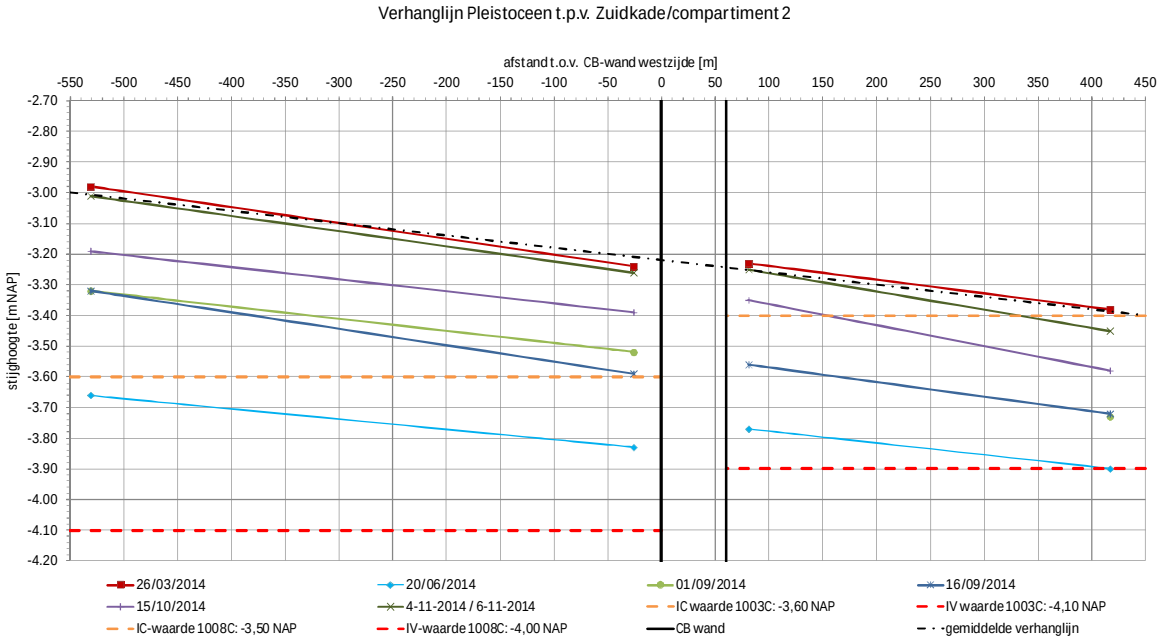
4.2.2 *Referentieraai Zuidkade*

Ter plaatse van de half verdiepte ligging is één referentieraai met peilbuizen aangebracht. De locatie van deze referentieraai is ter hoogte van de Zuidkade (zie Figuur 4-1).



Figuur 4-1 Locatie raai Zuidkade

Het gemiddelde verhang in het Pleistoceen ter plaatse is circa 0,5m/km (zie Figuur 2-3). Dit komt overeen met het verhang van de gemeten peilbuizen in deze raai (zie Figuur 4-2). Ter referentie is de verhanglijn opgenomen in de figuur (“gemiddelde verhanglijn”).



Figuur 4-2 Verhanglijnen referentieraai Zuidkade

In Figuur 4-2 is te zien dat de stijghoogte in alle peilbuizen daalt tussen maart en juni en richting het najaar weer toeneemt door de seizoensinvloed. Er is hier ook geen sprake van barrièrewerking. De half verdiepte ligging lijkt ter plaatse van deze raai dus geen invloed te hebben op de stijghoogtes in het Pleistoceen. Dit strookt ook met het feit dat het gemeten kweldebiet in de compartimenten rondom deze raai (1 tot en met 4) voldoet aan de debieteisen.

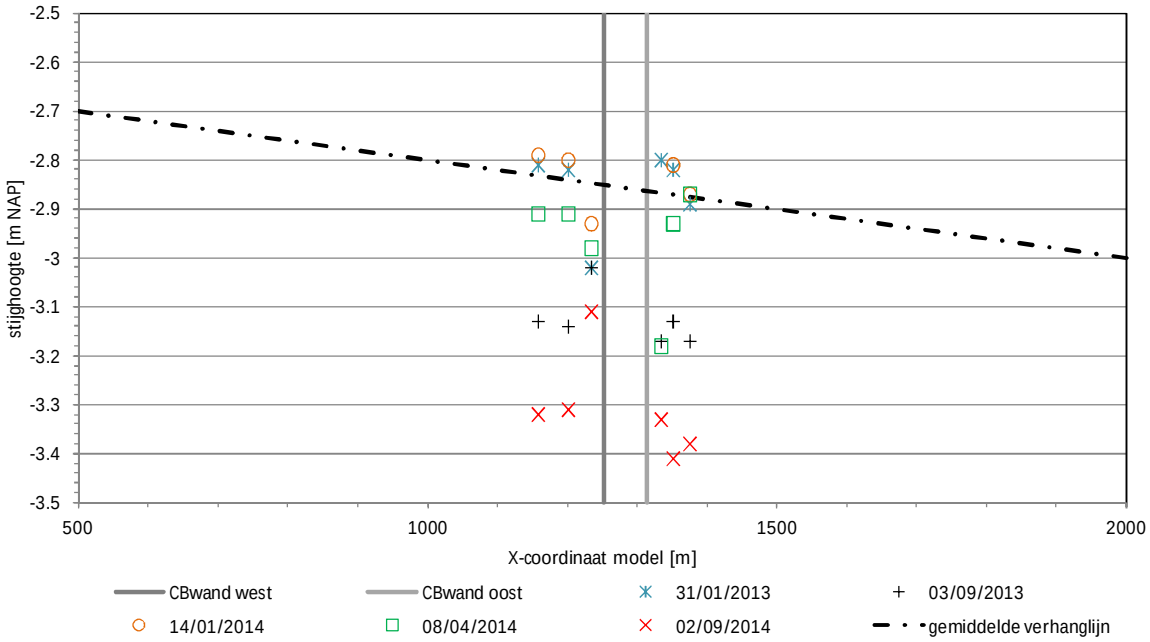
4.2.3 *Meetraai compartiment 6*

Uit paragraaf 2.8 volgt dat het grootste kweldebiet in de half verdiepte ligging wordt gemeten bij compartiment. Aangezien in dit compartiment korte (NAP -7,5m) cement-bentonietwanden zijn gemaakt, wordt dit kwelwater onttrokken uit de daar aanwezige holocene tussenzandlaag. In Figuur 4-3 zijn de peilbuizen in de holocene tussenzandlaag weergegeven. Ongeveer halverwege het compartiment bevindt zich een korte dwarsraai. Deze raai is kort vanwege de beperkingen in bereikbaarheid van deze locatie.

Figuur 4-3 Locatie raai compartiment 6

Uit Figuur 4-4 volgt dat de metingen over het algemeen vergelijkbaar zijn met het normale verhang (zonder aanleg A4). Alleen bij de metingen van 08/04/2014 is mogelijk een kegel richting de constructie herkenbaar. Dit is ook in de periode dat de grootste werkzaamheden plaatsvonden (ontgraven, plaatsen keerwanden en bemalen). In de metingen uit de periode van de afbouw (02/09/2014) is deze kegel niet meer terug te zien.

Verder wordt opgemerkt dat met name bij de peilbuis die het dichtst bij de westwand staat (8009B) over het algemeen hogere waarden worden gemeten dan verwacht op basis van de metingen van de overige peilbuizen in de raai.



Figuur 4-4 Peilbuismetingen holocene tussenzandlaag raai compartiment 6

4.2.4 *Effect debiet HVL op omgeving*

Uit de in paragraaf 4.2.2 en 4.2.3 gepresenteerde peilbuismetingen is niet duidelijk te zien dat het kweldebiet uit de half verdiepte ligging een effect heeft op de omgeving. De kweldebiet zijn dan ook relatief klein ten opzichte van de verdiepte ligging. Hierom en het feit dat het kweldebiet uit de verdiepte ligging ook een effect heeft op de stijghoogtes rond de half verdiepte ligging, is het niet zinvol om met een eenvoudig geohydrologisch model eventuele omgevingseffecten van het kweldebiet uit alleen de half verdiepte ligging te beschouwen. Daarom is het effect van de kweldebieten uit de half verdiepte ligging integraal beschouwd in combinatie met de kweldebieten uit de verdiepte ligging met het Delfland-model (zie paragraaf 4.7).

4.3 Aanpak analyse Verdiepte Ligging

Om een bevestiging te krijgen van de in paragraaf 3.5.9 genoemde meest waarschijnlijke lekmechanismes voor de verdiepte ligging, zijn er verschillende analyses uitgevoerd. Deze zijn:

1. Waterbalansberekeningen (door A4all) waarbij met verschillende weerstanden van vloer en wand wordt gerekend en de berekende debieten worden vergeleken met de gemeten debieten;
2. Analyse van de stijghoogtes in het eerste watervoerende pakket in raaien loodrecht op de wanden ondersteund met grondwatermodelberekeningen van een model gebouwd in de

modelcode MicroFem (door A4all). Hierbij worden de berekende verlagingen in zowel eerste als tweede watervoerende pakket en Intra-Kedichemlaag vergeleken met de metingen;

3. Delfland-model. Door Deltares is met het zogenaamde Delfland-model een uitgebreide analyse gemaakt van de effecten op de omgeving gebaseerd op de huidige kennis van de lekmechanismen en de beschikbare meetresultaten. Hierbij is naast de stationaire situatie ook gekeken naar de effecten in een periode met extreme droogte (zie Bijlage 8).

4.4 Waterbalansberekeningen Verdiepte Ligging

Op basis van de chemische samenstelling van het water uit de ontlastbronnen is in paragraaf 3.5.8 een schatting gemaakt van de herkomst (eerste of tweede watervoerende pakket) van dit water. Op basis hiervan kan het volgende worden geconcludeerd:

- Met uitzondering van compartiment 10 (waar een erg laag debiet uit wordt onttrokken) komt circa 80% van het onttrokken grondwater uit het eerste watervoerende pakket
- circa 20% van het influent komt uit de Kedichem-lagen.

Op basis van het gemeten debiet in compartiment 10 tot en met 14 van circa 991 m^3/dag (zie o.a. Tabel 2-4), zijn waterbalansberekeningen uitgevoerd per compartiment. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met een spreadsheet waarin de meest recente gegevens met betrekking tot de bodemopbouw zijn meegenomen. Ter controle zijn de uitgangspunten betreffende stijghoogtes en doorlatendheden uit de ontwerpberekeningen ingevoerd en vergeleken met de resultaten van deze ontwerpberekeningen. Hieruit volgde een slechts geringe afwijking in berekende debieten per compartiment (zie Bijlage 7).

Vervolgens is met deze spreadsheet een berekening gemaakt met als basis de gemeten debieten en de inschatting van de herkomst van het kwelwater op basis van de chemische samenstelling hiervan. Op basis hiervan zijn per compartiment weerstanden van de damwand en van de vloer berekend met behulp van onderstaande formule:

$$Q = \frac{\partial\varphi}{c} * A$$

Waarin:
Q= kweldebiet [m^3/dag]
δφ= verschil stijghoogte boven en onder (c.q. binnen en buiten de weerstandsbiedende laag [m]
c= wandweerstand c.q. hydraulische weerstand Kedichem-kleilagen [dagen]
A = oppervlakte van de wand c.q. vloeroppervlak [m^2].

De complete berekening is opgenomen in Bijlage 7. Ervan uitgaande dat 80% van het onttrokken debiet afkomstig is vanuit het eerste watervoerende pakket en 20% uit de dieper lagen komt, zijn de in Tabel 4-2 weergegeven waarden voor de weerstanden van de CB-wand en de Kedichem-kleilagen gevonden. In deze tabel staan tevens de waarden opgenomen, zoals gebruikt in het ontwerp. Hierbij wordt opgemerkt dat de berekende waarden voor compartiment 10 niet realistisch zijn door het zeer geringe gemeten debiet van 0,5 m^3/dag.

compartiment	c_{wand} [dagen]		c_{vloer} [dagen]	
	berekend	ontwerp	berekend	ontwerp
10	*92593*	1852	*73017*	13336
11	*299*	1852	*4265*	12984
	299	1852	*4265*	12984
12	*218*	1852	*1140*	15362
	218	1852	*1140*	15362
	218	1852	*1140*	15362
13	*257*	1852	*1209*	15088
	257	1852	*1209*	15088
	257	1852	*1209*	15088
14	*103*	1852	*366*	13910

Tabel 4-2 Weerstanden wand en vloer

4.5 Analyses grondwaterstanden Verdiepte Ligging

In deze paragraaf worden de stijghoogteverlagingen die zijn opgetreden in het Pleistoceen (eerste watervoerend pakket) voor verschillende raaien langs het tracé gepresenteerd en geanalyseerd. Hierbij zijn voor een aantal tijdstippen de peilbuismetingen gepresenteerd die verschillende fasen van het bouwproces representeren, namelijk:

- eind maart 2014: bemalingen in de verdiepte ligging zijn nog niet gestart
- eind juni 2014: grootste verlagingen (bemaling) in de verdiepte ligging gerealiseerd en periode met grootste verlagingen buiten de verdiepte ligging door de bemalingen en de seizoensinvloed
- 1 september 2014 en daarna: na deze datum wordt nergens meer de grondwaterstand actief verlaagd en loopt het kwelwater in de verdiepte ligging uit de ontlastbronnen. Stijghoogtes nemen tevens toe door de seizoensinvloed.

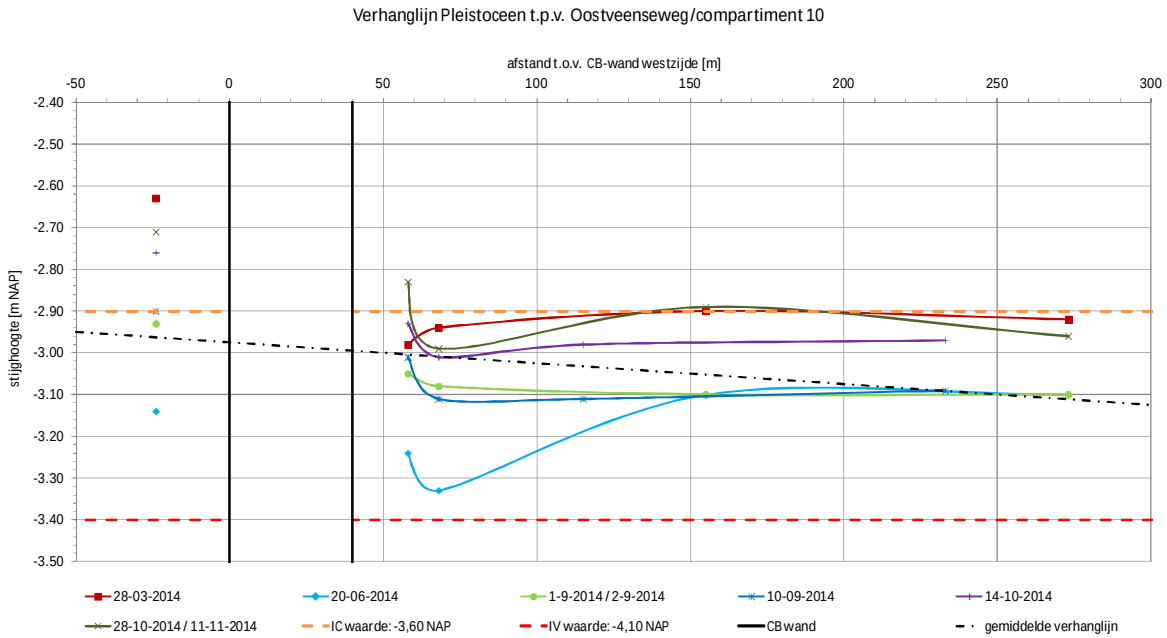
Vervolgens wordt met een eenvoudig grondwatermodel (gebouwd in de modelcode MicroFem) nader geanalyseerd welke conclusies hieruit zijn te verbinden met betrekking tot de meest waarschijnlijke lekmechanismes. Het doel hiervan is om hier al een goed beeld van te hebben voordat wordt begonnen met de analyse met het uitgebreide Delfland-model.

4.5.1 *Referentieraai Oostveenseweg*

In Figuur 4-5 is de locatie van de referentieraai ter hoogte van de Oostveenseweg weergegeven. De resultaten van de peilbuismetingen zijn voor verschillende kenmerkende tijdstippen weergegeven in Figuur 4-4.

Figuur 4-5 Locatie referentieraai Oostveenseweg

In Figuur 4-4 is een verhang naar de wand te zien op 20 juni 2014. Toen werd er vol bemalen. Vervolgens is duidelijk te zien dat de stijghoogtes in september/oktober omhoog komen. Het verhang richting de wand neemt af.



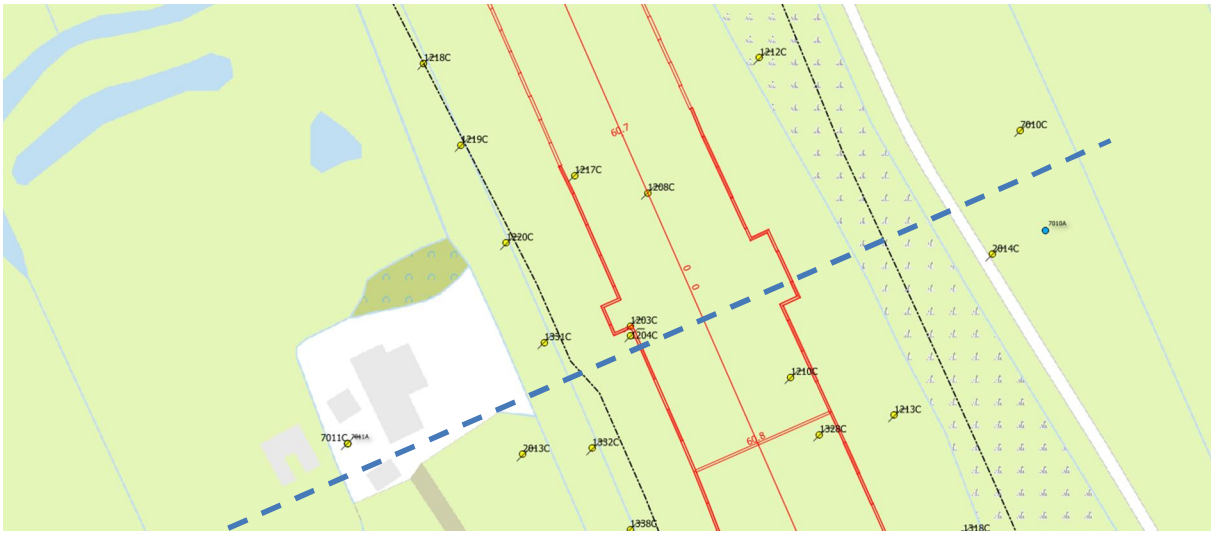
Figuur 4-6 Verhanglijnen referentieraai Oostveenseweg

Omdat de spreidingslengte ($\sqrt{kD} * c$) in het eerste watervoerend pakket erg groot is (circa 2000-3000m), is de reikwijdte van de onttrekking in het eerste watervoerende pakket ook groot. De verlagingen in het eerste watervoerende pakket zijn in absolute zin echter zo gering en het aanwezige verhang is door de DSM-onttrekking in Delft-Noord relatief zo groot, dat de reikwijdte (= de afstand tot de onttrekking war de verlaging ten opzichte van de niet-beïnvloede grondwaterstanden 0,05m bedraagt) niet op basis van de metingen kan worden bepaald.

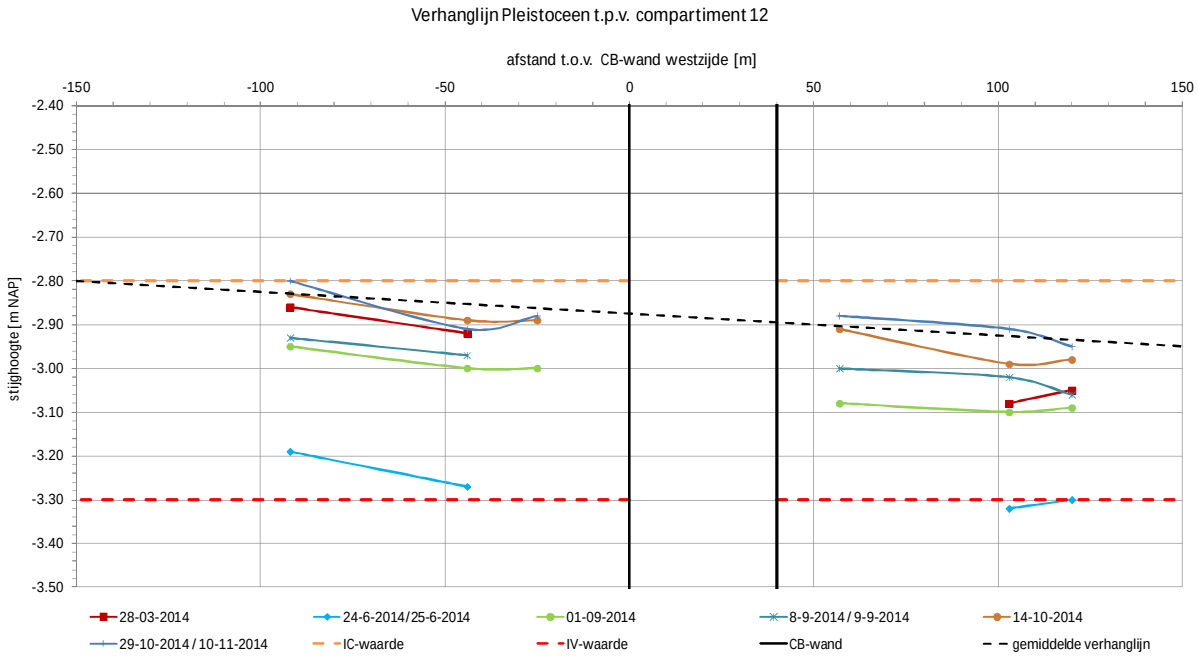
4.5.2 *Meetraai Compartiment 12*

Ter hoogte van compartiment 12 staan geen referentiebuizen. Aangezien hier de grootste verlagingen in het Pleistoceen plaatsvinden zijn de peilbuizen ter plaatse toch beschouwd (zie Figuur 4-6).

Uit de meetresultaten van Figuur 4-8 blijkt dat op 20 juni 2014 de stijghoogtes het laagst waren, omdat in deze periode de bouwkuip tot circa NAP -16m werd bemalen. Aan de oostzijde is er sprake van een verhang. Na het omhoogkomen van de peilen in het compartiment gaan stijghoogtes omhoog en wordt er geen verhang naar de wanden zichtbaar. Het 'normale' verhang van 0,5m/km is hier wel aanwezig.
Ook hier neemt de stijghoogte na het omhoogkomen van de peilen binnen het compartiment toe door de seizoensinvloed.



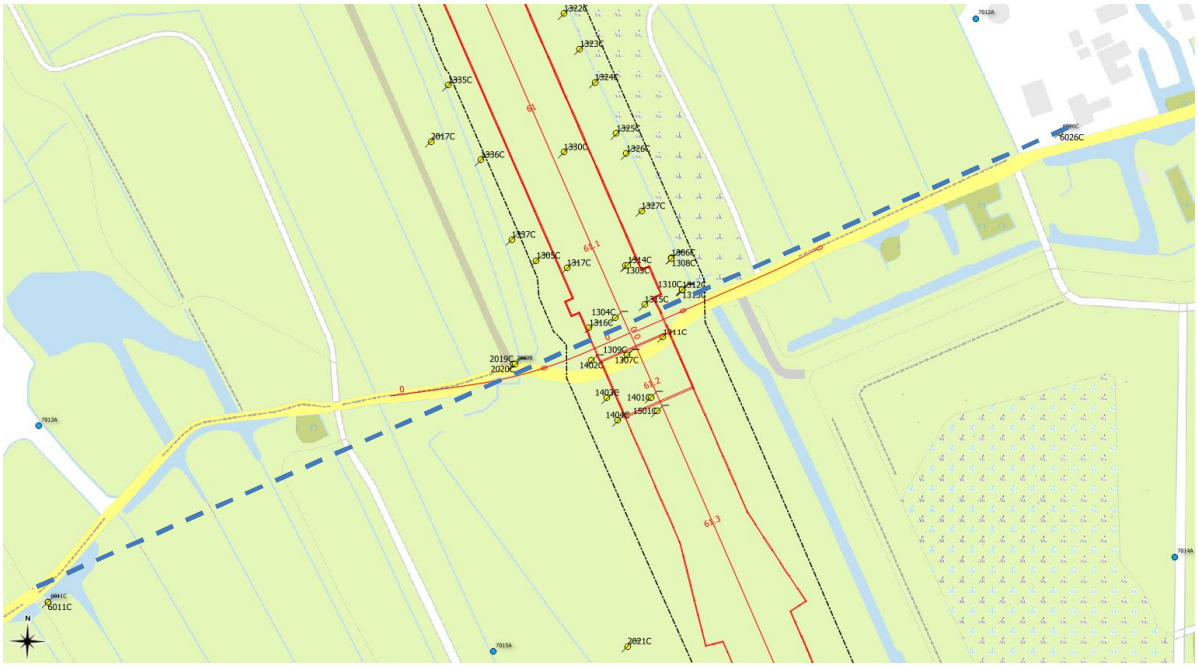
Figuur 4-7 Locatie raai compartiment 12



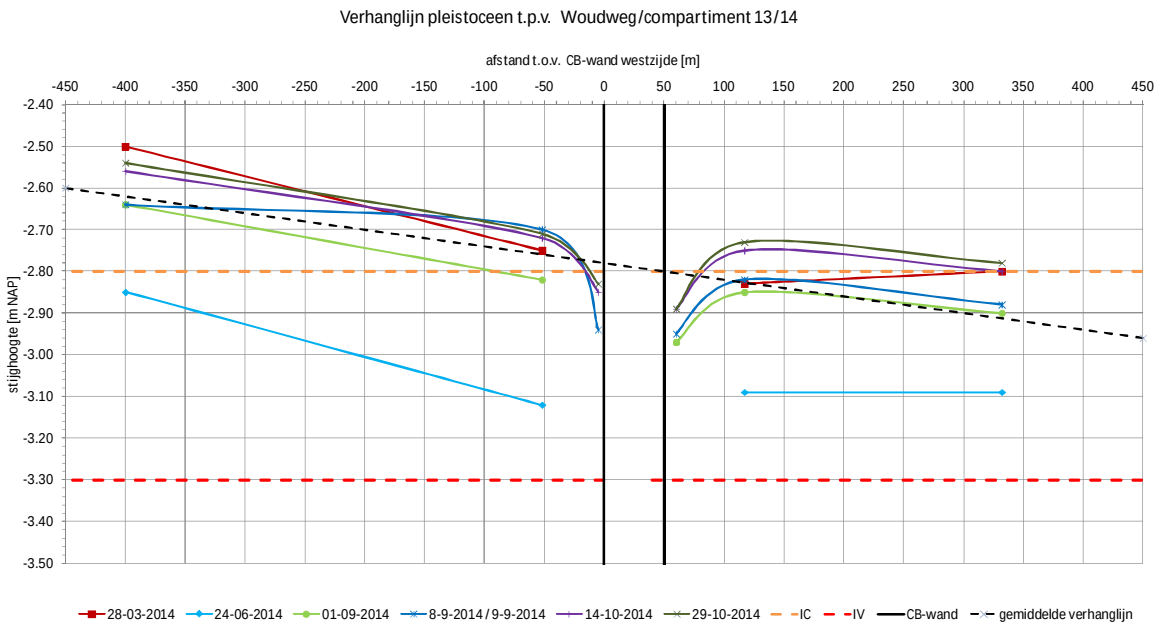
Figuur 4-8 Verhang compartiment 12

4.5.3 *Referentieraai Woudweg*

Ook in deze raai is duidelijk te zien dat de stijghoogtes eind juni 2014, toen er nog tot NAP -16m werd bemalen in compartiment 13, veel lager zijn. Na het omhoog komen van het peil tot het huidige peil (ca. NAP -10 m) is een duidelijk verhang richting de wanden te zien.



Figuur 4-9 Locatie referentieraai Woudweg



Figuur 4-10 Verhanglijnen referentieraai Woudweg

4.6 Analyse met grondwatermodel Verdiepte Ligging

Om het meest waarschijnlijke lekkagemechanisme van de verdiepte ligging verder te onderzoeken is een nadere analyse met een eenvoudig grondwatermodel uitgevoerd. Dit is een eenvoudig superpositiemodel waarbij het topsysteem niet is ingevoerd. Het model is bedoeld om te onderzoeken of de ordegrootte van de berekende verlagingen overeenkomt met de ordegrootte van de gemeten verlagingen op basis van de in paragraaf 4.4 bepaalde weerstand van wand en Kedichemklei (vloer). Dit als tussenstap naar het uitgebreide Delfland-model.

4.6.1 *Opzet MicroFem model*

Er wordt uitgegaan van 3 watervoerende pakketten (zie Tabel 4-2). Om te onderzoeken hoeveel water er mogelijk door de Intra-Kedichem laag stroomt, is dus een laag toegevoegd ten opzichte van het Deltares-model, de zogenaamde Intra-Kedichem laag. Zoals uit de berekeningen met behulp van de waterbalans is gebleken ligt de weerstand van de Kedichem-kleilagen in de ordegrootte van circa 1200 dagen.

In onderstaande tabel staat de geohydrologische schematisatie zoals deze in het superpositiemodel is ingevoerd. Deze parameters zijn uit het Delfland-model afkomstig (zie Bijlage 8).

Diepte (m –mv)	Watervoerend pakket/scheidende laag	Parameterwaarde
0-17	Deklaag	10.000 dagen
17-34	1e watervoerende pakket (Kreftenheye)	700 m^2/dag
34-37	Kedichem 1e kleilaag	200 dagen
37-39	Intra-Kedichem tussenzandlaag	20 m^2/dag
39-46	Kedichem 2e kleilaag	1000 dagen
46-66	2e watervoerende pakket	375 m^2/dag
66	geohydrologische basis	-

Tabel 4-3 Invoerparameters grondwatermodel

De kleilagen vanaf mv -66m worden beschouwd als de geohydrologische basis van het systeem. Voor de bergingscoëfficiënten is uitgegaan van elastische bergingscoëfficiënten van 0,01 voor alle watervoerende lagen.

Het MicroFem-model is quasi-3D. Dit wil zeggen dat er alleen horizontale stroming in de watervoerende pakketten plaatsvindt (met alleen als parameter het horizontale doorlaatvermogen) en alleen verticale stroming in de scheidende lagen (met alleen als parameter de hydraulische weerstand). Om de wandweerstand in het MicroFem-model in te voeren moet deze weerstand dus worden omgezet in een doorlatendheid en doorlaatvermogen.
In het model wordt de k- waarde berekend door:

$$k = \frac{B}{c}$$

waarin:
B= breedte wandzone in model [m]
c = hydraulische weerstand [dagen].

In onderstaande tabel staan voor verschillende weerstanden de bijbehorende k-waarden. Hierbij is in het MicroFem-model gerekend met een wand met een eenheidsbreedte van 1m.

C-waarde wand [dagen]	k-waarde [m/dag]
1600	1/1600= 0,000625
800	1/800 = 0,00125
400	1/400 = 0,0025
200	1/200 = 0,005

Tabel 4-4 Overzicht verschillende wandweerstanden

In het model worden de k-waarden omgezet in kD (doorlaatvermogens) door de k-waarden te vermenigvuldigen met de diktes van de watervoerende pakketten (zie onderstaande tabel).

Laag	Dikte (m)
1e watervoerende pakket	20
Intra-Kedichem tussenzandlaag	2
2e watervoerende pakket	20

Tabel 4-5 Gebruikte laagdiktes grondwatermodel

4.6.2 *Resultaten*

In onderstaande tabel staan de uitkomsten van de modellering met de debieten bij verschillende c-waarden voor de ingevoerde wand. Hierbij is voor de Kedichem-kleilagen uitgegaan van de oorspronkelijke weerstand van 4000 dagen.

C_{wand} [dagen]	1600	800	400	200
Q_{lek} door wand [m^3/dag]	194	360	698	1396
Q_{kwel} over Kedichem [m^3/dag], [%]	80 (29%)	80 (18%)	92 (11%)	112 (7%)
Q_{totaal} [m^3/dag]	274	440	790	1508

Tabel 4-6 Herkomst kwelwater bij verschillende doorlatendheden wand

Een vergelijking met het gemeten debiet van 991 m^3/dag voor compartiment 10 tot en met 14 van de verdiepte ligging geeft aan dat de wandweerstand waarschijnlijk tussen de 200 en 400 dagen ligt. Dit bevestigt het beeld op basis van de waterbalansberekeningen. Op basis van de percentages met het aandeel van de kwel over de Kedichem-kleilagen dat op basis van de hydrochemische analyses op circa 20% moet liggen is de weerstand van de Kedichem-kleilagen dus waarschijnlijk lager dan de oorspronkelijk op basis van REGIS bepaalde weerstand van 4000 dagen.

Om ook de gevoeligheid voor de weerstand van de Kedichem-kleilagen te bepalen, is met het MicroFEM-model berekend wat het berekende kweldebiet over deze kleilagen is bij verschillende waarden voor de weerstand hiervan. Hierbij is een verhouding van 1:3 tussen weerstanden van de eerste en tweede Kedichem-kleilaag gehanteerd. In onderstaande tabel staan de berekeningsresultaten. Voor de wand is hierbij een weerstand van 300 dagen aangehouden.

$C_{Kedichem}$ [dagen]	4000	2000	1000
Q_{lek} door wand [m^3/dag]	972	964	972
Q_{kwel} over Kedichem [m^3/dag]	106 (10%)	162 (14%)	300 (24%)
Q_{totaal} [m^3/dag]	1078	1126	1272

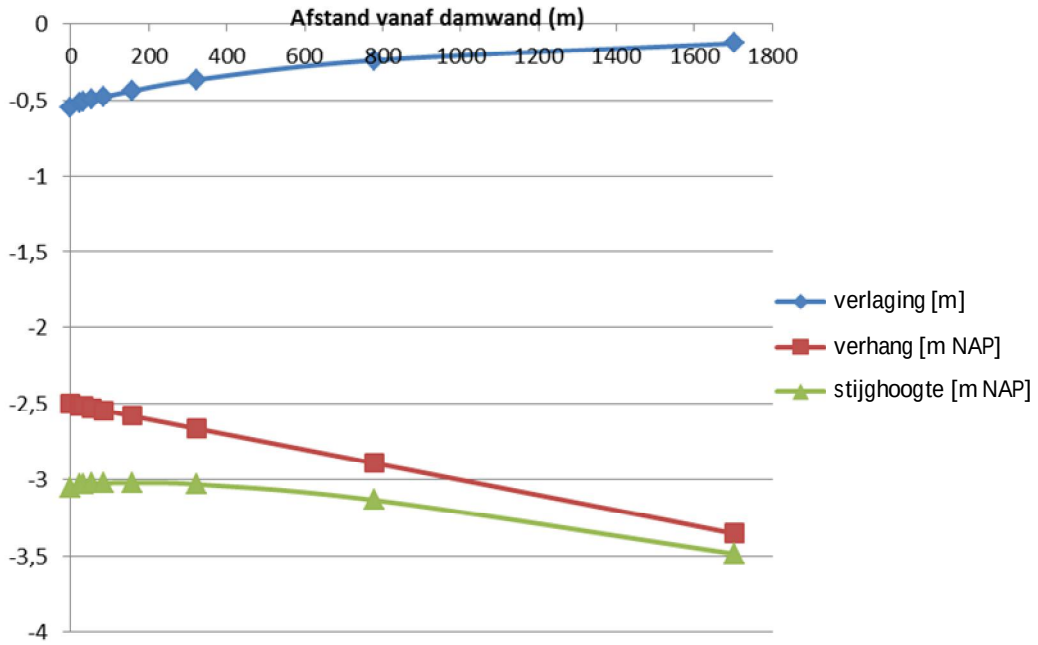
Tabel 4-7 Herkomst kwelwater bij verschillende doorlatendheden Kedichemklei

Uit Tabel 4-7 blijkt dat de weerstand van de Kedichem-kleilagen ter plaatse waarschijnlijk tussen de 1000 en 2000 dagen moet liggen. Ook dit komt overeen met het beeld zoals op basis van de waterbalansberekeningen (paragraaf 4.4) is geconcludeerd.

Uit de waterbalansberekeningen met het MicroFem-model kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De weerstand van de wand ligt vermoedelijk tussen de 200 en 400 dagen
- De weerstand van de gezamenlijke Kedichem-kleilagen ligt vermoedelijk tussen de 1000 en 2000 dagen.

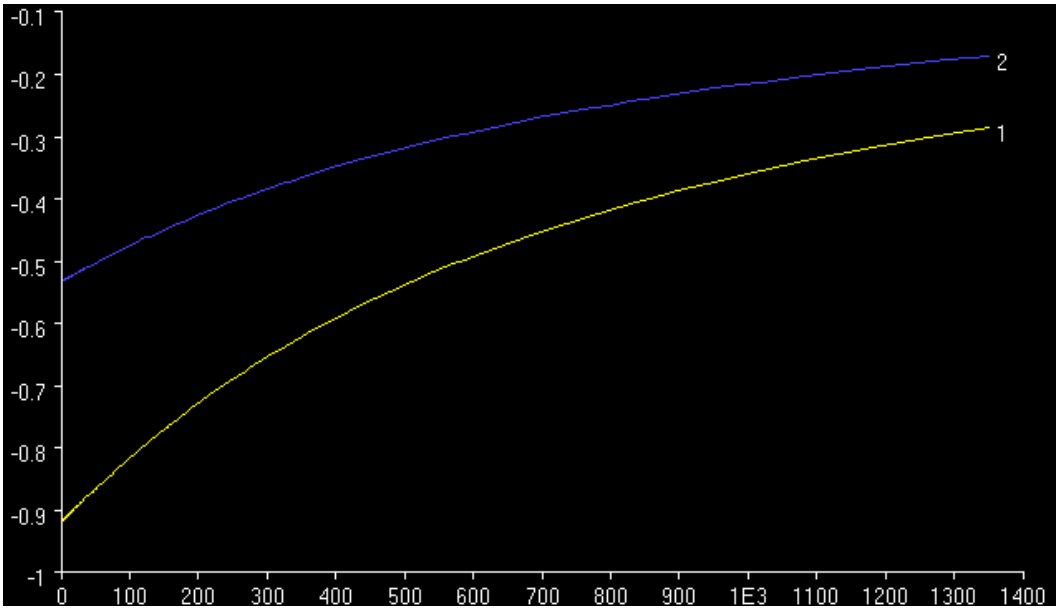
Vervolgens is onderzocht of de berekende verlagingen in de watervoerende pakketten ook in de zelfde orde van grootte liggen als de gemeten verlagingen. In Figuur 4-11 zijn de berekende verlagingen van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket in een raai dwars op de wand uitgezet.



Figuur 4-11 Berekende verlagingen, verhang en resulterende stijghoogte in dwarsraai

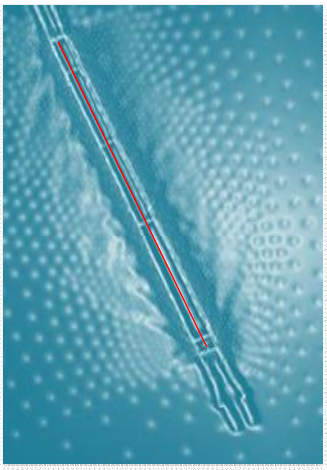
De berekende verlagingen zijn maximaal 0,5m dicht bij de wand tot 0,1m op circa 2 km. Omdat in de raaien de stijghoogte worden gemeten en niet de verlagingen, kan er niet direct een vergelijking worden gemaakt met de gemeten verlagingen. Door het verhang van 0,5m/km in te voeren en door de verlaging hier op te superponeren ontstaat wel een beeld van het verwachte stijghoogtepatroon stroomafwaarts van de wand. Grosso modo komen de geconstrueerde stijghoogtes overeen met de gemeten stijghoogtes.

In het model is aanvullend nog de situatie met de maximale onttrekking tot NAP -16 m ingevoerd. Net zoals is gemeten in de verschillende raaien (zie verschil tussen maart en juni en juni en oktober in Figuur 4-6, Figuur 4-8 en Figuur 4-10), ligt de grondwaterstand in deze situatie circa 0,4 m lager dicht bij de wand. In Figuur 4-12 staan de berekende verlagingen behorende bij het huidige niveau van NAP -10m (blauwe lijn) en behorende bij een niveau van NAP -16m (gele lijn) tegen de afstand tot de wand. Deze resultaten bevestigen de wandweerstanden die volgen uit waterbalans- en modelberekeningen.

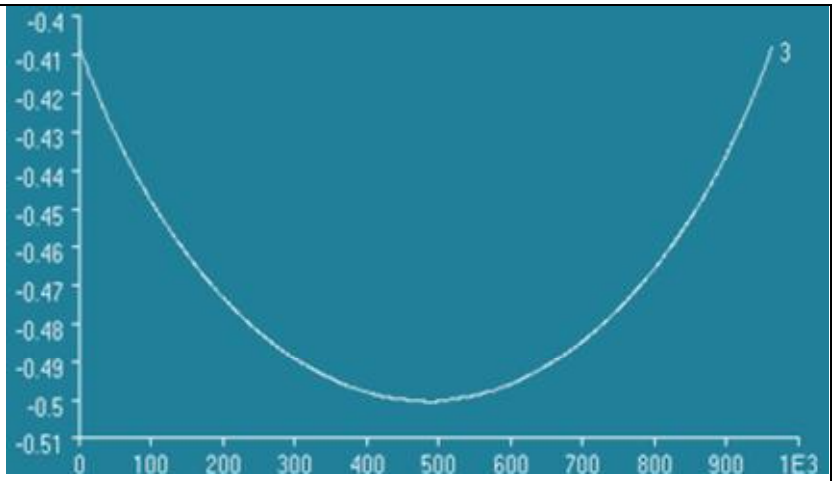


Figuur 4-12 Berekende verlagingen 1e wvp bij verschillende onttrekkingen

Het beeld van de stijghoogtes in de Intra-Kedichemlaag en onder de Kedichem-laag is diffuus. Dit heeft te maken met de variatie in de diepte van de samenstelling van de Kedichem zand- en kleilagen. Er is niet duidelijk sprake van een scherpe overgang tussen de zandlagen van de Kedichem-formatie die behoren tot het tweede watervoerende pakket en de bovenliggende kleilagen. Uit Figuur 3-15 blijkt echter dat het filter op NAP -60 m ter hoogte van compartiment 12 een stijghoogteverlaging in het tweede watervoerend pakket aangeeft van circa 0,55m.



bovenaanzicht model met locatie langsdoorsnede (rode lijn)



verlagingen in 2e wvp over langsdoorsnede (compartiment 10 tot en met 14)

Figuur 4-13 Berekende verlagingen in 2e wvp

In Figuur 4-13 is de met MicroFEM berekende verlaging in het tweede watervoerend pakket weergegeven over de wegas voor compartiment 10 tot en met 14. Dit bij een doorlatendheid van de Kedichemkleilagen van circa 1000 dagen. Hieruit blijkt dat halverwege het tracé (compartiment 12) een verlaging onder en naast de kuip wordt berekend van circa 0,5m. Dit komt dus goed overeen met de meting.

De MicroFEM-berekeningen van de stijghoogteverlagingen in het eerste en tweede watervoerend pakket bevestigen dus de resultaten van de waterbalansberekeningen, namelijk:

- De weerstand van de wand ligt tussen de 200 en 400 dagen
- De weerstand van de gezamenlijke Kedichem-kleilagen ligt tussen de 1000 en 2000 dagen
- De uitgevoerde geohydrologische analyses bevestigen de verdeling van de herkomst van het kwelwater uit de chemische analyses. Het kwelwater is voor 80% afkomstig uit het eerste watervoerend pakket en voor 20% uit het tweede watervoerend pakket.

4.7 Resultaten berekeningen met Delfland-model

4.7.1 *Analyse oorzaak kweldebiet*

In Bijlage 8 is de rapportage van Deltares, met daarin de berekeningsresultaten met het Delfland-model, opgenomen. Met dit model zijn in eerste instantie een aantal situaties doorgerekend in de periode dat de bron van het verhoogde debiet nog niet duidelijk was. Situatie 2, waarin de doorlatendheid van de wand tot 25% is gereduceerd, en situatie 4 met een gat in de Kedichemklei, sloten daarbij het beste aan met de werkelijk gemeten debieten.

Na het beschikbaar komen van de waterkwaliteitsmetingen (zie paragraaf 3.5.8) is situatie 2 gekozen als uitgangspunt, waarbij in het Delfland-model 93% van het debiet uit het eerste watervoerend pakket komt (gemeten gemiddeld 80%). Hiermee wordt tevens aangesloten bij de conclusies uit de voorgaande paragrafen met betrekking tot het lekmechanisme en is voor de omgevingseffecten een worst-case verdeling van de herkomst van het kweldebiet aangehouden.

4.7.2 *Beschouwde scenario's omgevingsaspecten*

Door Deltares is met het Delfland-model het effect bepaald op de omgeving als gevolg van het aanleggen van de A4 Delft-Schiedam. Hierbij zijn een drietal categorieën te onderscheiden:

I. effect op het eerste (Pleistoceen) en tweede watervoerend pakket
II. effect op de grondwaterstand (Freatisch)
III. effect seizoen en toekomstige stijghoogteveranderingen op het debiet.

Om deze effecten goed te bepalen zijn een aantal verschillende (maatgevende) scenario's bepaald:

1. Jaargemiddelde situatie (stationaire berekening)
   Om de gemiddelde verlagingen van stijghoogtes in de watervoerende pakketten in beeld te brengen is een zogenaamde stationaire situatie doorgerekend. Hierbij is gerekend met een langjarig gemiddelde van de neerslag en met langjarige gemiddelden voor de grondwaterstanden en stijghoogtes in de verschillende watervoerende pakketten. Hiermee zijn de variaties door seizoenseffecten (zomer droog, dus lagere grondwaterstand en stijghoogtes; winter nat, dus hogere grondwaterstand en stijghoogtes) uitgemiddeld.
2. Niet-stationaire situatie
   Einde van een langdurig droge zomer periode, die gemiddeld 1 keer in de 20 jaar voorkomt. De situatie aan het einde van deze droge periode wordt gebruikt als worst-case voor het beschouwen van de omgevingseffecten die worden bepaald door de freatische grondwaterstand.
3. Als 2, maar met reductie van de deklaagweerstand als worst-case voor de mogelijke omgevingseffecten die worden bepaald door de freatische grondwaterstand:
   a. Omdat op basis van het beschikbare grondonderzoek is gebleken dat de zogenaamde Basisveenlaag rond de verdiepte ligging zeer dun of afwezig is, is deze in het model voor dit deelgebied verwijderd. Hierdoor reduceert de weerstand van de deklaag met maximaal circa 15%.
   b. Aangezien lokaal een verminderde weerstand van de deklaag voor zou kunnen komen is in het model voor het hele gebied met de holocene tussenzandlaag de

weerstand van de deklaag gereduceerd met 50%. Voor het totale omliggende resterende gebied is de weerstand van de deklaag gereduceerd met 25% (worst-case benadering).

Ad I. Effect op het eerste en tweede watervoerend pakket (scenario 1)
Voor het bepalen van het effect van de aanleg van de A4 Delft-Schiedam op de stijghoogte in het eerste en tweede watervoerend pakket (wvp 1 en 2) is de stationaire situatie (scenario 1) maatgevend. Door invloed van het klimaat varieert de stijghoogte gedurende het jaar (circa 0,75m ter plaatse van de A4 Delft-Schiedam) en varieert het gemiddelde ook per jaar.

Voor het bepalen van effecten op de omgeving die direct samenhangen met de stijghoogte of stroming in het eerste watervoerend pakket, is de stationaire situatie een correct (maatgevend) uitgangspunt. Bijvoorbeeld voor effecten op warmte-koudeopslagsystemen en verontreinigingen is het gemiddelde van belang en niet de uitschieters gedurende de seizoenen. Voor zettingen die veroorzaakt worden door een verandering van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is een gemiddelde situatie ook een goed uitgangspunt, omdat de natuurlijke stijghoogtevariatie uitdempt door de grote weerstand van de holocene deklaag.

Hierbij wordt opgemerkt dat in het Delfland-model 93% van het kwelwater dat in de verdiepte ligging terecht komt uit het eerste watervoerend pakket komt, terwijl de eerder in dit hoofdstuk gerapporteerde analyses aangeven dat dit gemiddeld 80% is. Voor het effect op de omgeving is dit echter een conservatieve aanname.

Verder wordt opgemerkt dat een reductie van de weerstand van de deklaag, zoals in het volgende punt aan de orde komt, leidt tot een verkleining van het invloedsgebied van het kweldebiet in de A4 Delft-Schiedam in het eerste en tweede watervoerend pakket. Dit leidt tot een te gunstig beeld voor de omgevingsaspecten die gerelateerd zijn aan deze watervoerende pakketten. Daarom zijn scenario 2, 3a en 3b voor deze aspecten niet maatgevend.

Ad II & III. Effect op de freatische grondwaterstand (scenario 2, 3a en 3b)
Het verloop van de freatische grondwaterstand in de tijd is vele malen grilliger dan het verloop in het eerste en tweede watervoerend pakket, omdat deze direct wordt beïnvloed door het neerslagoverschot. In het eerste en tweede watervoerend pakket zijn deze effecten uitgedempt.

Voor het bepalen van de omgevingseffecten (waaronder peilbeheer, bodemdaling door veenoxidatie, landbouw, natuur en archeologie) die worden bepaald door de freatische grondwaterstand, is de zogenaamde niet-stationaire situatie (scenario 2) van belang. Dit betekent dat, in tegenstelling tot in de stationaire situatie, de variatie in neerslag in de berekeningen wordt meegenomen. Schadelijke effecten aan de omgeving zullen hierbij met name ontstaan als de grondwaterstand gedurende droge periodes extra uitzakt als gevolg van het kweldebiet dat in de half verdiepte en verdiepte ligging van de A4 Delft-Schiedam wordt afgevoerd. De invloedfactoren hierbij zijn de hoeveelheid neerslag en de weerstand van de holocene deklaag.

Uitgangspunt voor deze situatie is een droge zomerperiode die één keer per 20 jaar voorkomt. Dit betekent dat een droge zomerperiode in 95% van de gevallen minder droog zal zijn dan waarmee wordt gerekend. Dit is een algemeen gebruikelijke kansverdeling.

Naast de neerslag is tevens de weerstand van de deklaag (scenario 3) van belang voor het effect op de freatische grondwaterstand. Om de risico's als gevolg van variaties in de deklaagweerstand te kwantificeren zijn 2 subscenario's beschouwd:

3a. afwezigheid Basisveenlaag (reductie deklaagweerstand circa 15%)

3b. risicobeschouwing: reductie deklaagweerstand tot circa 50% voor het gebied met holocene tussenzandlaag (kruist noordzijde half verdiepte ligging) en tot circa 75% voor de overige gebieden.

Scenario 3a is uitgewerkt, omdat op basis van het beschikbare grondonderzoek is gebleken dat de zogenaamde Basisveenlaag rond de verdiepte ligging zeer dun of afwezig is. Deze grondlaag bevindt zich normaal gesproken op de overgang van het holocene pakket naar het Pleistoceen (eerste watervoerend pakket). Deze grondlaag is in het Delfland-model wel aanwezig ter plaatse van de verdiepte ligging en heeft een weerstand van 1300 dagen. Door deze grondlaag niet mee te modelleren reduceert de weerstand van de deklaag met maximaal circa 15% (van gemiddeld 10000 dagen naar gemiddeld 8700 dagen). Om de invloed hiervan te bepalen is een niet-stationaire berekening gemaakt voor de situatie dat de Basisveenlaag niet aanwezig is voor een gebied van 1,2km breed en 1,6km lang waarin de verdiepte ligging ligt.

Daarnaast ontstaat er in het model aan de noordzijde van de verdiepte ligging (compartiment 9 tot 11) een directe verbinding tussen de holocene tussenzandlagen en het eerste watervoerend pakket, die ter plaatse in het model eerst werden gescheiden door het Basisveen. Door dit laatste ontstaat er een kortere verbinding tussen het pakket waaruit het kwelwater wordt onttrokken en het maaiveld. De afwezigheid van de Basisveenlaag is een reëel scenario, maar uit de berekeningsresultaten blijkt dat scenario 3a ten opzichte van scenario 3b niet maatgevend is voor de bepaling van de invloed op de freatische grondwaterstand. Scenario 3a is daarom niet gebruikt voor de risicobeschouwing.

Scenario 3b is uitgewerkt als risicobeschouwing, omdat de reductie van de deklaagweerstand hier groter is dan in scenario 3a waardoor de effecten op de freatische grondwaterstand ook groter zullen zijn. Ondanks dat bij het maken van het Delfland-model gebruik is gemaakt van alle beschikbare gegevens van de ondergrond en het model is geijkt aan langjarige peilbuismetingen, kan het lokaal voorkomen dat de weerstand van de deklaag lager is. Omdat onbekend is of en waar deze mogelijke locaties zich bevinden, is binnen het gehele invloedsgebied van de A4 Delft-Schiedam de weerstand van de deklaag gereduceerd. Omdat deze reductie bij de aanwezigheid van een holocene tussenzandlaag het grootst is, is ter plaatse van deze holocene tussenzandlaag de deklaagweerstand gehalveerd (50%). Voor de overige locaties bedraagt de reductie tot circa 75% (dus 25% vermindering).

In combinatie met een droog jaar met de kans op voorkomen van één keer per 20 jaar, is dit een extreme situatie waarvan de kans op voorkomen in het gehele gebied nihil is. Dit scenario is echter wel gebruikt voor de bepaling van de effecten op de omgeving als gevolg van de extra uitzakking van de freatische grondwaterstand die ontstaat door het kweldebiet in de A4 Delft-Schiedam. Dit om er zeker van te zijn dat de berekende effecten op de omgeving niet worden onderschat.

Ad III. Effect op het debiet

Zoals hierboven reeds vermeld, varieert de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket in de tijd Doordat binnen de constructie van de half verdiepte en verdiepte ligging de waterstand constant wordt gehouden varieert het drukverschil over de cement-bentonietwanden in de verdiepte ligging en het drukverschil over de holocene waterremmende lagen van de half verdiepte ligging met de variatie in de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Aangezien het kweldebiet rechtevenredig is met het drukverschil, varieert het kweldebiet ook met de variatie in stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Een relatief hoge stijghoogte resulteert hierbij in een groter debiet.

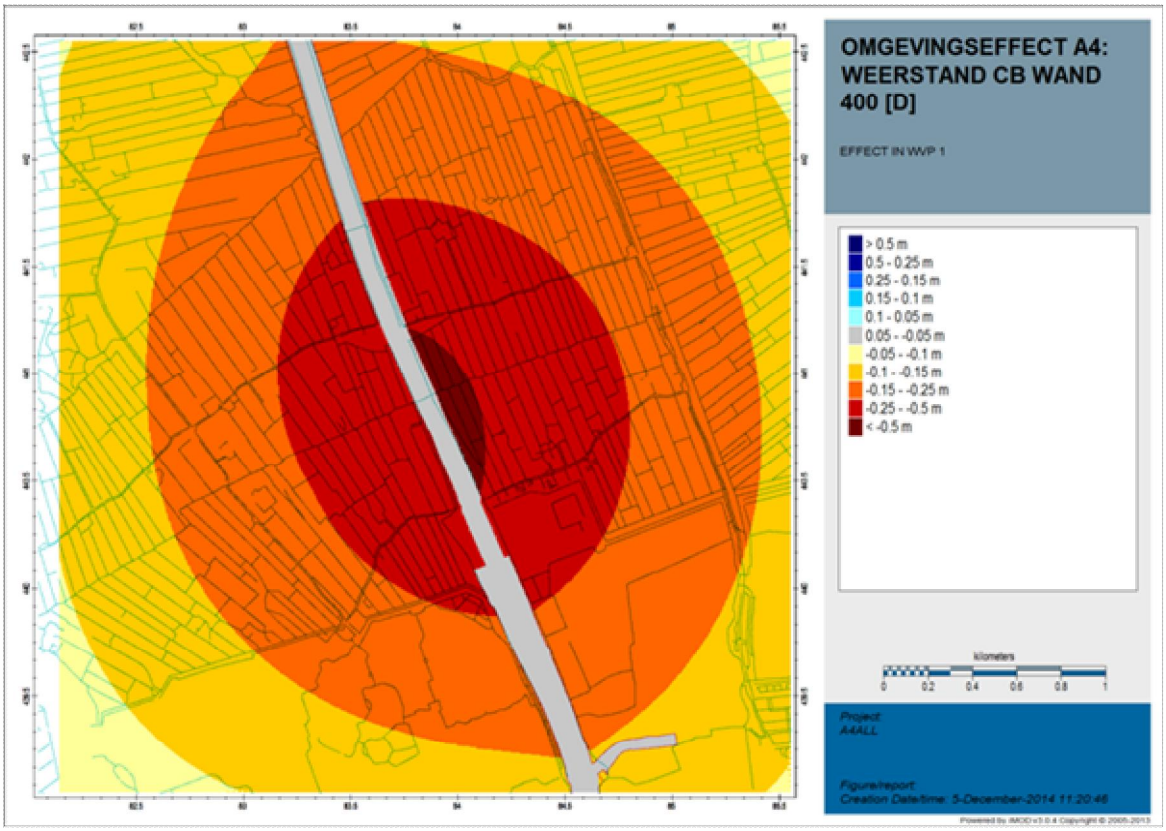
De verwachting is dat in de toekomst de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket zal toenemen door het stopzetten van de bemaling van DSM in Delft-Noord, zeespiegelstijging, bodemdaling, etc. In het ontwerp van de A4 Delft-Schiedam is hier rekening mee gehouden, waarbij de stijghoogte in

het eerste watervoerend pakket toeneemt tot NAP -1,9m (huidige gemiddelde stijghoogte rond verdiepte ligging: NAP -3,4m). Hierdoor zal het kweldebiet rechtevenredig toenemen met de toename in het drukverschil tussen de binnen en buitenzijde van de constructie. De mogelijke effecten door de huidige verlaging van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket worden hierdoor echter minder.

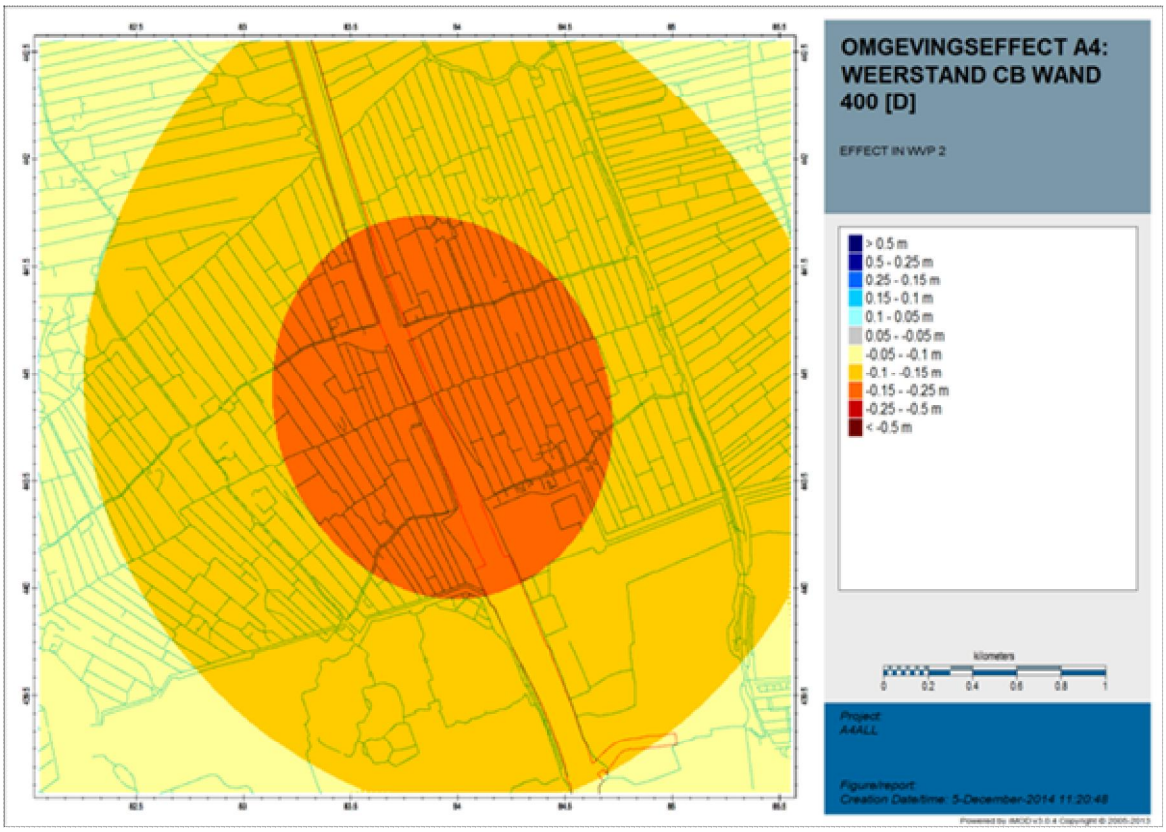
Op basis van het huidige debiet, de toename in stijghoogte in het eerste watervoerend pakket in de toekomst (NAP -1,9m) is het maximale debiet berekend. Daarnaast is met het Delfland-model berekend wat de debietstoename is als gevolg van de stopzetting van de bemaling van DSM in Delft-Noord.

4.7.3 *Effect op het eerste en tweede watervoerend pakket (scenario 1)*

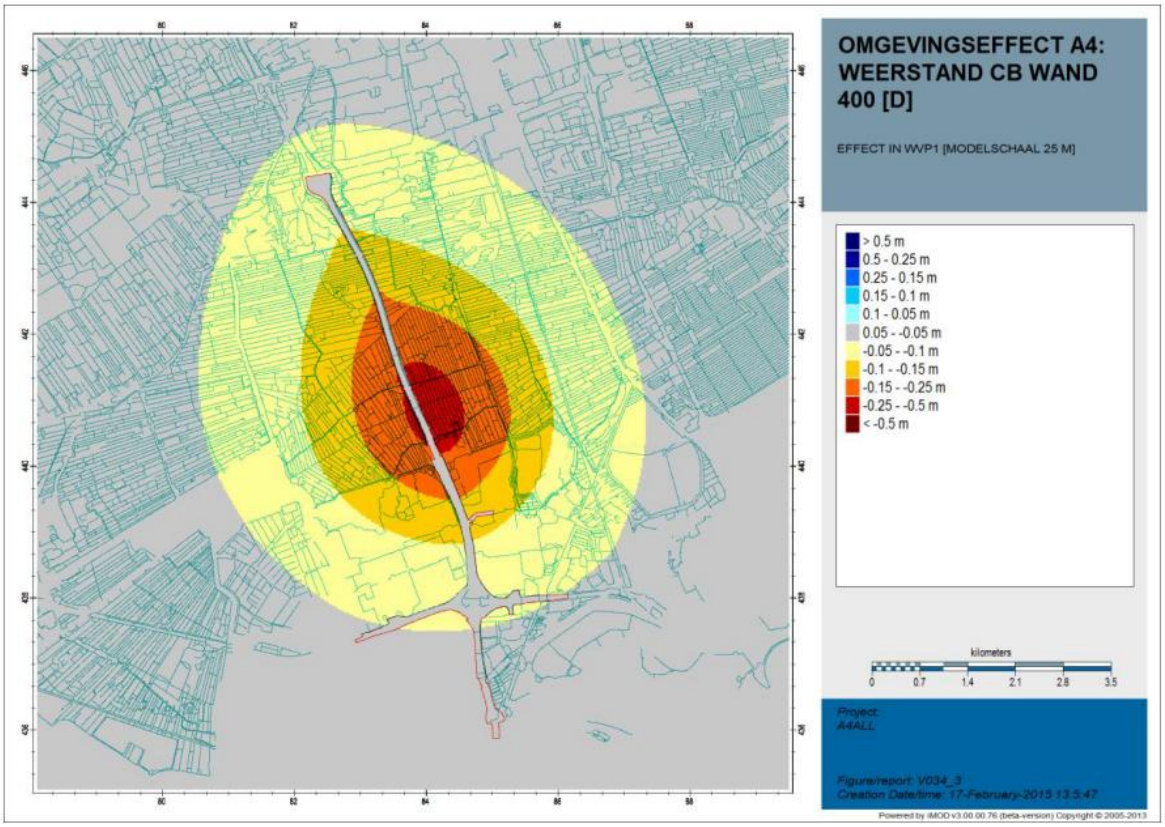
De berekende verlagingscontouren voor het eerste en tweede watervoerend pakket zijn weergegeven in respectievelijk Figuur 4-14 en Figuur 4-15. Hierbij is voor de duidelijkheid ingezoomd in het gebied rondom de verdiepte ligging. Tot op een afstand van circa 3,2km van het wegtracé zijn verlagingen tot 0,05m berekend in zowel het eerste als het tweede watervoerend pakket. De maximale verlagingen zijn in het tweede watervoerend pakket wel kleiner dan in het eerste watervoerend pakket. Ter illustratie zijn in Figuur 4-16 alleen de verlagingscontouren in het eerste watervoerend pakket weergegeven voor het totale gebied. Voor het bepalen van de effecten op de omgeving in hoofdstuk 5 is uiteraard voor beide watervoerende pakketten het totale gebied beschouwd dat valt binnen de 5cm-verlagingscontour.



Figuur 4-14 Contouren van stijghoogteveranderingen in 1e wvp - lokaal (daling is negatief)



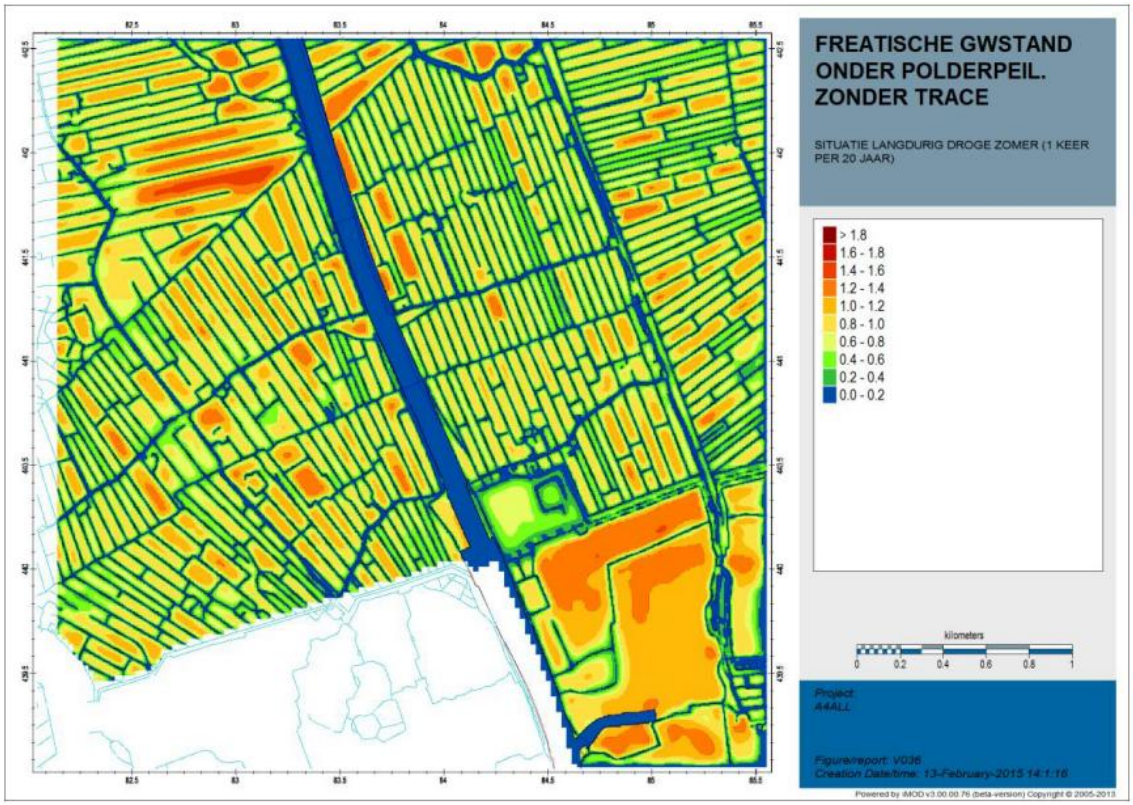
Figuur 4-15 Contouren van stijghoogteveranderingen in 2e wvp - lokaal (daling is negatief)



Figuur 4-16 Contouren van stijghoogteveranderingen in 1e wvp - totaal (daling is negatief)

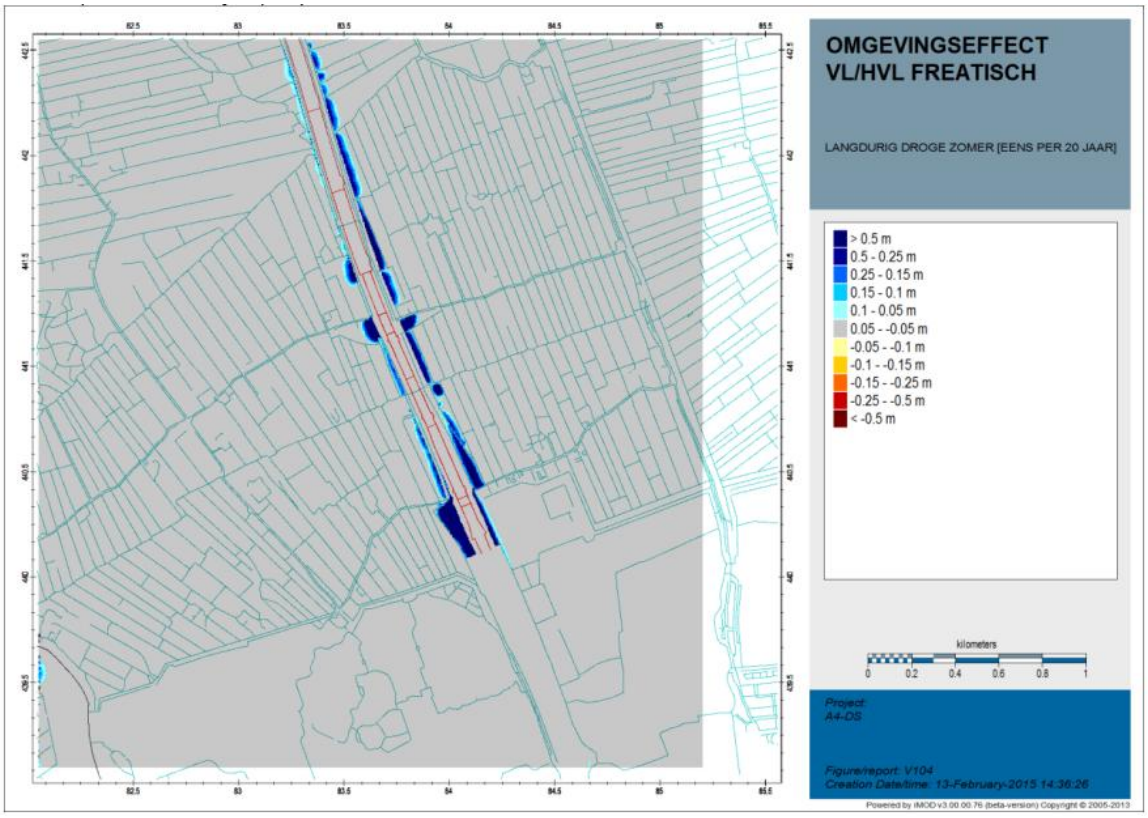
4.7.4 *Effect droog jaar (scenario 2)*

Om het effect van een droog jaar op de freatische grondwaterstand te bepalen zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd. Hiervoor is een droge zomer aangehouden met de kans op voorkomen van gemiddeld één keer per 20 jaar (5% droog jaar). Voor de berekeningen is uitgegaan van een droge periode van 1 maart tot 1 oktober. Ter referentie is deze zelfde situatie zonder de invloed van de A4 Delft-Schiedam ook doorgerekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 4-17. Hieruit blijkt dat ook zonder half verdiepte en verdiepte ligging met het bijbehorende kweldebiet grote verlagingen van de grondwaterstand zal optreden.



Figuur 4-17 Verlaging freatische grondwaterstand in langdurige droge zomer (gemiddeld eens per 20 jaar) zonder A4

In Figuur 4-18 is de verandering van het freatische peil weergegeven die in deze droge periode optreedt als gevolg van het kweldebiet in de half verdiepte en verdiepte ligging. Het effect van de kwel op het freatisch vlak is gering. De berekende verlagingen zijn kleiner dan 5 cm en daarom niet te zien in de figuur. Wel is te zien dat in een droge periode de grondwaterstand minder uitzakt langs de constructie, als gevolg van het aanbrengen van nieuwe watergangen.



Figuur 4-18 Extra verandering freatisch peil in langdurige droge zomer (gemiddeld eens per 20 jaar) door aanleg A4 (daling is negatief)

Op basis van de berekeningen met het Delfland-model wordt geconcludeerd dat een verlaging van de stijghoogte in het Pleistoceen tot een daling van de freatische grondwaterstand leidt die kleiner is dan 0,05m. Dit komt door de grote weerstand van de deklaag Dit beeld wordt bevestigd door de vergelijking tussen peilbuis 2014A (freatisch) en de naastgelegen peilbuis 2014C (Pleistoceen) in Figuur 4-19 . Beide peilbuizen staan in het gebied aan de oostzijde van compartiment 12 (zie Bijlage 1) waar de grootste verlagingen in stijghoogte in het Pleistoceen hebben plaatsgevonden.

Figuur 4-19 Vergelijking peilbuis 2014A en 2014C

Uit Figuur 4-19 blijkt dat de freatische grondwaterstand een relatief constant beeld geeft met lagere waterstanden in de zomer dan in de winter. De stijghoogte in het Pleistoceen wordt daar een tegen wel beïnvloed door de werkzaamheden aan de A4. Vanaf maart 2014 is een daling te zien die

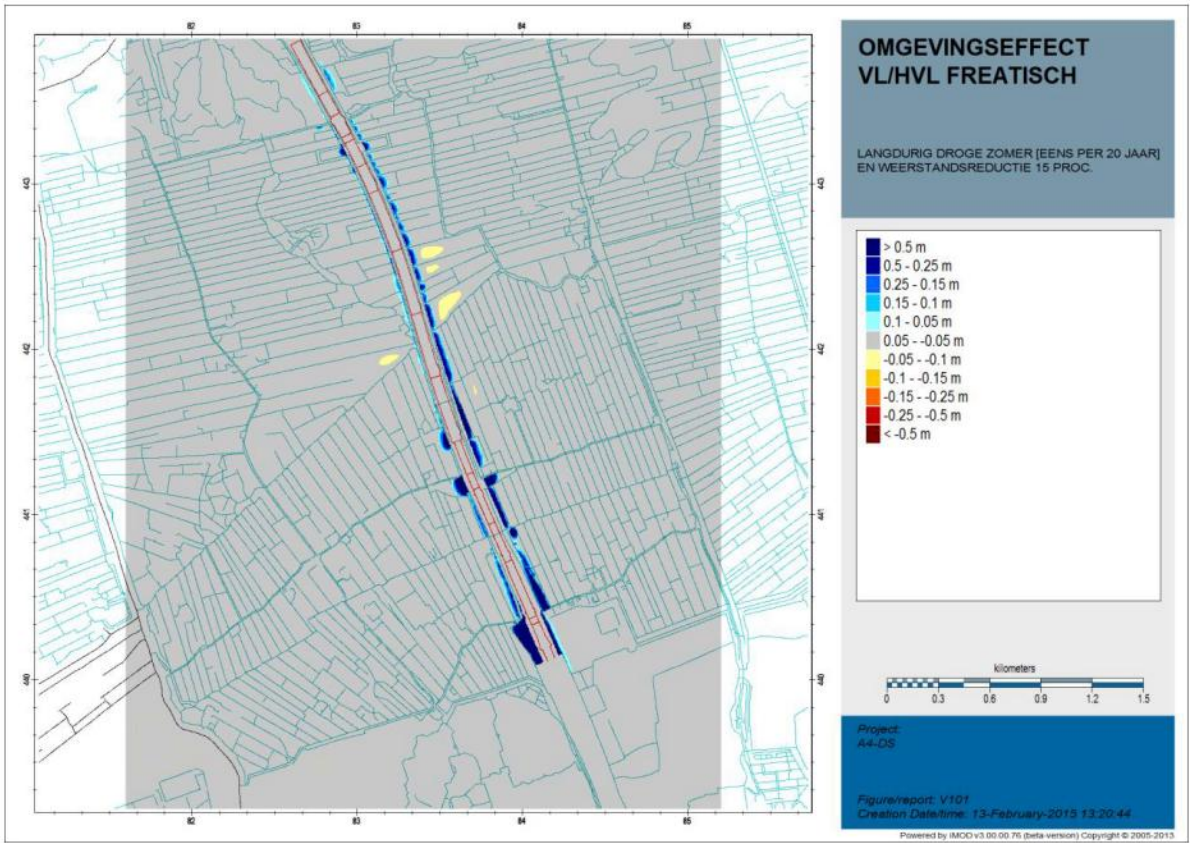
augustus 2014 wordt omgezet in een stijging. De freatische waterstand gaat in augustus 2014 ook omhoog, maar dit heeft te maken met de vele neerslag die in die maand is gevallen. Vanaf september 2014 daalt de freatische waterstand weer, waar de stijghoogte in het Pleistoceen blijft doorstijgen.

4.7.5 *Resultaten risicoanalyse (scenario 3)*

In deze paragraaf worden de resultaten van de risicobeschouwing bij een langdurig droge periode die gemiddeld één keer per 20 jaar voorkomt.

Scenario 3a: ontbreken Basisveenlaag

Uit deze berekening volgt het beeld van de mogelijk optredende extra verlaging van de freatische grondwaterstand zoals dat in Figuur 4-20 is aangegeven. De verlaging is bepaald door de uitkomst van de berekening met tracé af te trekken van de uitkomst van de berekening voor de originele situatie zonder tracé.



Figuur 4-20 Extra verandering freatisch peil in 5% droog jaar bij 15% reductie weerstand deklaag (daling is negatief)

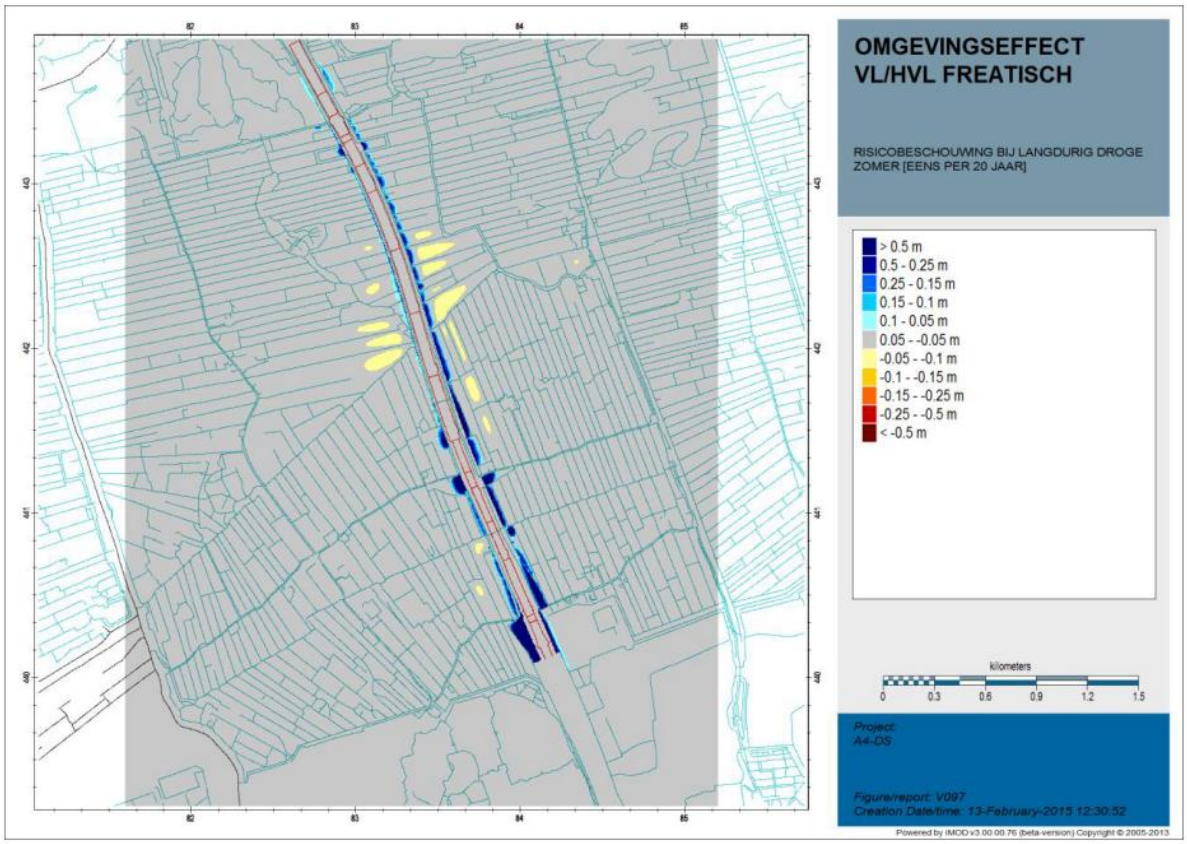
Ten opzichte van Figuur 4-18 blijkt dat er nu rond compartiment 6 en 7 (half verdiepte ligging) een verlaging van maximaal 0,1m wordt berekend. Aan de oostzijde van compartiment 8 wordt in een heel klein gebied midden op een perceel een zelfde maximale verlaging berekend.

Uit de berekeningsresultaten blijkt dat het aanwezige oppervlaktewater de grootte van mogelijk optredende effecten sterk dempt, omdat de extra verlagingen met name optreden in percelen met een relatief grote afstand tussen watergangen.

De in Figuur 4-20 aangegeven verhoging van de grondwaterstand (blauwe contouren) komt voort uit de aanleg van openwater langs de verdiepte ligging dat niet in het originele Delfland-model voorkwam. Deze toename is echter niet relevant voor het te beoordelen negatieve effect.

Scenario 3b: risicobeschouwing (reductie deklaagweerstand tot circa 50%)
In Figuur 4-21 is de extra verlaging van de freatische grondwaterstand weergegeven voor dit scenario. Ten opzichte van Figuur 4-20 blijkt dat de grootte van de verlaging niet verandert (maximaal 0,1m) maar dat het aantal gebieden waar de grondwaterstand in een langdurige droge periode uitzakt, enigszins toeneemt. Met name aan in het zuidelijke deel van de half verdiepte ligging (compartiment 6 tot en met 8). Ook bij dit scenario blijkt dat het aanwezige oppervlaktewater de grootte van mogelijk optredende effecten sterk dempt.

De in Figuur 4-21 aangegeven verhoging van de grondwaterstand (blauwe contouren) komt ook hier voort uit de aanleg van openwater langs de verdiepte ligging dat niet in het originele Delfland-model voorkwam. Deze toename is echter niet relevant voor het te beoordelen negatieve effect.



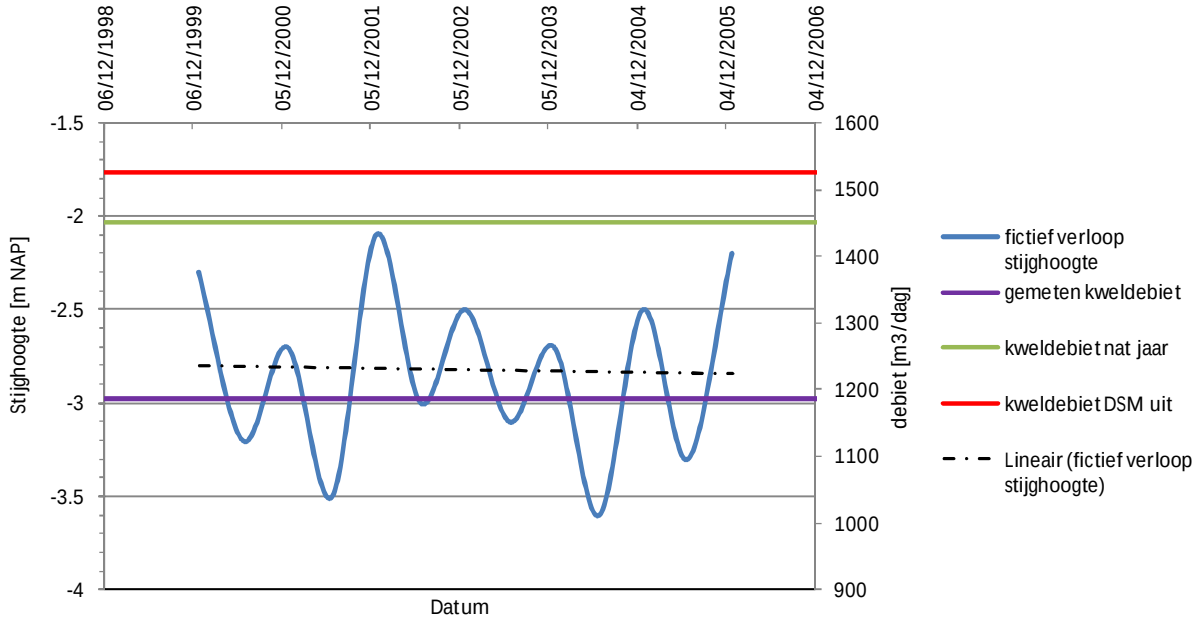
Figuur 4-21 Extra verandering freatisch peil in 5% droog jaar bij 25% en 50% reductie weerstand deklaag (risicobeschouwing; daling is negatief)

4.7.6 *Maximaal kweldebiet*

Voor de bepaling van het maximale kweldebiet is de worst-case benadering gevolgd. Het grootste kweldebiet is te verwachten in de periode met de hoogste stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Als ontwerpuitgangspunt is door Rijkswaterstaat een stijghoogte van NAP -1,9m aangegeven voor het eerste watervoerend pakket. Deze stijghoogte is gebaseerd op de natste periode, het stopzetten van de bemaling van DSM, zeespiegelstijging en andere effecten. In deze

situatie is het drukverschil van de stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerend pakket met het vaste peil binnen de constructie het grootst.

In een relatief droog jaar (relatief lage stijghoogte in het eerste watervoerend pakket) zal het debiet lager zijn en in een relatief nat jaar juist hoger (zie Figuur 4-22).



Figuur 4-22 Schematische weergave stijghoogteverloop 1e wvp en kweldebieten

Als basis voor de berekening van het maximale debiet is het gemeten debiet genomen in de half verdiepte en verdiepte ligging van 1187 m^3/dag, zoals gerapporteerd in paragraaf 2.8, in combinatie met een relatief lage waarde voor het drukverschil tussen de binnen- en buitenzijde van de constructie. Daarnaast is de toename van de huidige gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerend pakket en de toekomstige stijghoogte van NAP -1,9m aan de hoge kant genomen. Door deze combinatie wordt een worst-case benadering bereikt voor het maximaal te verwachten debiet.

Om het effect te bepalen van de stijghoogtetoename door het stopzetten van de bemaling van DSM in Delft-Noord is een aparte berekening gemaakt met het Delfland-model. Hieruit volgt dat de toename van het debiet 75 m^3/dag bedraagt.

Dit alles leidt op termijn (na stopzetten bemaling DSM in Delft-Noord) tot een maximaal te verwachten debiet van 1525 m^3/dag (zie paragraaf 7.4 van Bijlage 8). Het effect hierin door het stopzetten van de bemaling van DSM in Delft-Noord bedraagt 75 m^3/dag.

4.8 Conclusies

Op basis van een analyse van kwaliteitsmetingen, een vergelijking tussen gemeten debieten, verhangen en modeluitkomsten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Geconcludeerd wordt dat 80% van het onttrokken grondwater afkomstig vanuit het eerste watervoerende pakket en het restant uit het tweede watervoerend pakket. Hierbij wordt opgemerkt dat voor de effectberekeningen op de omgeving met het Delfland-model een veilige aanname van 93% is aangehouden.
- De weerstand van de wand ligt tussen de 200 en 400 dagen

- De weerstand van de Kedichem-kleilagen ligt tussen de 1000 en 2000 dagen
- De gemeten en berekende verlagingen in het eerste watervoerend pakket hebben eenzelfde ordegrootte van maximaal 0,5m dicht bij de wand tot 0,2m op circa 1 km. Dit betekent dat er op de systeemgrens in het eerste watervoerend pakket verlagingen zijn als gevolg van de onttrekking. Dit wordt bevestigd door de berekeningen zoals uitgevoerd met het Delfland-model.
- Als gevolg van het relatief grote natuurlijke verhang in het eerste watervoerende pakket en de relatief geringe verlagingen wordt de invloed van de onttrekking in de gemeten raaien alleen dicht bij de wand zichtbaar
- De berekende invloedssfeer in het pleistocene zandpakket (WVP1) waarbinnen het effect op de stijghoogte 5 cm of meer is, strekt zich uit tot een afstand van maximaal circa 3,2 km van het tracé.
- Het effect van het kweldebiet in de half verdiepte en verdiepte ligging op het freatische peil is aan het einde van een droge periode die gemiddeld één keer per 20 jaar voorkomt kleiner dan 0,05m.
- In combinatie met een reductie van de weerstand van de deklaag (scenario 3b = risicobeschouwing) worden extra verlagingen van het freatische peil tot 0,10m berekend, met name rond compartiment 6 tot en met 8 van de half verdiepte ligging.
- Het maximaal verwachtte kweldebiet bedraagt 1525 m^3/dag
- Verwacht wordt dat al het uit de half verdiepte en verdiepte ligging vrijkomende kwelwater uit topsysteem van het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland afkomstig is. Dit betekent dat in een gemiddelde winterperiode met neerslagoverschot de waterbeheerder minder water uit de polder hoeft uit te slaan. In een gemiddelde zomerperiode met een neerslagtekort zal extra water moeten worden ingelaten om de (grond)waterpeilen gelijk te houden. De verhouding tussen deze extra in te laten hoeveelheid en de totale in te laten hoeveelheid (neerslagtekort) is groter dan de verhouding tussen de afname van de hoeveelheid weg te pompen water en de totale hoeveelheid weg te pompen water (neerslagoverschot).

Op basis van deze conclusies en de uitkomsten van het Delfland-model wordt in het hierop volgende hoofdstuk de effecten in de omgeving in beeld gebracht.

5 Effecten in de omgeving

5.1 Inleiding

De aanleg van de A4 Delft-Schiedam heeft gevolgen voor de waterhuishouding van het gebied. Om toestemming te krijgen voor de aanleg van de weg is de impact van het project op de waterhuishouding beschouwd. Met de aanvraag voor de vigerende watervergunning is de impact middels de “checklist vergunningsaanvraag” getoetst aan de Leidraad Regulering Grondwateronttrekking en Infiltraties. Daarmee is vastgesteld aan welke grondwaterafhankelijke belangen het project raakt. In hoofdstuk 7 van de huidige watervergunning zijn de relevante aspecten benoemd.

Omdat er nu een wijziging van de watervergunning wordt aangevraagd en de 5cm-verlagingscontour (die als begrenzing voor de inventarisatie van de grondwaterafhankelijke belangen wordt gehanteerd) is gewijzigd als gevolg van de verhoogde debieten, worden alle grondwaterafhankelijke belangen zoals genoemd in de checklist van de Leidraad in dit hoofdstuk opnieuw behandeld.

Bij de bepaling van de effecten is gebruik gemaakt van de freatische grondwaterstanden en de stijghoogtes in het eerste en tweede watervoerend pakket zoals bepaald met het Delfland-model (zie Bijlage 8). Om effecten als gevolg van variaties in de geologie en in het weer (langdurig droge periodes) uit te sluiten, is een risicobeschouwing met het Delfland-model uitgevoerd. De effecten op veenoxidatie, landbouw, natuur en archeologie zijn bepaald op basis van deze risicobeschouwing (langdurig droge periode met de kans op voorkomen van gemiddeld één keer per 20 jaar in combinatie met een reductie van de deklaagweerstand van 50% voor het gebied met de holocene tussenzandlaag van 25% voor het omliggende gebied). Hiermee is een worst-case benadering gevolgd.

5.2 Beschouwing effecten op de omgeving

In de Watervergunning (1098119/1350779) [R3] zijn in paragraaf 7.2, Overwegingen voor het onttrekken van grondwater of infiltreren van water, de doelstellingen en grondwaterafhankelijke belangen behandeld. Binnen de 5 cm-verlagingscontour, zoals berekend door Deltares met het Delfland-model (zie Bijlage 8), is nagegaan of de permanente onttrekking bij de A4 hier invloed op heeft. Aan de hand van de Checklist Onttrekkingen en infiltraties van het Hoogheemraadschap van Delfland zijn de eventuele effecten op de grondwaterafhankelijke belangen opnieuw onderzocht. Deze doelstellingen/grondwaterafhankelijke belangen zijn:

- (voorkomen van) bodemdaling en zettingen van funderingen en infrastructuur (als gevolg van eventuele beïnvloeding van de grondwaterstand)
- DSM onttrekking
- grondwaterkwaliteit
- peilbeheer in de polder
- (invloed op verspreiding van) bodem verontreiniging (als gevolg van eventuele beïnvloeding van de grondwaterstand)
- overige grondwateronttrekkingen
- landbouw
- natuur
- archeologie
- overige belangen.

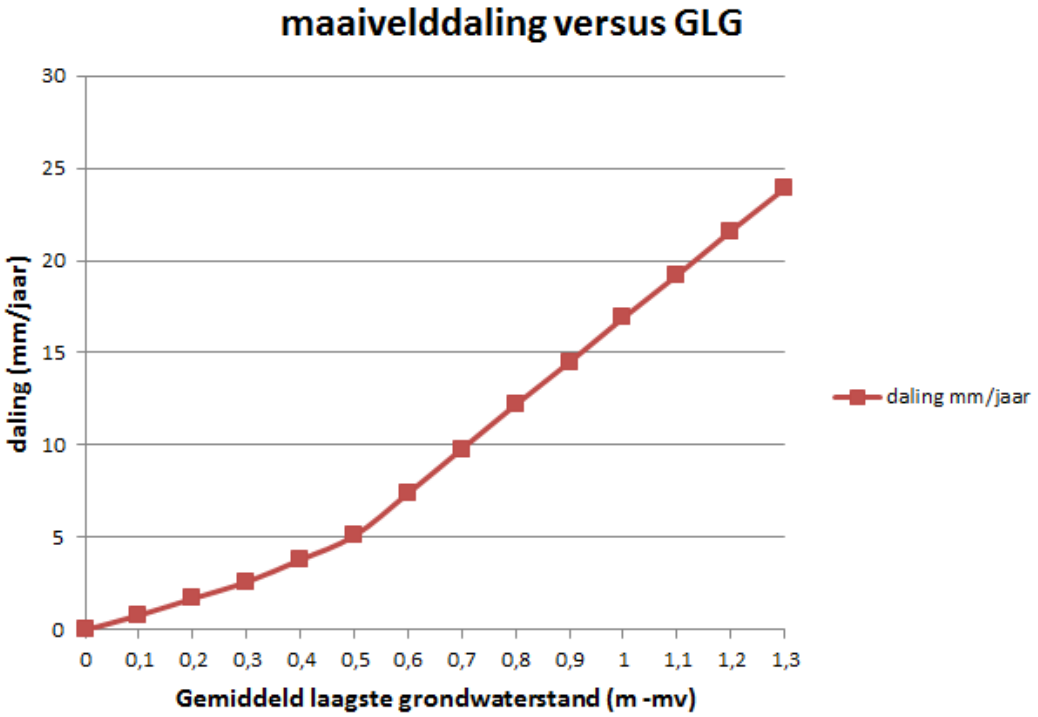
In onderstaande paragrafen wordt per grondwaterafhankelijk belang op basis van de nieuwe berekende 5cm-verlagingscontouren in zowel het freatisch vlak als de watervoerende pakketten aangegeven of er effecten zijn en zo ja of deze zodanig van omvang zijn dat ze moeten worden gemitigeerd (verzacht) of gecompenseerd.

5.2.1 *Bodemdaling en zettingen funderingen en infrastructuur*

Er zijn twee typen zetting waarvan wordt onderzocht of de permanente onttrekking invloed heeft. Deze zijn:

1. Zettingen door oxidatie van veen als gevolg van een verlaging van de freatische grondwaterstand.
2. Zettingen door toename van de korrelspanning als gevolg van verlaging van de stijghoogtes in het eerste watervoerende pakket aan de onderkant van Holocene deklaag.

Ad 1.
Als gevolg van veenoxidatie vindt voortdurend maaiveldzetting in het gebied plaats. Op basis van metingen gedurende een aantal jaren van de daling van het maaiveld en de grondwaterstanden op een aantal locaties op de proefboerderij in Zegveld is door Alterra een verband bepaald tussen de gemiddeld laagste grondwaterstand (LG3) en de maaivelddaling [R21]. De gemiddeld laagste grondwaterstand per locatie is het rekenkundig gemiddelde van de 3 laagst gemeten waarden per jaar (LG3). Door op verschillende locaties op de proefboerderij met een vergelijkbare bodemopbouw (veen zonder kleidek) maar wel met een verschillende drooglegging (diepere en minder diepe slootpeilen) te meten is er door de jaren heen een range ontstaan van maaivelddaling bij verschillende gemiddelde laagste grondwaterstanden. Het gevonden verband staat in Figuur 5-1 weergegeven. Ter controle is door Alterra een modelsimulatie uitgevoerd waarbij aan de hand van dit verband berekende maaivelddaling is vergeleken met de sinds 1966 op de proefboerderij Zegveld gemeten maaivelddaling. De berekende en gemeten waarden kwamen goed overeen.



Figuur 5-1 Verband tussen maaivelddaling en gemiddeld laagste grondwaterstand zoals gemeten op verschillende locaties in het veengebied rond proefboerderij Zegveld [R21]

Omdat er voor het veengebied binnen het Hoogheemraadschap van Delfland geen meetgegevens beschikbaar zijn van het verband tussen bodemdaling door veenoxidatie en de jaarlijks laagste grondwaterstand, wordt gebruik gemaakt van de gegevens voor Zegveld zoals weergegeven in Figuur 5-1 in combinatie met de berekende extra verlagingen van de freatische grondwaterstand volgens scenario 3b (risicoanalyse). Hiermee wordt een worst-case benadering gevolgd.

Het veengebied rond het A4-tracé heeft in het algemeen grondwatertrap II [R22]. Dit betekent dat de GLG varieert tussen 50 en 80 cm beneden maaiveld. Voor deze range is de jaarlijkse bodemdaling 2,5 mm per 10 cm daling van de GLG. Door Deltares is de extra daling van het freatisch vlak berekend ten gevolge van het kweldebiet van het A4-tracé. Voor de zogenaamde risicobeschouwing (scenario 3b) is deze is ruimtelijk weergegeven in Figuur 4-21. Deze figuur laat enkele gebiedjes zien waar de daling van de grondwaterstand door het kweldebiet meer is dan 5 cm en minder dan 10 cm. Naar schatting is de gemiddelde daling in deze gebiedjes 7,5 cm. Gebruik makend van de hiervoor genoemde bodemdaling per 10 cm verlaging van de grondwaterstand die geldt voor het gehele traject dat voor grondwatertrap II aan de orde is, leidt dit voor de getoonde gebiedjes tot een extra bodemdaling door veenoxidatie van circa 2 mm/jaar (horend bij 7,5 cm daling van de GLG). Buiten de aangegeven gebiedjes is de verlaging van de GLG minder dan 5 cm en dus de extra bodemdaling minder dan circa 1 mm/jaar. Echter het gebied met verlaging van de grondwaterstand of stijghoogte van minder dan 5 cm wordt, zoals te doen gebruikelijk, aangemerkt als niet-beïnvloed gebied, en dus buiten beschouwing gelaten, ofschoon er natuurlijk altijd enige invloed zal zijn.

Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat op de percelen waar in de risicobeschouwing (scenario 3b) een extra verlaging van het freatische peil tot 10 cm wordt berekend, de extra veenoxidatie gemiddeld met circa 2 mm/jaar toeneemt. Op deze locaties bevindt zich geen bebouwing.
In scenario 2 (einde van een droge zomer die één keer in de 20 jaar voorkomt) is de extra verlaging van het freatische peil kleiner dan 5 cm, waardoor de extra veenoxidatie kleiner is dan circa 1mm/jaar.

Ad 2.
Door de lagere stijghoogtes in het Pleistoceen (en ook de holocene tussenzandlaag) in het verleden zijn de grensspanningen in de slappe holocene lagen reeds aangepast aan de bijbehorende korrelspanningen. Een voorbeeld hiervan is te vinden in Figuur 2-6, waarin de GLG na 2000 voor de peilbuizen B37E0291 en B37E0292 in dezelfde grafiek weer is gegeven als de stijghoogtes in de periode 1968-2000. Uit de in paragraaf 2.2.2 gepresenteerde verschillen in isohypsen van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket voor en na 2000, blijkt dat de stijghoogte ter plaatse van de verdiepte ligging in het verleden tenminste circa 0,75m lager is geweest dan voor de aanleg van de half verdiepte en verdiepte ligging. Door de huidige verlagingen zullen de korrelspanningen in de slappe holocene lagen ten opzichte van de huidige situatie tot circa 3 kPa toenemen en beduidend lager blijven dan de grensspanning. De stijfheid van de slappe lagen bevindt zich daarmee in de zogenaamde ontlast-herbelastingstak van de stijfheid die een factor 5 à 10 stijver is dan de stijfheid voorbij de grensspanning (maagdelijke stijfheid).

Daarnaast neemt de korrelspanning het sterkst toe op het niveau waar de hoogste korrelspanningen heersen (overgang Holoceen-Pleistoceen). Ook dit is gunstig met betrekking tot zettingen, omdat deze wordt bepaald door de verhouding tussen de nieuwe en de oorspronkelijke korrelspanning.

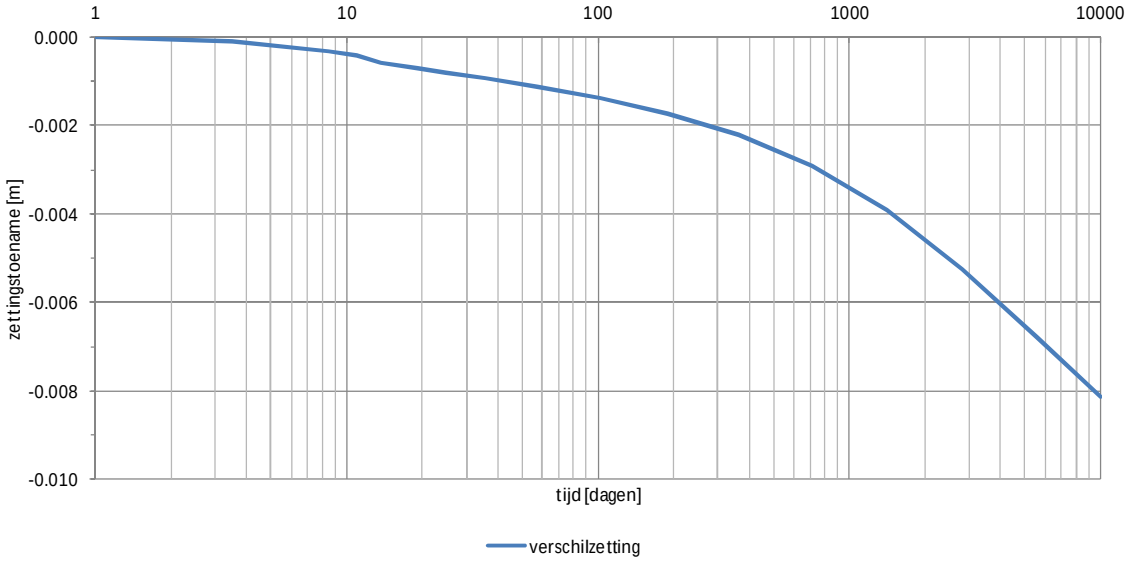
Ter plaatse van de bebouwing aan de Oostveenseweg en de Woudweg bedraagt de maximale stijghoogteverlaging in het eerste watervoerend pakket circa 0,3m à 0,35m. Hierdoor neemt de korrelspanning op de overgang Holoceen-Pleistoceen met 3 kPa à 3,5 kPa en neemt lineair af tot aan het freatische grondwaterniveau.

Om het effect van een verlaging in het Pleistoceen te kwantificeren is een 1D-berekening gemaakt met het Plaxis Soft Soil Creep-model. Hierbij is de bodemopbouw (zie Tabel 5-1) aangehouden die rond compartiment 12 van de verdiepte ligging wordt aangetroffen, omdat hier de zettingsgevoelige veenlagen relatief dik zijn evenals het totale pakket slappe lagen. De gehanteerde zettingsparameters zijn gebaseerd op de parameterset zoals is vastgesteld op basis van de laboratoriumproeven [R20].

bovenkant laag [m NAP]	grondsoort
-3,1	klei, humeus
-4,0	klei, siltig
-4,7	veen
-5,8	klei, siltig
-7,0	veen
-7,3	klei, siltig
-7,6	veen
-8,0	klei, siltig
-16,0	Basisveen
-16,5	klei, siltig
-17,5	Pleistoceen zand

Tabel 5-1 Bodemopbouw t.b.v. zettingsanalyse

In Figuur 5-2 is de berekende zettingstoename weergegeven in de tijd. Hierbij is de kruipdeformatie die optreedt zonder aanleg van de A4 (autonome zetting) afgetrokken van de primaire en secundaire (kruip) zetting als gevolg van de verlaging van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket met 0,35m.



Figuur 5-2 Zettingstoename door afname stijghoogte 1e wvp

Dit resulteert dan in een extra maaiveldzakking kleiner dan 0,5 mm per jaar. In de praktijk valt deze extra zetting volledig weg ten opzichte van de maaiveldzakking als gevolg van veenoxidatie van 5 à 8 mm/jaar die er zonder aanleg van de A4 al was. Daarnaast neemt de toename van de zetting in de diepte snel af, omdat de zetting relatief het grootst is in de veenlagen die zich aan de bovenzijde van het holocene pakket bevinden. Dit betekent bijvoorbeeld dat de zettingstoename van diepere holocene slappe lagen die zich tussen de holocene tussenzandlaag en het pleistocene zandpakket bevinden, verwaarloosbaar klein zal zijn. Hiermee is de zettingstoename van constructies die gefundeerd zijn op de holocene tussenzandlaag ook verwaarloosbaar klein.

Samenvattend:

- funderingen en infrastructuur waarvan het aanlegniveau dicht bij het maaiveldniveau ligt, worden beïnvloed door zowel veenoxidatie als zetting van de holocene slappe lagen. Op de percelen waar in de risicobeschouwing (scenario 3b) een extra verlaging van het freatische peil tot 10 cm wordt berekend, neem de extra veenoxidatie gemiddeld maximaal met 2 mm/jaar toe. De kans dat dit scenario in de praktijk optreedt is klein. Daarnaast bevindt zich op deze locaties geen bebouwing of infrastructuur.
- voor (paal)funderingen met het paalpuntniveau in de holocene tussenzandlaag is de zettingstoename verwaarloosbaar. Dit geldt tevens voor funderingen met het paalpuntniveau in het pleistocene zandpakket.
- in de risicobeschouwing (scenario 3b) is een extra verlaging van het freatische peil tot 10 cm berekend. De kans dat dit scenario in de praktijk optreedt is, zoals eerder genoemd, klein. Er is dan ook geen risico op (een toename van) paalrot. Daarnaast bevinden zich op de betreffende percelen geen bebouwing of infrastructuur.

5.2.2 *DSM onttrekking*

Bij de vorige vergunningaanvraag is rekening gehouden met de huidige DSM-onttrekking in Delft. Deze onttrekking beïnvloedt de huidige stijghoogtes in het eerste watervoerende pakket (Pleistoceen). In de toekomst kan de onttrekking van DSM worden gestopt. Daarnaast moet rekening worden gehouden met zeespiegelstijging en klimaatverandering (ontwerpeis Rijkswaterstaat). De stijghoogtes zullen dan stijgen (ontwerpwaarde NAP -1,9m). Het kweldebiet zal bij stopzetting evenredig toenemen met de toename van het stijghoogteverschil binnen en buiten de kuip. In de oorspronkelijke vergunningaanvraag is uitgegaan van een debiettoename van 10%. Op basis van de resultaten van de analyse met het Delfland-model is deze toename opnieuw bepaald (zie Bijlage 8) en vastgesteld op 5%.

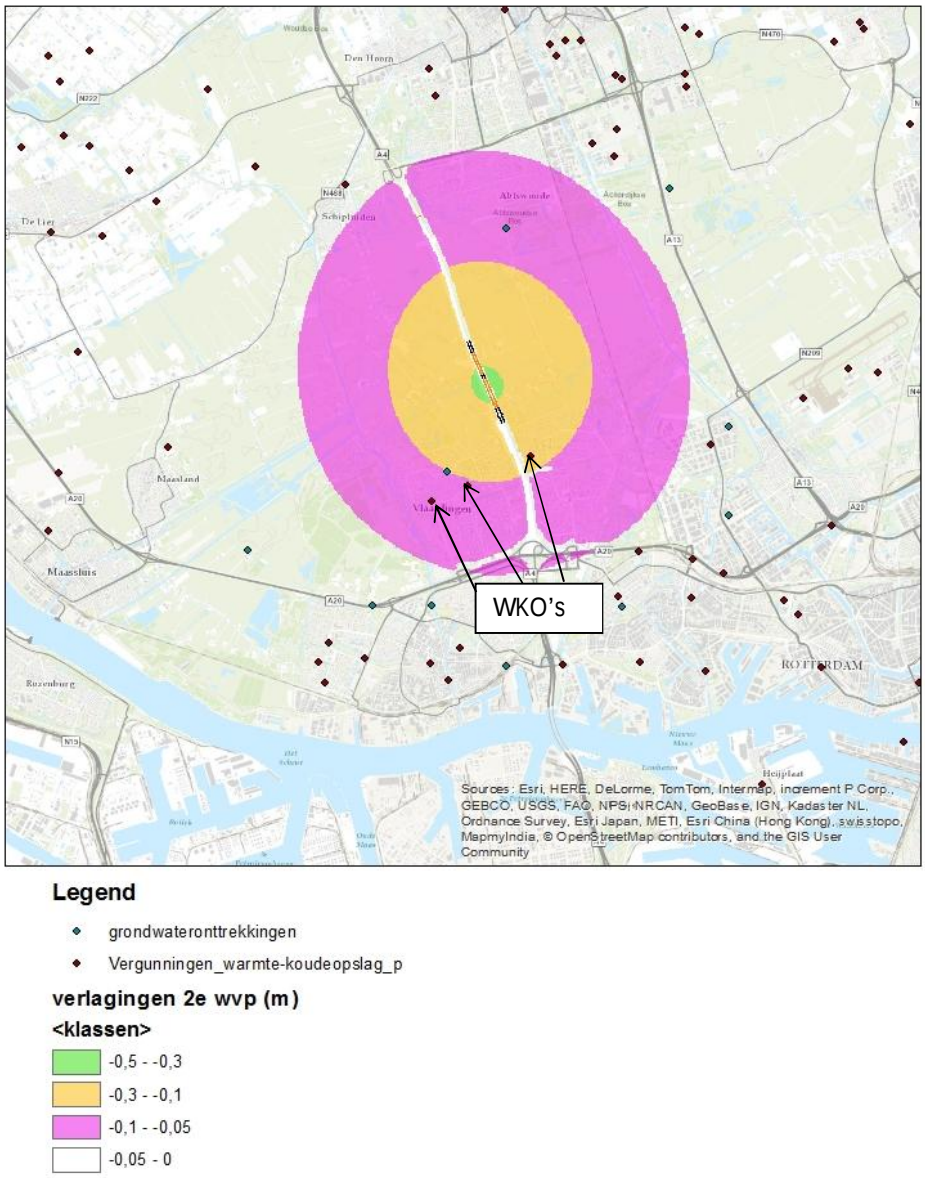
5.2.3 *Warmte-koudeopslagsystemen*

De vergunde warmte-koudeopslagsystemen (WKO's) in de omgeving bevinden zich in het tweede en derde watervoerende pakket. Er bevinden zich 3 vergunde WKO's binnen de 5cm-verlagingscontour van het tweede watervoerende pakket (zie Tabel 5-2; bron: www.provinciaalgeoregister.nl). In Figuur 5-3 staan de verwachte verlagingen in het tweede watervoerende pakket weergegeven volgens de berekeningen met het Delfland-model (Bijlage 8).

Om te onderzoeken in hoeverre sprake is van beïnvloeding van het rendement van de WKO-systemen is met behulp van het Delfland-model berekend wat de veranderingen in stroomsnelheid en stromingsrichting als gevolg van de onttrekkingen in het tweede watervoerende pakket zijn ter plaatse van de WKO-systemen.

Naam	**Adres**	**Vergunde onttrekkings-/infiltratiehoeveelheid [m^3/jaar]**	**Watervoerende pakket**
Woonzorgcentrum Uitzicht	Churchillsingel 483, Vlaardingen	181000	2 en 3
Triade Appartementen	Nabij de Lepelaarsingel, Vlaardingen	117000	2
DrieMaasStede Verpleeg- en Reactivering	Voorberghlaan 35, Schiedam	570000	2 en 3

Tabel 5-2 WKO's binnen 5cm verlagingscontour wvp2 en 3

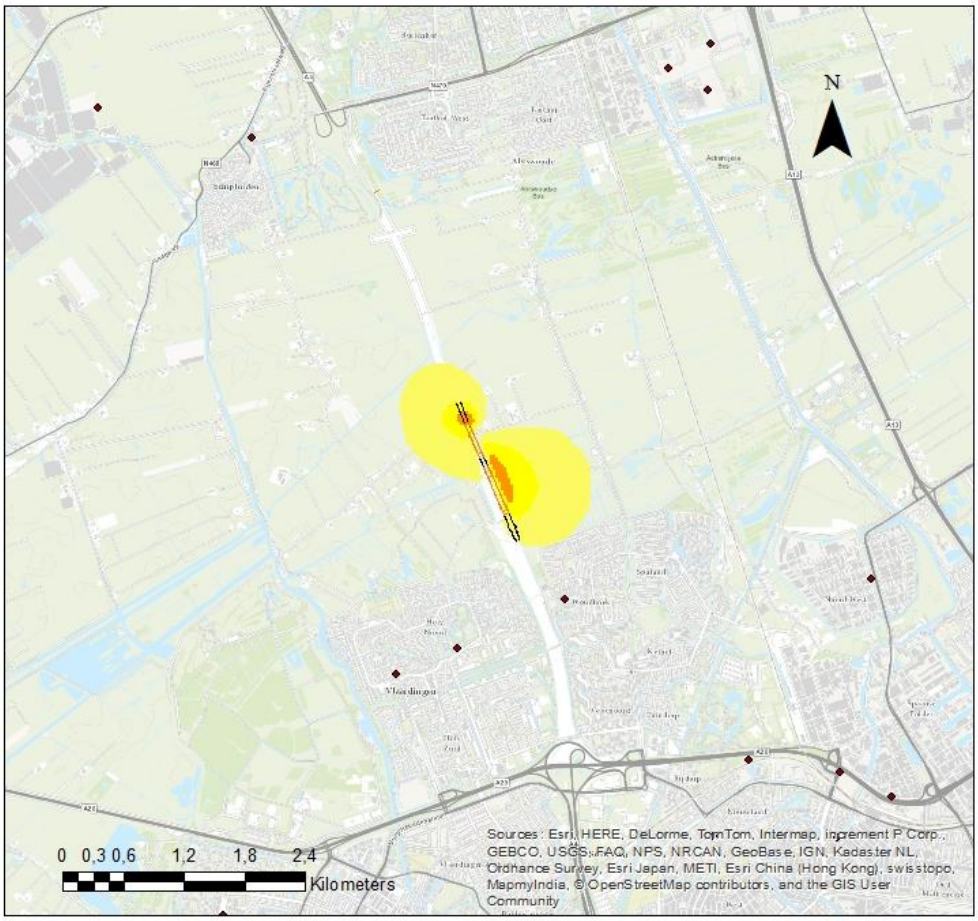


Figuur 5-3 Grondwateronttrekkingen en WKO's binnen 5cm-verlagingscontour wvp2

In Figuur 5-4 is de verandering van de stromingsrichting in het tweede watervoerend pakket in graden weergegeven. Hierin zijn ook de posities van de WKO-systemen aangegeven.
Bij een verandering in de stromingsrichting van >15 graden kan sprake zijn van een significant effect. De WKO-systemen bevinden zich niet in het gebied waar een verandering in stromingsrichting plaatsvindt. Hiermee is er geen significant effect op deze WKO-systemen.

Door toename in stroomsnelheid kunnen ook extra afstroomverliezen ontstaan. Dit kan het rendement van een WKO-systeem beïnvloeden. De huidige grondwaterstroomsnelheid (Darcy-snelheid) in het tweede watervoerende pakket, zoals bepaald op basis van het Delfland-model, bedraagt ter plaatse van de WKO-systemen circa 6m/jaar. Met het Delfland-model is berekend dat ter plaatse van de WKO-systemen de stroomsnelheid met maximaal 15% (ter plaatse van het WKO-systeem DrieMaasStede) tot minimaal 5% (bij het verder weg gelegen WKO-systeem van Woonzorgcentrum Uitzicht) zal toenemen. Met behulp van het programma HST2D (USGS) zijn de gevolgen van de vergroting van de afstroomverliezen berekend. Het rendementsverlies bij de 3

WKO-systemen is kleiner dan 1%. Er zullen hierbij geen negatieve gevolgen zijn voor het rendement van de WKO-systemen als gevolg van de onttrekking bij de A4.



Legenda

wijziging_stromingsrichting_wvp2.ASC

- 0 - 15
- 15 - 30
- 30 - 45
- 45 - 60
- 60 - 75
- 75 - 90
- 90 - 120
- 120 - 150
- 150 - 180

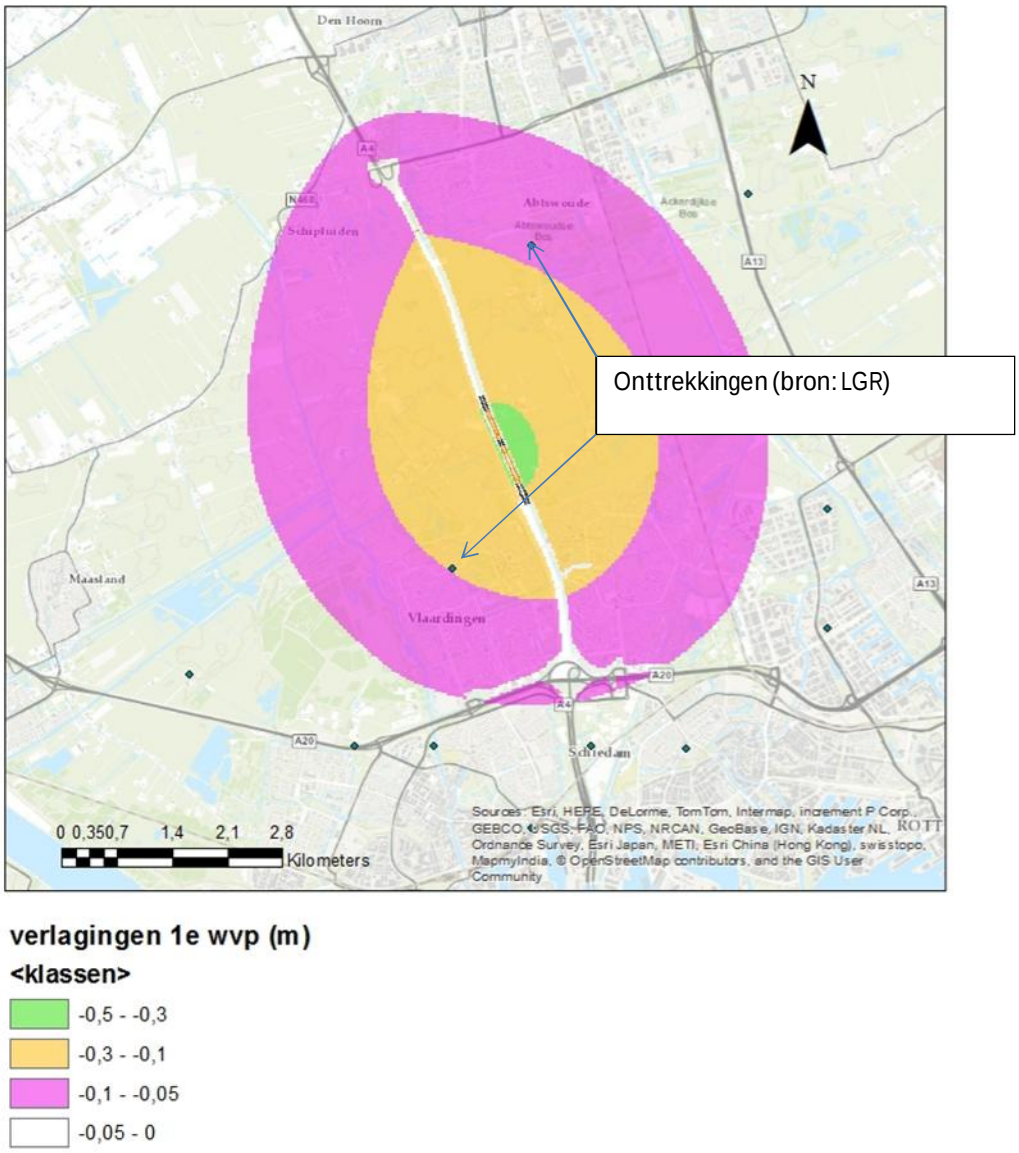
Figuur 5-4 Veranderingen stromingsrichting wvp2

5.2.4 *Overige onttrekkingen*

Er bevinden zich twee overige grondwateronttrekkingen binnen de 5cm-verlagingscontour van het eerste watervoerende pakket (zie Tabel 5-3). De grondwateronttrekkingen komen uit het Landelijk Grondwater Register (LGR).

Naam	Locatie	Vergunde onttrekkingshoeveelheid	Watervoerend pakket
Tennisvereniging Holy	Vlaardingen	max. 3600 m^3/jaar	1*)
Brandweer Abtswoude, brandputten Abtswoude nr. 25, nr. 31 en nr. 50	Schipluiden	bij brand: max. 90 m^3/uur voor beproevingen: max. 45 m^3/jaar	1*)
*) dit aspect staat niet in de vergunningverlening door provincie Zuid-Holland, maar is wel aannemelijk			

Tabel 5-3 Grondwateronttrekkingen binnen 5cm-verlagingscontour wvp1



Figuur 5-5 Onttrekkingen binnen 5cm-verlagingscontour wvp1

In Figuur 5-5 staan deze onttrekkingen (bron: LGR) weergegeven binnen de 5cm-verlagingscontour van het eerste watervoerende pakket. De twee vergunde grondwateronttrekkingen worden niet negatief beïnvloed, omdat deze gezien het grote doorlaatvermogen van het eerste watervoerend pakket niet minder kunnen onttrekken als gevolg van de onttrekking bij de A4.

5.2.5 *Grondwaterkwaliteit*

Het grondwater in het eerste en tweede watervoerende pakket is zout[2]. Er vindt in de polder zoute kwel plaats door de deklaag. In de nieuwe situatie wordt een klein deel van dit kwelwater opgevangen binnen de half verdiepte en verdiepte ligging en gescheiden van het regenwater (zie paragraaf 6.2). Dit kwelwater wordt met een persleiding afgevoerd naar de Nieuwe Waterweg (eis HHD). Zodoende wordt de grondwaterkwaliteit niet negatief beïnvloed.

5.2.6 *Peilbeheer in de polder*

Conform de vigerende peilbesluiten worden de peilen gehandhaafd in de Holierhoekse en Zouteveense polder. In de zomermaanden wordt er water ingelaten, omdat het verdampings-overschot dan vele malen groter is dan de kwel. Het kweldebiet door de holocene deklaag is, gezien de hoge weerstand van de deklaag en de verlaging van de onttrekking door DSM, gering. Door Deltares zijn niet-stationaire berekeningen met het Delfland-model uitgevoerd (droge zomer die gemiddeld één keer per 20 jaar voorkomt; zie Bijlage 8) om de effecten op het topsysteem en de freatische grondwaterstanden te berekenen. De belangrijkste conclusies zijn:

- Het effect op de verlaging van de freatische grondwaterstand door de verlaging van de stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerend pakket aan het einde van een langdurig droge periode die gemiddeld één keer per 20 jaar voorkomt is kleiner dan 0,05m.
- Verwacht wordt dat al het uit de half verdiepte en verdiepte ligging vrijkomende kwelwater uit topsysteem van het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland afkomstig is. Dit betekent dat in een gemiddelde winterperiode met neerslagoverschot de waterbeheerder minder water uit de polder hoeft uit te slaan. In een gemiddelde zomerperiode met een neerslagtekort zal extra water moeten worden ingelaten om de (grond)waterpeilen gelijk te houden. De verhouding tussen deze extra in te laten hoeveelheid en de totale in te laten hoeveelheid (neerslagtekort) is groter dan de verhouding tussen de afname van de hoeveelheid weg te pompen water en de totale hoeveelheid weg te pompen water (neerslagoverschot).
- het effect van extra bodemdaling door veenoxidatie en zetting van samendrukbare lagen is verwaarloosbaar ten opzichte van de autonome maaiveldzetting in het gebied. Daarom is er geen extra effect vanuit bodemdaling op het peilbeheer.

5.2.7 *Bodemverontreiniging*

Binnen de systeemgrenzen bevonden zich locaties waar een bodemverontreiniging is geconstateerd. Deze locaties zijn gesaneerd tijdens de uitvoering van het project A4 Delft-Schiedam. Alleen mobiele verontreinigingen die in het eerste watervoerende pakket of de holocene tussenzandlaag aanwezig zijn en binnen de 5cm-verlagingscontour liggen (zoals BTEX, aromaten, etc.) zouden kunnen worden beïnvloed. Van beïnvloeding is sprake als de Interventiewaardecontour wordt vergroot dan wel veranderd. Indien door de onttrekkingen een richtingsverandering en vergroting van de afgelegde weg in 30 jaar van meer dan 15% heeft plaatsgevonden is sprake van een significant effect.

Uit onderzoek via de webapplicaties www.bodemloket.nl en via de website van de Milieudienst Rijnmond (www.dcmr.gisinternet.nl) is gebleken dat zich weliswaar verontreinigingslocaties bevinden

[2] uit de waterkwaliteitsmetingen (zie Bijlage 6) blijkt dat zich, in tegenstelling tot wat wordt verondersteld, aan de bovenzijde van het 2e watervoerend pakket een zoetwaterbel te bevinden.

binnen de 5cm-contour van het eerste watervoerende pakket (zie Figuur 5-6) maar dat zich hier geen mobiele verontreinigingen in het eerste watervoerende pakket of holocene tussenzandlaag bevinden. Er is hiermee geen effect op bodemverontreinigingen.

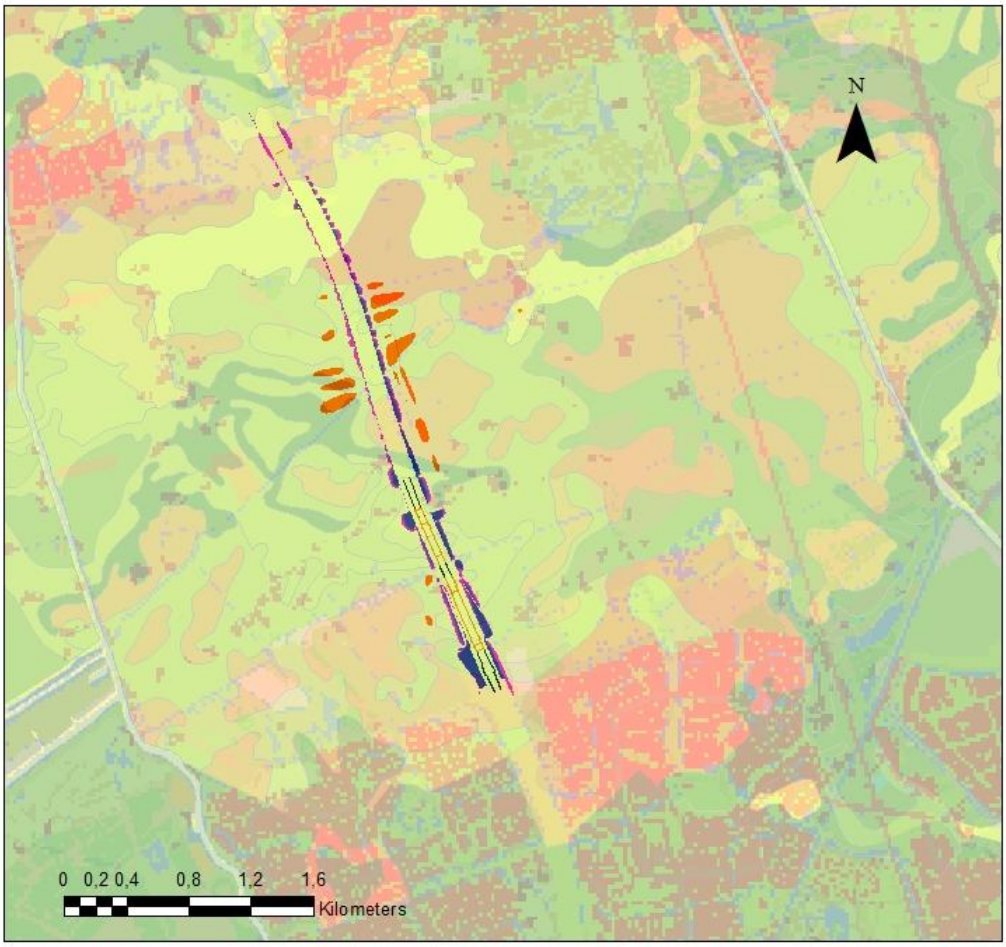
Figuur 5-6 Bodemverontreinigingslocaties binnen 5cm-verlagingscontour wvp1 (bron: www.bodemloket.nl)

5.2.8 *Landbouwschade*

Door Deltares is de daling van het freatisch vlak als gevolg van het kweldebiet in de A4 berekend aan het einde van de zomer die gemiddeld één keer in de 20 jaar voor de risicobeschouwing (scenario 3b). De gebiedjes waar deze daling meer is dan 5 cm zijn weergegeven in Figuur 5-7. Tegen het tracé zijn enkele gebieden aangegeven waar de grondwaterstand toeneemt. Deze zijn het gevolg van nieuw aangelegd oppervlaktewater en blijven verder buiten beschouwing.

Landbouwschade wordt berekend uit de verandering (daling) van de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GHG en GLG). De bodem in de gebieden met berekende verlaging van meer dan 5 cm zijn bekend als “Koopveengronden of een samengestelde kaarteenheid” en een grondwatertrap II [R22]. Grondwatertrap II wil zeggen dat de GHG tot aan maaiveld kan komen en dat de GLG zich tussen de 50 en 80 cm –mv bevindt. Het landgebruik is voornamelijk grasland [R23].

Daling van de freatische grondwaterstand zou kunnen leiden tot vermindering van optredende natschade en toename van de droogteschade. De veranderingen van de GHG en GLG zijn niet berekend. Bij wijze van worst-case zijn de verlagingen in het freatisch vlak in een 5% droog jaar (risicoanalyse) afgetrokken van de GLG en is alleen de toename in droogteschade berekend. Met behulp van voor dit doel algemeen gebruikte HELP-schadetabellen [R24] is de toename berekend van droogteschade op de percelen voor de gebiedjes in Figuur 5-7. Met de berekende daling van het freatisch vlak met meer dan 5 cm is de gemiddelde verlaging minder dan 10 cm. Voor deze gebieden wordt bij wijze van worst-case uitgegaan van een gemiddelde verlaging van het freatisch vlak door het kweldebiet van de A4 van 10 cm.



Legenda

Veranderingen freatische grondwaterstand

<m>

- -1,4- -0,5
- -0,5 - -0,25
- -0,25 - -0,15
- -0,15 - -0,1
- -0,1 - -0,05
- -0,05 - 0,05
- 0,05 - 0,1
- 0,10 - 0,15
- 0,15 - 0,25
- 0,25 - 0,5

Figuur 5-7 Bodemkaart [R22] met berekende extra verlaging freatisch vlak door kweldebiet A4 gedurende de zomer in een 5% droog jaar (risicobeschouwing)

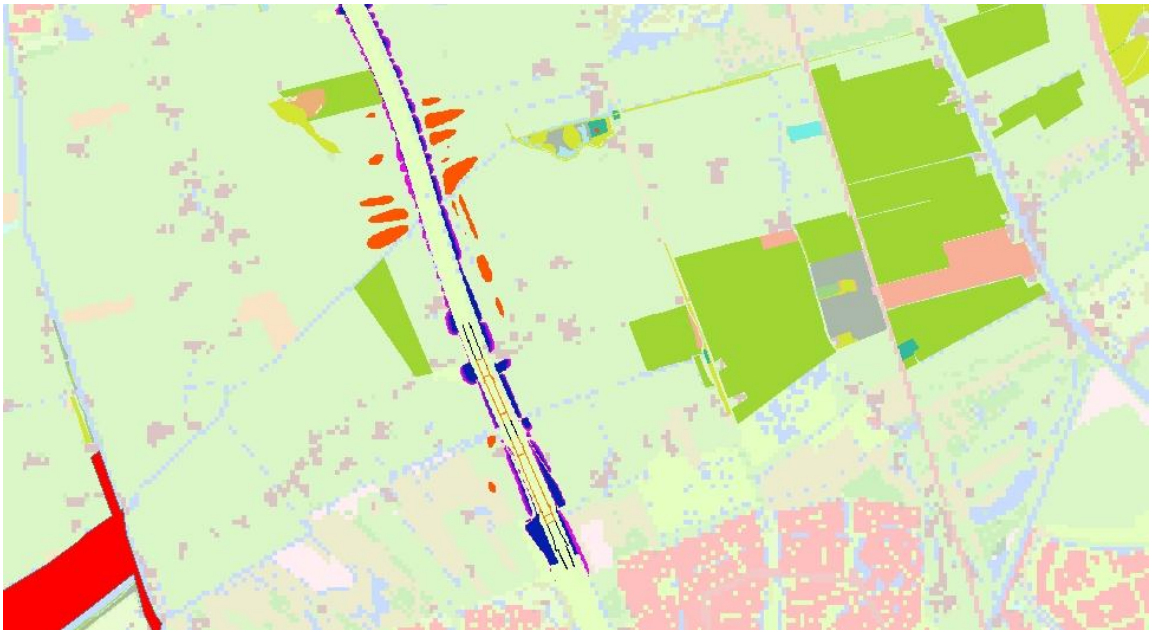
Bij 10 cm daling van de GLG blijkt hieruit een vermindering met 1% van de jaarlijkse opbrengst in termen van droge stof. De jaarlijkse opbrengst van Engels raaigras (meest voorkomende grassoort) op veenweidegebied bedraagt 4.000 tot 20.000 kg [R25]. Deze 1% droogteschade moet worden afgezet tegen de potentiële opbrengst van, in dit geval, grasland.

De opbrengst van grasland verschilt van jaar tot jaar en zelfs van maand tot maand. In 2014 bracht Engels raaigras (meest voorkomende grassoort) circa EUR 150,--/1000 kg droge stof op (prijzen volgens Prijs Informatie Desk van het Landbouw Economisch Instituut, BINternet).
Uitgaande van 1% reductie van een maximale opbrengst 20000 kg/ha/a à 150 Euro/1000 kg, over 11 ha bedraagt de droogteschade door het kweldebiet in de A4 330 Euro per jaar.
Dit getal is gebaseerd op een worst-case benadering en betreft verlaging en maximale droogteschade op basis van maximale opbrengst tegen het prijspeil van 2014.

5.2.9 *Natuur*

In Figuur 5-8 staan de natuurwaarden (bron: www.provinciaalgeoregister.nl) geprojecteerd op de veranderingen van het freatisch vlak (verlaging is oranje; verhoging is donkerblauw en paars) aan het einde van een droge zomer die gemiddeld één keer per 20 jaar voorkomt (incl. risicobeschouwing). Het betreft:

- Vlietlanden en graslanden langs Vlaardingervaart (hoge botanische waarde, rood in figuur 5-8 weergegeven)
- natuurontwikkelingen die onder andere in het kader van de Integrale Ontwikkeling tussen Delft en Schiedam (IODS) plaatsvinden (groen in figuur 5-8 weergegeven).

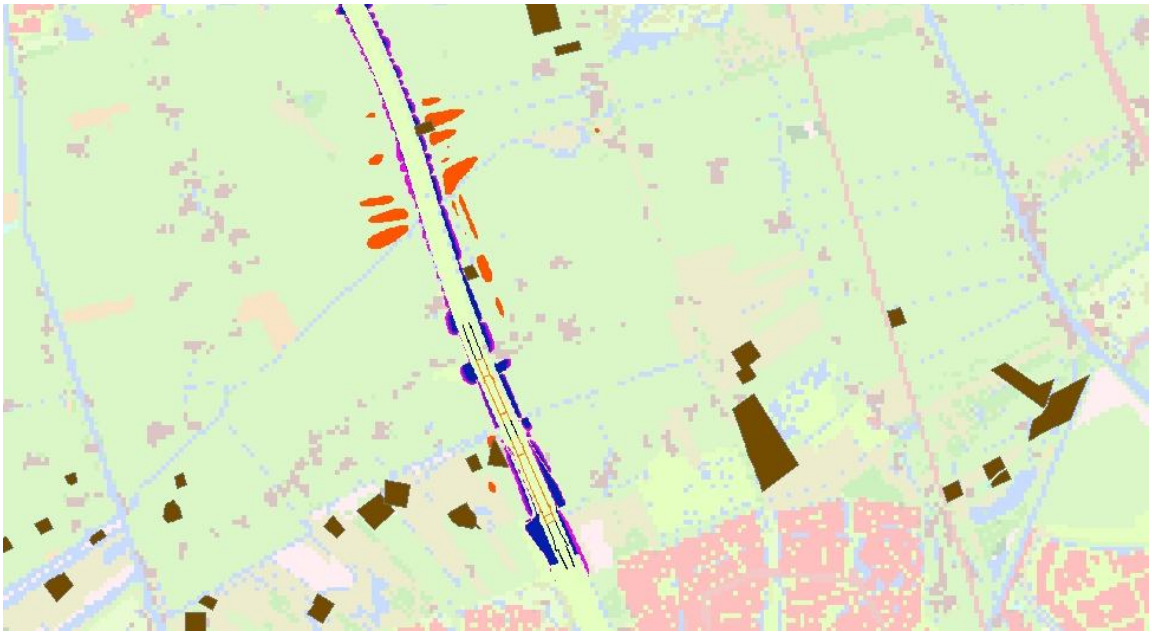


Figuur 5-8 Natuurwaarden (Ambitiekaart Natuurbeheerplan) met verlagingscontouren freatisch vlak voor risicobeschouwing

Uit het Delfland-model volgt dat er geen invloed is op het freatisch vlak in de natuurgebieden. De minieme afname in zoute kwel is een positief effect. Er zijn daarom geen negatieve effecten op de natuurwaarden in het gebied.

5.2.10 *Archeologie*

In Figuur 5-9 staan de veranderingen van het freatisch vlak (verlaging is oranje; verhoging is donkerblauw en paars) aan het einde van een droge zomer die gemiddeld één keer per 20 jaar voorkomt van de risicobeschouwing, geprojecteerd op het voorkomen van archeologische objecten (www.provinciaalgeoregister.nl).



Figuur 5-9 Archeologische objecten met verlagingscontouren freatisch vlak voor risicobeschouwing

Ter plaatse van de gebieden waar effecten op de freatische grondwaterstanden zijn te verwachten bevinden zich, met uitzondering van een object langs de half verdiepte ligging (voormalige huisterp), geen archeologische objecten. Deze locatie is onderzocht, waarbij geen archeologische waarden zijn aangetroffen. Er zijn hiermee geen negatieve effecten op archeologische objecten.

5.2.11 *Overige belangen*

Er zijn geen andere belangen naar voren gekomen als gevolg van de vergrote contour. Deze zijn daarom niet gewijzigd ten opzichte van de vergunningaanvraag. Overige belangen zijn, voor zover bekend, niet in het geding.

6 Beschouwde maatregelen

6.1 Inleiding

Om het effect van de afwijkingen van het debiet en de stijghoogteverlagingen door de aanleg van de verdiepte ligging nog verder te beperken, zijn reeds een aantal maatregelen getroffen. Bij het verder afbouwen van de verdiepte ligging worden tussen de Oostveenseweg en de Woudweg watergangen naast de wanden aangebracht. Ook ter plaatse van de half verdiepte ligging worden nog watergangen aangebracht. Hierdoor zal de waterstand in de resterende zandbaan naast de constructie zich herstellen.

De afwijking van het kweldebiet heeft er toe geleidt dat het ontwerp van het afvoersysteem van het kwelwater is aangepast, zodat dit ook een robuust systeem is voor het verhoogde debiet. Dit systeem wordt in de hierop volgende paragraaf behandeld.

Naast de reeds getroffen maatregelen is tevens gekeken naar andere mogelijke maatregelen om het effect van de afwijkingen op het waterbeheer nog effectief te minimaliseren. Hierbij is gekeken naar correctieve (constructieve) maatregelen, mitigerende/compenserende maatregelen en aanvullend onderzoek. Deze aspecten en de effectiviteit ervan worden behandeld vanaf paragraaf 6.3.

6.2 Afvoersysteem kwelwater

Naar aanleiding van het grotere kweldebiet in TD2 en TD3 is het ontwerp van het drainage en afvoersysteem aangepast en wordt de afvoercapaciteit verhoogd. In Bijlage 9 is een uitgebreide beschrijving van dit systeem opgenomen.

Doordat het opvang- en afvoersysteem voor grond- en hemelwater gescheiden worden aangelegd (voorschrift 5) en het kwelwater (grondwater) naar de Nieuwe Waterweg wordt afgevoerd voldoet het afvoersysteem aan de voorschriften en uitgangspunten van de watervergunning.

Naar aanleiding van het toegenomen kweldebiet is het ontwerp van het riolerings-, drainage-, en afvoersysteem naar de Nieuwe Waterweg aangepast. Daarnaast zijn een aantal calamiteitenscenario's beschouwd. Naar aanleiding hiervan zijn de volgende wijzigingen en beheersmaatregelen getroffen:

- In de verdiepte ligging is een separaat gesloten leidingsysteem aangelegd en aangesloten op de ontlastbronnen voor de afvoer van het kwelwater uit de verdiepte ligging. Tevens is er een waarschuwingssysteem opgenomen bij moment van overstort kwelwater op het riool;
- Vanaf de Verdiepte Ligging tot aan de Nieuwe Waterweg is de afvoerleiding dubbel uitgevoerd;
- Alle pompen in de pompputten worden dubbel uitgevoerd en zijn elkaars reserve;
- Alle pompputten zijn voorzien van een signalerings- en waarschuwingssysteem. ;
- De stroomvoorziening vanuit het dienstgebouw is redundant uitgevoerd; het systeem kan van 2 zijden gevoed worden;
- In geval van een calamiteit kunnen de pompen uitgezet worden en kan verontreinigd water separaat afgevoerd worden. Deze situatie zal Rijkswaterstaat toevoegen aan bestaande calamiteitenscenario's. A4all zal hiertoe input leveren met de beheer- en onderhoudsplannen.

Op basis van deze voorzieningen is er sprake een robuust en betrouwbaar afvoersysteem.

6.3 Bepalingsmethode effectiviteit mogelijke maatregelen

In voorschrift 7 van de watervergunning [R3] worden een aantal beheersmaatregelen genoemd. Tijdens brainstorm sessies zowel intern (A4all en RWS) als wel extern (HHD, RWS en A4all) is er nagedacht over extra maatregelen die tot een verlaging van het debiet zouden zorgen en de verlaging van de stijghoogte te niet zouden doen of zouden reduceren. Er is door de deelnemers gekeken naar correctieve, mitigerende en compenserende maatregelen. Deze zijn weer onder te verdelen naar maatregelen in vloer en wand en eventueel extra uit te voeren onderzoek. Voor compenserende maatregelen is dit onder te verdelen in onder andere, infiltratie systemen en aanpassen polder beheer. De resultaten hiervan zijn uitgewerkt in een matrix die is opgenomen in Bijlage 10. Hierbij zijn de volgende aspecten beschouwd:

- Effectiviteit
  - Debiet
  - Stijghoogte
- Duurzaamheid
  - Kwaliteit
  - Onderhoud
- Techniek
  - Ervaring (bewezen techniek)
- Uitvoerbaarheid
  - Complexiteit
  - Nauwkeurigheid
- Snelheid
  - Tijd in klasse onderverdeeld
- Kosten
  - Uitvoering
  - Onderhoud.

Van de maatregelen die naar voren gekomen zijn, is per maatregel/extra onderzoek door de deelnemers van de interne brainstormsessie een voorkeur aangegeven waarvan zij dachten dat ze de meeste kans van slagen hadden of het beste effect zouden hebben op het debiet en omgevingsbeïnvloeding. De hieruit ontstane top 3 wordt in onderstaande paragrafen beschreven.

Het doel van deze paragraaf is toelichten hoe de maatregelen matrix opgezet is en hoe de maatregelen en extra onderzoeken scoren en waarom deze positief of negatief scoren.

De maatregelen worden gekwantificeerd aan de hand van de punten die in Figuur 6-1 staan weergegeven. De kwantificering loopt van zeer goed tot uitzonderlijk slecht voor de maatregelen en qua tijd en geld wordt de kwantificering uitgedrukt in klasse 1 tot en met 6. De eindscore van een maatregel wordt bepaald door het optellen van de score. Deze score kan positief, neutraal of negatief uitvallen.

Zeer goed	Goed	Neutraal	Slecht	Zeer slecht	Uitzonderlijk slecht
++	+	0	-	--	---
			benoem risico	benoem risico	benoem risico

Geld (G)		Tijd (T)		Score
1	< 1 miljoen	1	< 1 mnd	++
2	1 - 5 miljoen	2	1 - 3 mnd	+
3	5 - 15 miljoen	3	3 - 6 mnd	0
4	15 - 30 miljoen	4	6 - 12 mnd	-
5	30 - 45 miljoen	5	12 - 24 mnd	--
6	> 45 miljoen	6	> 24 mnd	---

Figuur 6-1 Overzicht kwantificatie maatregelen

6.4 Maatregelen wand

Maatregelen die te treffen zijn voor mogelijke wandreparaties:

- Jetgroutkolommen
- Cement-bentonietwand:
  - CB-wand met folie tot in Kedichemkleilagen buitenzijde compartiment
  - CB-wand met folie tot in Kedichemkleilagen binnenzijde compartiment
  - CB-wand zonder folie buitenzijde compartiment
- Damwand tot in Kedichemkleilagen buitenzijde compartiment
- Diepwand tot in Kedichemkleilagen buitenzijde compartiment
- Damwand sloten dichtlassen
- Afgieten CB-wand aan de buitenzijde ter plaatse van de watergangen
- Retourbemaling
- Vloerconstructie
- V-polder.

Tijdens de brainstormsessie zijn per deelnemer twee voorkeuren aangegeven voor maatregelen op basis van kennis, kunde en ervaring. Deze voorkeuren zijn gestoeld op slagingskans in relatie tot het voldoen aan de vergunningseisen van het HHD ten aanzien van peil- en stijghoogteverlagingen en het toegestane debiet. De top drie die hieruit ontstaan is, betreft:

1. CB-wand met folie (binnen/buitenzijde)
2. Vloerconstructie
3. BioSealing

De top drie wordt hieronder ook kort beschreven. Dit is geen top drie op basis van eindscore in de matrix, maar een top drie die gekozen is door de deelnemers van de brainstormsessie.

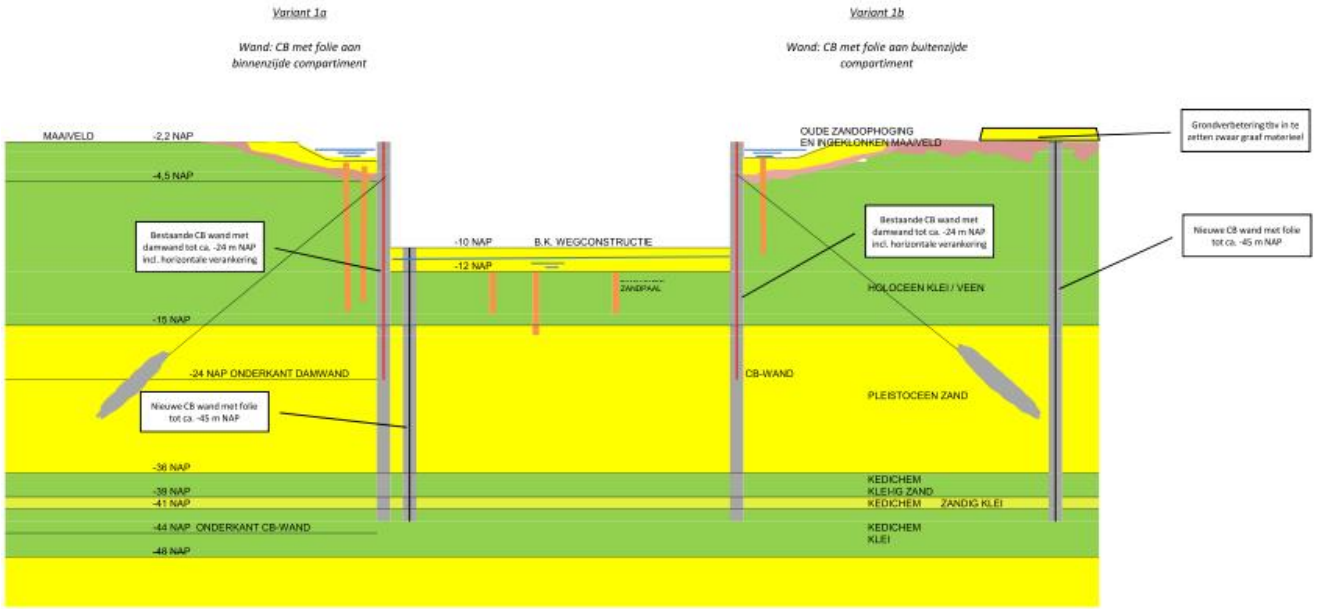
6.4.1 *CB-wand (binnenzijde/ buitenzijde)*

Het plaatsen van een cement-bentonietwand aan de binnen of buitenzijde van het compartiment behoort tot de eventuele mogelijkheden. Na een nadere beschouwing op de uitvoerbaarheid van een wand aan de binnenzijde (met of zonder folie) van het compartiment is naar voren gekomen dat het aanbrengen van een extra wand aan de binnenzijde een compartiment van de verdiepte ligging niet mogelijk is. De wandconstructie is in de huidige situatie horizontaal in evenwicht. Wanneer er aan de binnenzijde vanuit de ontgraven bouwkuip een nieuwe wand aangebracht wordt (de passieve zijde van de huidige wand) zal de passieve zijde tijdelijk niet de benodigde druk kunnen geven, omdat de aanwezige druk verlaagd wordt door het graven van de nieuwe wandconstructie. Hierdoor zal de

bestaande wand bezwijken. Het compenseren van deze druk door de steunvloeistof is in ontgraven toestand van de bouwkuip niet mogelijk. Dit vertaalt zich in een negatieve score en een niet uitvoerbare maatregel in de maatregelen matrix.

Het plaatsen van een cement-bentonietwand aan de buitenzijde (met en zonder folie) van het compartiment blijft hierdoor als andere mogelijkheid over. Om deze wand aan te kunnen brengen dient deze buiten het invloedsgebied van de huidige wandverankering geplaatst te worden. Dit betreft minimaal 30 meter uit de bestaande wand. Dit houdt in dat de wand buiten de werkgrens/TB-grens komt te liggen.

De keuze van een cement-bentonietwand met of zonder folie kan worden beperkt tot een wand met folie. Dit om alle mogelijke lekkage uit te sluiten. Het nadeel hiervan is dat een cement-bentonietwand met een foliescherm tot NAP -45m (vanaf een maaiveld van ca. NAP -2m) een onbewezen methode is en in Nederland nog nooit is uitgevoerd.



Figuur 6-2 Schematische weergave optie met CB-wand

Omdat de wand buiten de systeemgrens aangebracht dient te worden, en deze gronden niet in eigendom zijn van RWS, zullen de benodigde gronden moeten worden aangekocht. Aankoop van grond tot en met bouw van de wand zal leiden tot forse planningsconsequenties.

Daarbij is de begaanbaarheid van het terrein buiten de werkgrens (veenweide-poldergebied) met het materieel om de cement-bentonietwanden te graven in huidige situatie niet mogelijk. Om het mogelijk te maken om met het materieel ter plaatste te komen dient het terrein hier voor ingericht te worden. Dit houdt in dat er een voorbelasting van het terrein aangebracht dient te worden om een stabiel werkniveau te verkrijgen. Door deze voorbelasting zullen wateroverspanningen ontstaan die weg moeten dissiperen om een enigszins stabiele situatie te krijgen. In tijd gezien duurt dit minimaal zes tot negen maanden. Tijdens de uitvoering van de cement-bentonietwanden zal er mogelijk nog een restzetting ontstaan in de ondergrond. Wanneer deze restzetting te groot is in relatie tot mogelijke vervormingen in de wand, dient de consolidatie tijd verlengd te worden naar in totaal 12 maanden.

De aansluitingen op de bestaande constructie zijn kritisch. De nieuwe wand dient namelijk aangesloten te worden op de bestaande wand. De aansluitingen op compartiment 14 dienen door de

Woudweg gegraven te worden. De aansluiting op compartiment 11 zal aan de oostzijde door het huidige fietspad heen gelegd dienen te worden. De aansluiting op compartiment 11 aan de westzijde vormt een minder groot probleem qua obstakels zo als bebouwing of wegen.

Aan de westzijde ligt ter hoogte van compartiment 12 (Ecoaquaduct) een boerderij die in definitieve situatie blijft bestaan. Dit vormt een obstakel wanneer de wand tegen de systeemgrens aangelegd wordt. Het is mogelijk om de wand verder buiten de werkgrens te leggen zodat deze boerderij geen groot obstakel vormt. Het nadeel hiervan is dat door de verlaging van de stijghoogte tussen de nieuwe en bestaande wand zetting optreedt. Deze zetting kan voor schadelijke gevolgen leiden aan de bestaande bebouwing.

De Zweth dient ook gekruist te worden met de wand. Ter plaatste van de Zweth zal een constructie moeten worden aangelegd om de Zweth niet te belemmeren.

Tevens ligt er aan de westzijde van het tracé een gasleiding. Deze vormt ook een groot obstakel aangezien deze niet mag worden beïnvloed door zettingen en werkzaamheden aan de A4.

Conclusie:
De maatregel ‘CB-wand met folie aan de binnenzijde’ valt af omdat deze constructietechnisch gezien niet haalbaar is in verband met de stabiliteit van de huidige wandconstructie. De maatregel ‘CB-wand met folie aan de buitenzijde’ kent dermate grote gevolgen (tijdtechnisch, uitvoeringstechnisch en kostentechnisch) dat deze uitermate slecht beoordeeld wordt.

Beide maatregelen zijn daarom niet realistisch als oplossing voor de debietoverschrijding en omgevingsbeïnvloeding (verlaging van stijghoogte).

6.4.2 *Retourbemaling*

Een retourbemalingsysteem zou aangelegd moeten worden buiten de compartimenten van de A4 en binnen de systeemgrens. Het water uit de ontlastbronnen dient dan geretourneerd te worden in het pleistocene pakket.

Per ontlastbron zouden er circa drie retourinstallaties aangebracht moeten worden. In totaal zouden er dan circa 30 systemen aan beide zijde van de A4 aangelegd te worden. Vanuit het compartiment zou het water dan naar buiten moeten worden gebracht om zo het retoursysteem in te brengen.

Om een systeem in het compartiment aan te leggen die er voor zorg draagt dat het water vanuit de ontlastbronnen naar buiten wordt gepompt is nauwelijks in te passen in de constructie. Er zouden pompkelders aangebracht moeten worden waar het water in opgevangen wordt, waarna het naar het retourbemalingsysteem wordt gepompt. Dit alles dient zuurstofloos te gebeuren vanwege het oxideren van de mineralen in het water. Deze oxidatie zorgt voor het verstoppen van het gehele systeem. Om dit te voorkomen zou om de vijf maanden onderhoud gepleegd moeten worden aan het systeem om het operationeel te houden.

Technisch gezien is het zuurstofloos uitvoeren en houden van het systeem complex. Dit blijkt uit praktijkervaringen met dergelijke retourbemalingen, waarbij zeer regelmatig onderhoud nodig is om verstoppingen van de infiltratieputten door oxidatie te verhelpen.. De ervaringen die er tevens zijn met retourbemaling op dit project zijn ook niet positief om de hierboven genoemde reden. De maatregel is reeds uitgeprobeerd om de stijghoogte verlaging op de systeemgrens tegen te gaan, maar functioneerde al snel niet meer door verstoppingen.

Gezien de hierboven genoemde argumenten is retourbemaling voor de lange termijn geen betrouwbare maatregel voor het compenseren van de stijghoogteverlaging in het Pleistoceen.

Conclusie

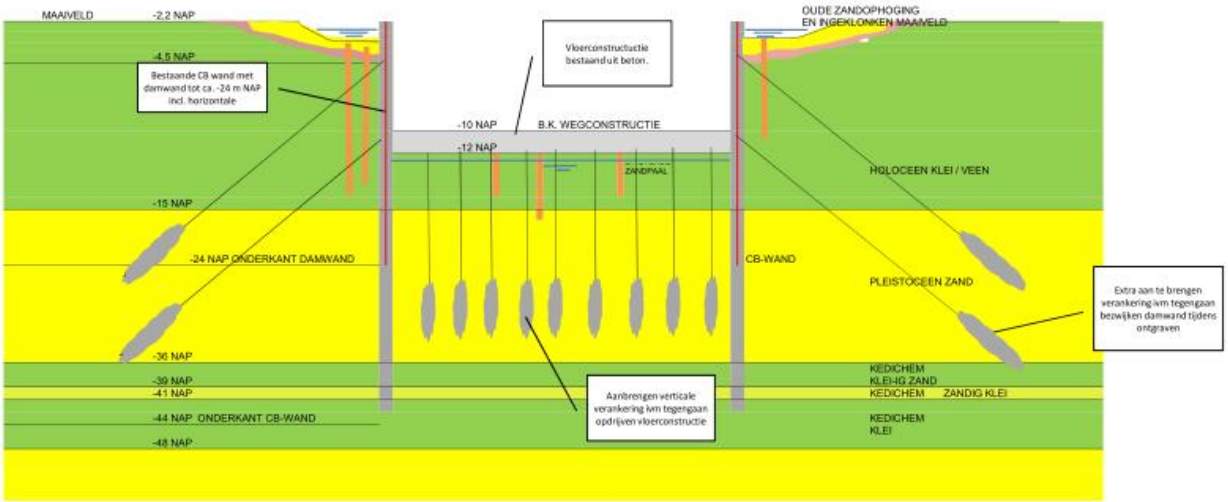
De hoeveelheid retoursystemen die aangebracht moeten worden, de hoeveelheid onderhoud die er aan dient te gebeuren en het niet gasloos zijn van het water uit de ontlastbronnen zorgt ervoor dat een retourbemaling geen uitvoerbaar idee is als compenserende maatregel.

6.4.3 *Vloerconstructie*

Het aanbrengen van een vloerconstructie is ook een van de maatregelen die naar voren kwam als voorkeur tijdens de brainstormsessies. Om de debietoverschrijding en de stijghoogte verlaging te minimaliseren of te neutraliseren is een vloerconstructie voor de wand en vloer een mogelijke maatregel. Beide lekkage mechanisme (wand en vloer) worden door de vloerconstructie namelijk aangepakt. Deze vloerconstructie zal in de compartimenten 11 tot en met 14 aangebracht worden.

Om een vloerconstructie aan te brengen dient eerst het ontwerp aangepast en opgesteld te worden en inpasbaar worden gemaakt in de huidige situatie. Dit zal behoorlijke tijdsconsequentie hebben. Het maken van een nieuw en inpasbaar ontwerp zal minimaal 4 tot 6 maanden in beslag nemen. Na gereed komen van het definitieve ontwerp (DO) dient er een nieuwe bouwvergunning aangevraagd te worden. Dit omdat de huidige bouwvergunning afgegeven is op het huidige ontwerp en niet voorziet in het aanbrengen van een constructieve vloerconstructie. Voor het doorlopen van een vergunningsaanvraag staat normaliter 26 tot 40 weken.

In Figuur 6-3 is een globale schets weergegeven hoe deze vloerconstructie eruit kan komen te zien. Om de vloerconstructie aan te kunnen brengen dient eerst de reeds aangebrachte riolering, bergingsriolen en kabels en leidingen stroken verwijderd te worden om het mogelijk te maken om het benodigde grondwerk en funderingswerk uit te voeren.



Figuur 6-3 Schematische weergave vloerconstructie

Uit het ontwerp zal blijken of dit grondwerk en/of funderingswerk in de droge of in de natte uitgevoerd dient te worden. Zoals in Figuur 6-3 aangegeven staat, benodigd de vloerconstructie extra wandverankering en vloerverankering. De wandverankering is benodigd om bezwijken van de huidige wand tegen te gaan wanneer het grondwerk uitgevoerd wordt. De vloerverankering is benodigd om te voorkomen dat de vloer opdrijft als gevolg van de waterdruk onder de vloer. Het aanbrengen van deze verankeringen zal minimaal 8 tot 10 maanden in beslag nemen.

De vloerconstructie zal bestaan uit een gewapende betonnen vloer die wordt gebouwd in verschillende moten (vloerdelen). In deze vloerconstructie dienen de kabels en leidingen tracés, de riolering en de bergingsriolen aangebracht te worden. Dit proces heeft grote tijdsconsequenties. Het aanbrengen van de vloerconstructie zal daardoor minimaal 10 tot 12 maanden in beslag nemen.

Ter plaatse van de aanwezige kunstwerken (Oostveenseweg, Eco-aquaduct en Woudweg) is het ontwerp en de uitvoering van de vloerconstructie extra gecompliceerd. De wandconstructie bestaat hier namelijk uit diepwanden (gewapende in de grondgevormde betonnen wanden). Deze zijn uitgerekend op het huidige ontwerp. Wanneer er een vloerconstructie aangebracht wordt tegen de diepwand, wordt deze constructie op een andere wijze belast waarop deze niet uitgelegd is. Het aanpassen van de diepwanden om de nieuwe vloerbelasting op te nemen is daarmee technisch gecompliceerd en wellicht uitvoeringstechnisch niet mogelijk.

Een andere complicatie is de aansluiting tegen de dienstgebouwen en trappenhuizen aan. De dienstgebouwen en trappenhuizen zijn ook ontworpen op het huidige ontwerp. Door het aanbrengen van een vloerconstructie zal de stijghoogte in het compartiment verhoogd worden ten opzichte van het huidige ontwerp. Hierdoor wordt de opwaartse druk groter. De fundering is op deze verandering van stijghoogte niet ontworpen. Daarnaast moet de vloerconstructie waterdicht worden aangesloten op de vloerconstructie van de dienstgebouwen en de trappenhuizen en op de omringende wandconstructie.

Conclusie
Het aanbrengen van een vloerconstructie heeft een zeer grote tijdsconsequentie. Ontwerp (circa half jaar), vergunningen (circa half jaar) en uitvoering (circa 1 jaar) zal in totaal circa 2,5 jaar duren. Dit is exclusief mogelijke optimalisaties in tijd, die wellicht te bedenken en behalen zijn.

Financieel gezien zal het aanbrengen van een vloerconstructie minimaal 50 miljoen euro kosten. Gezien de tijds- en financiële consequenties ten opzichte van het beoogde resultaat, is dit geen maatregel die voorgesteld wordt om het verhoogde debiet en de stijghoogteverlaging in het Pleistoceen aan te pakken.

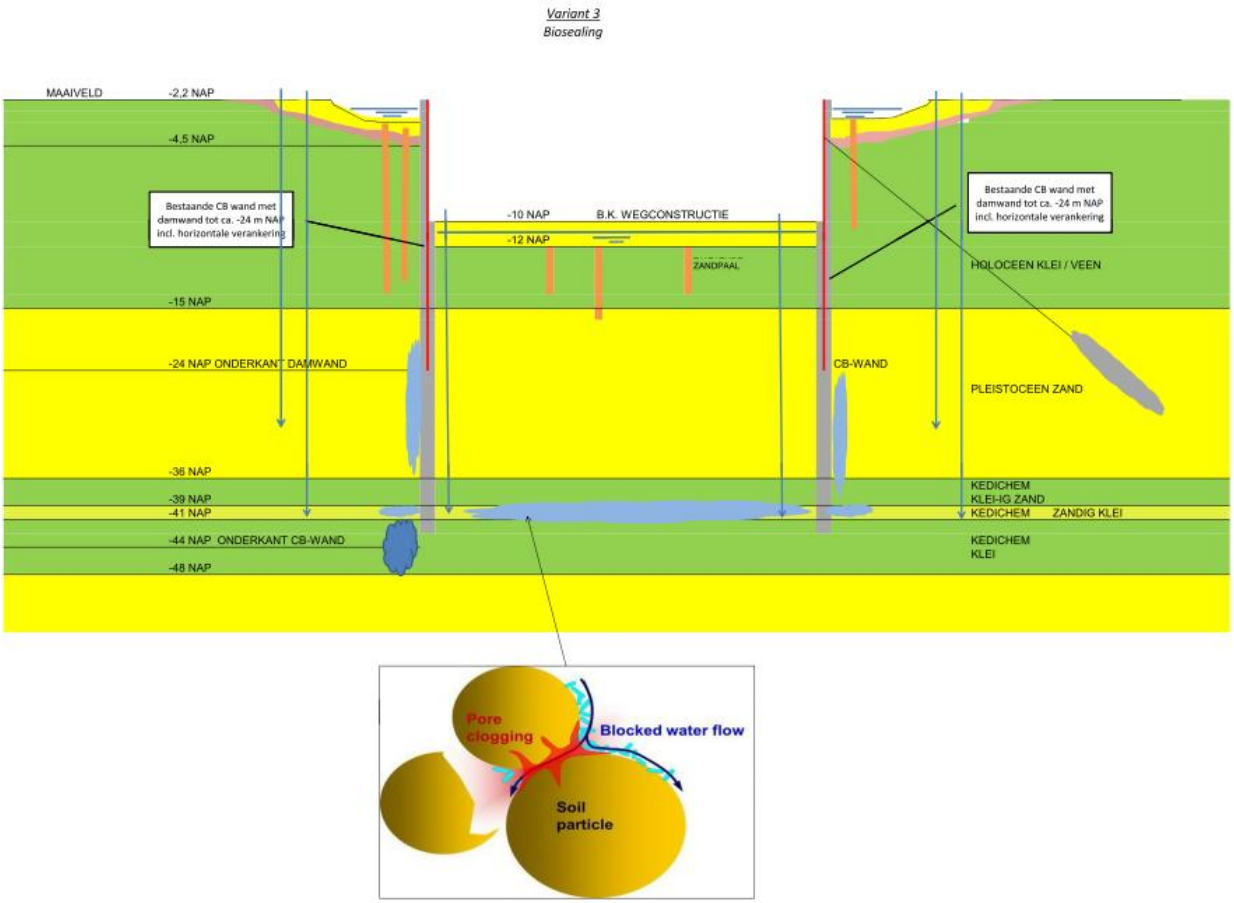
6.4.4 *BioSealing*
Een andere mogelijke, niet conventionele maatregel, is BioSealing. BioSealing is een vrij nieuwe methode om lekkages in de ondergrond te verminderen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een combinatie van natuurlijke biologische, chemische en mechanische processen die leiden tot het verlagen van de doorlatendheid van de grond met een factor 2 tot 10 Een belangrijke voorwaarde voor de toepassing van BioSealing is het optreden van convergerende grondwaterstroming (stroming door een lek of een oppervlakte met beperkte afmetingen).

Bij BioSealing worden stroomopwaarts van het lek voedingsstoffen voor van nature in de grond aanwezige micro-organismen geïnjecteerd. Door biologische en chemische omzettingen, evenals door grondwaterstroming naar het lek toe wordt op de gewenste plaats een verstopping van de bodem gerealiseerd, waardoor een sterke afname van het lekdebiet optreedt. Een belangrijk voordeel van BioSealing is dat de locatie van het lek niet exact bekend hoeft te zijn.

Door middel van BioSealing kunnen – met de huidige kennis – geen grondmassa's, wanden of lagen worden gecreëerd. Toepassing is zodoende momenteel nog beperkt tot:
a. lekkages in damwanden, diepwanden of cement-bentonietwanden e.d.;
b. lekkages langs constructies, zoals kruisende leidingen, sluizen e.d.;
c. lokale onderbrekingen in natuurlijke scheidende lagen, zoals klei- en veenlagen.

Als kwelbeperkende maatregel is BioSealing succesvol toegepast in een dijk te Tulln (Oostenrijk), waar lokale lekkages in de dijkkern optraden.

Er is onderzoek uitgevoerd naar de milieueffecten van BioSealing. Dit heeft uitgewezen dat er geen sprake is van een permanente beïnvloeding van het chemische en microbiologische milieu. Wel vindt er een tijdelijke voedselverrijking plaats.



Figuur 6-4 Schematische weergave BioSealing

Hieronder zijn de voor- en nadelen genoemd van BioSealing.

- Voordelen van BioSealing:
  - Het is een zelfzoekend mechanisme, dus de exacte locatie van het lek hoeft niet bekend te zijn;
  - Milieuvriendelijk. Er is een tijdelijke groei van bacteriën, die ervoor zorgt dat het lek gedicht wordt, maar na de injectie van nutrolase gaan de bodemeigenschappen terug naar de oorspronkelijke situatie;
  - Installatiekosten relatief laag.
- Nadelen van BioSealing zijn:
  - Nieuwe techniek, veel onzekerheden zoals duurzaamheid, werking;
  - Duurt 6 weken voordat er verstopping is;
  - Er moet een convergerende stroming zijn;
  - Geen beeld of bestaande drainages en ontlastbronnen ook dicht kunnen slibben door de BioSealing;

- Veel onderhoud. Om de 1,5 tot 2 jaar bij voeden van bacteriën door middel van BioSealing.

Conclusie
Het aanpakken van diffuse lekkages met BioSealing is door het ontbreken van een convergerende grondwaterstroming geen doelmatige maatregel. Door beperkte ervaring in gebruik van dit product is het beeld tot op heden, dat er om de ca. 1,5 tot 2 jaar nieuwe voedingsstoffen in de ondergrond dienen te worden geïnjecteerd. Hiermee wordt onderhoud aan het systeem gedurende de vereiste 100 jaar levensduur ook een belangrijk (kosten)aspect.

Plannings- en uitvoeringstechnisch is het beperkt complexe methode. Aangezien het een reparatie van de wanden betreft kan dit aan de buitenzijde van het compartiment uitgevoerd worden wat geen directe belemmering vormt voor de huidige constructie in het compartiment.

Het is dus de vraag of BioSealing de diffuse lekkages dusdanig zal verminderen dat er een significante afname van het debiet zal ontstaan. De onbekendheid van het product, de onzekerheid van de resultaten en de gemoeide kosten geven het beeld dat BioSealing geen oplossing is voor het aanpakken van het aanwezige probleem van debietoverschrijding en stijghoogteverlaging.

6.5 Maatregelen vloer

Uit de brainstormsessies zijn de volgende maatregelen voor vloerreparaties benoemd:
- Vloerconstructie
- Bodeminjectie (in Pleistoceen, in intra-Kedichem of onder Kedichem)
  - Waterglas (hardgel, softgel);
  - Microcement
  - Jetgrouten
  - BioSealing
- Folieconstructie
- Kleivloer
- Minerale onderafdichting
- Kalkcement kolommen
- Retourbemaling
- Waterstand in compartiment verhogen in combinatie met een ballastvloer.

Tijdens de brainstormsessie zijn per deelnemer twee voorkeuren aangegeven voor maatregelen op basis van kennis, kunde en ervaring. Deze voorkeuren zijn gestoeld op slagingskans in relatie tot het voldoen aan de vergunningseisen van het HHD ten aanzien van peil- en stijghoogteverlaging en het toegestane debiet.

De top drie die hieruit ontstaan is betreft:
1. Vloerconstructie
2. BioSealing
3. Waterstand verhogen i.c.m. ballastvloer.

De top drie zal hieronder ook kort beschreven worden. Dit is geen top drie op basis van eindscore in de matrix maar een top drie die gekozen is door de deelnemers van de brainstormsessie.

De vloerconstructie en BioSealing zijn reeds beschreven in respectievelijk paragraaf 6.4.3 en 6.4.4 en zullen niet apart meer in deze paragraaf worden toegelicht.

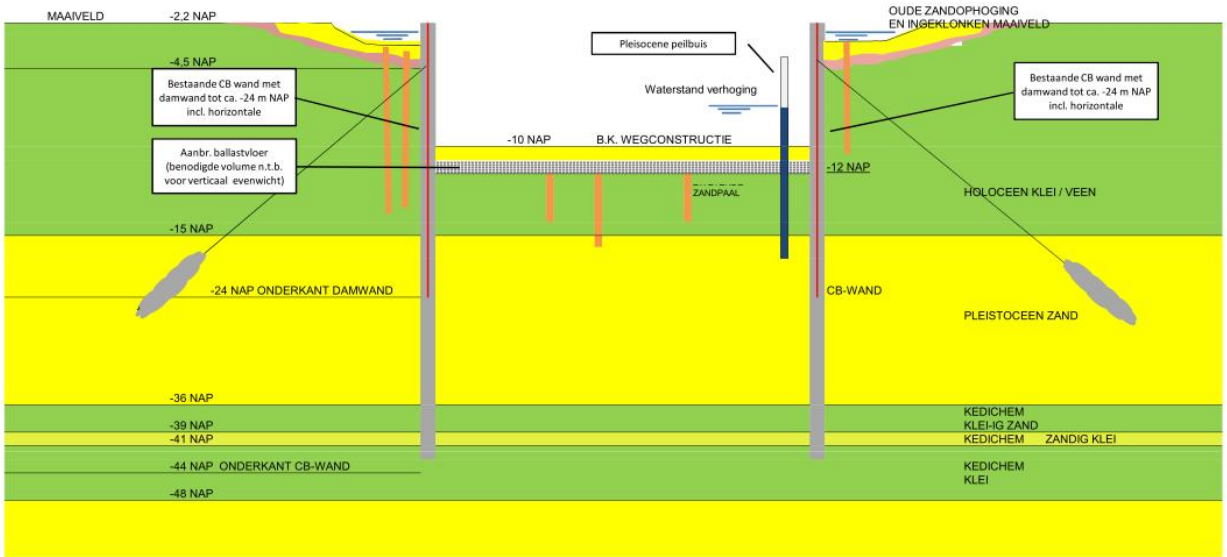
6.5.1 *Waterstandverhogen i.c.m. ballastvloer*

Door de waterstand in het compartiment te verhogen wordt het stijghoogte verschil (het verhang) in het pleistocene pakket binnen en buiten de kuip kleiner. Hierdoor verminderd het debiet door de wand.

De dikte van de ballastvloer wordt beperkt door de maximale ontgravingsdiepte van de kuip in relatie tot de belasting op en de vervorming van de bestaande wandconstructie. Dit betekent dat de dikte van de ballastvloer maximaal 1 à 1,5m kan bedragen.

De ballastvloer zal uit materiaal moeten bestaan die voldoende tegendruk kan genereren om effectief te zijn. Dit houdt in dat het een groter soortelijk gewicht dient te hebben dan het nu aanwezige zand of een betonvloer. Het materiaal dat gebruikt kan worden zijn staalslakken. Dit is een afvalproduct van de Hoogovens en heeft het grootste soortelijk gewicht voor een product dat beschikbaar en betaalbaar is in de markt. Uitgaande van een soortelijk gewicht van 3500 kg/m^3 en een dikte van 1,5m kan hiermee een stijghoogteverhoging van circa 2m ten opzichte van het huidige peil binnen de compartimenten worden bereikt. Dit zal een reductie van circa 270 m^3/dag oftewel 26% op het huidige debiet zijn van de verdiepte ligging. Hiermee wordt nog steeds niet voldaan aan de debieteis en het effect op de stijghoogte ook onvoldoende is om geen verlaging meer op de systeemgrens te hebben.

Het huidig ontworpen afvoersysteem kan worden aangepast zodat het mogelijk wordt om de uitstroomvoorzieningen circa 2 tot 3 meter te verhogen. Het nadeel van dit systeem is dat er in de middenberm en op twee plekken in compartiment 11 en 13 in de buitenberm een systeem aangebracht wordt dat 2 tot 3 meter boven het maaiveld uitsteekt. Veiligheidstechnisch gezien zijn er beperkingen gesteld aan constructies die boven het maaiveld uitsteken.



Figuur 6-5 Schematische weergave ballastvloer

Aangezien staalslakken milieuonvriendelijk zijn, zullen er maatregelen getroffen moeten worden om dit af te schermen en uitloging te voorkomen, zodat het grond- en hemelwater binnen de kuip niet in contact kan treden met de staalslakken. Verontreinigt water mag namelijk niet zonder het te zuiveren op de wadi's en de Nieuwe Waterweg geloosd worden. Dit zal het ecosysteem namelijk aantasten. Het aanbrengen van een afwateringssysteem in of onder de ballastvloer vormt dus een extra technisch obstakel.

Het verhogen van de waterstand in de compartimenten zal ook effecten hebben op de dienstgebouwen en trappenhuizen. Deze zijn niet ontworpen op een verhoogde waterstand. Hier zullen aanvullende maatregelen getroffen moeten worden om ervoor te zorgen dat deze dienstgebouwen en trappenhuizen niet nadelig beïnvloed worden door de peilverhoging.

Tijdstechnisch gezien zal voor het uitvoeren van dit systeem (ontwerp, vergunning en uitvoering) circa één tot twee jaar benodigd zijn. Het ontwerp dient namelijk herzien te worden, er dient een nieuwe vergunning aangevraagd te worden en het systeem en ballastvloer dient aangelegd te worden met alle bijkomende raakvlakken in uitvoering.

Conclusie
Het verhogen van de waterstand zal een beperkt effect hebben op de huidige overschrijding van het debiet (reductie van circa 270 m^3/dag) en de verlaging van de stijghoogte op de systeemgrens. De investering die gedaan moet worden om het systeem “waterstand verhogen i.c.m. ballastvloer” aan te brengen weegt niet op tegen de beoogde resultaten.

6.6 Mitigerende maatregelen

Tijdens de brainstormsessie is er ook nagedacht over mitigerende maatregelen aan het maaiveld. De mogelijke effecten van de debietoverschrijding en de stijghoogteverlagingen zijn daling van het freatisch water waardoor er mogelijk zetting en uitdroging in het holocene pakket zou kunnen ontstaan. Dit zou nadelig kunnen zijn voor de omgeving die gebruik maakt van de naastliggende percelen aan de A4 Delft-Schiedam.

Om een verlaging in het freatische vlak tegen te gaan kan als mitigerende maatregel worden gedacht aan het aanbrengen van een infiltratiesysteem met onderwaterdrains. Het aanbrengen van een infiltratiesysteem zou in de percelen uitgevoerd dienen te worden waar een effect op het freatische peil ontstaat door het kweldebiet van de verdiepte ligging. Dit zal langs de gehele verdiepte ligging en aan beide zijde moeten worden aangelegd over een lengte van 1,4 km. Het exacte ontwerp en de uitvoering hiervan is afhankelijk van het invloedsgebied (reikwijdte) van de verlaging die een nadelige invloed heeft.

Een dergelijk infiltratiesysteem wordt gevoed door water uit de omgeving omdat de drains onder het slootpeil aangebracht worden. De drain zal zijn werk gaan doen wanneer de waterstand in het midden van de percelen (in de zomerperiode) onder het slootpeil zakt. De waterstand in het midden van de percelen zal dan gelijk blijven aan het slootpeil. Het water dat in het drainagestelsel aanwezig is komt uit de omliggende sloten. Tijdens de `droge` periodes dient er meer water ingelaten te worden om er voor te zorgen dat de drains niet droogvallen als gevolg van een te laag slootpeil. Hier dient het polderbeheer op te worden aangepast.

Andere mogelijkheden om het infiltratiesysteem te voorzien van water, is het water dat door de A4 afgepompt wordt naar de Nieuwe Waterweg in het infiltratiesysteem te pompen. Aangezien dit water voor het grootste deel uit het Pleistoceen komt, mag dit niet direct in het freatische systeem te worden gepompt omdat het pleistocene water te zout is. Het water van de A4 dient dus eerst gezuiverd te worden voordat het toegepast mag worden in het infiltratiesysteem. Dit betekent dat er een zuiveringsstation aangelegd moeten worden op een nader te bepalen locatie om het A4 water te zuiver zodat het toegepast kan worden in het infiltratiesysteem.

Het infiltratiesysteem dient om de twee jaar onderhouden worden, want als het systeem verstopt raakt verliest het zijn functie. Aangezien de constructie van de A4 met een levensduur van 100 jaar

aangelegd is dient het infiltratiesysteem ook een levensduur en onderhoudsperiode van 100 jaar te hebben.

In het inspiratieboek “Toekomst veenweide” opgesteld in opdracht van Kennis voor Klimaat Hotspot Haaglanden d.d. februari 2012 worden onderwaterdrains ook als mogelijkheid benoemd als adaptatie watersysteem bodem en bodemvocht. Kanttekening hierbij is dat in gebieden met kwel waar onderwaterdrains aanwezig zijn vaak voedselrijke kwel aangetrokken wordt, wat gevolgen heeft voor de waterkwaliteit. Het toepassen van onderwaterdrains wordt in veenweide gebieden hierom afgeraden. De (half) verdiepte ligging van de A4 loopt door een veenweide gebied.

Conclusie
Naast het feit dat het kweldebiet in de verdiepte ligging geen negatief effect heeft op het freatische peil en er daarmee geen extra verdroging optreedt (zie o.a. paragraaf 5.2.8), is een onderwaterdrain niet de oplossing om verdroging tegen te gaan in een veenweide gebied.

6.7 Extra onderzoek

Buiten het treffen van maatregelen voor de vloer en/of de wand is er ook gebrainstormd op aanvullende onderzoeksmethoden. Dit onderzoek is gestoeld op het lokaal of globaal aantonen van lekkages door vloer en/of wand. In deze paragraaf zullen de extra onderzoeken die tijdens de brainstormsessies naar voren gekomen zijn, worden toegelicht op:

- inhoud
- uitvoeringswijze
- verwachte resultaat.

De in de brainstormsessie naar voren gekomen onderzoeksmogelijkheden zijn:

- Verlagingsproef / pompproef
- Extra peilbuizen
- Extra compartimentering
- CSL (crosshole sonic logging)
- Borehole logging
- Tracers:
    a. Natuurlijke:
        i. Waterkwaliteit/samenstelling
        ii. Temperatuurmeting
    b. Kunstmatige
        i. Kleurstoffen
        ii. Nucleaire stoffen
- Extra sonderingen en boringen
- Waterspanningssonderingen
- Geofysische methode
    a. Grondradar
    b. Geo-electrische meting (Texplor)
    c. Seismisch onderzoek

Tijdens de brainstormsessie zijn er per deelnemer twee voorkeuren aangegeven voor maatregelen op basis van kennis, kunde en ervaring. Deze voorkeuren zijn gestoeld op de slagingskans in relatie tot het voldoen aan de vergunningseisen van het HHD met betrekking tot peil- en stijghoogteverlagingen en het toegestane debiet.

De hieruit volgende top drie ziet er als volgt uit:

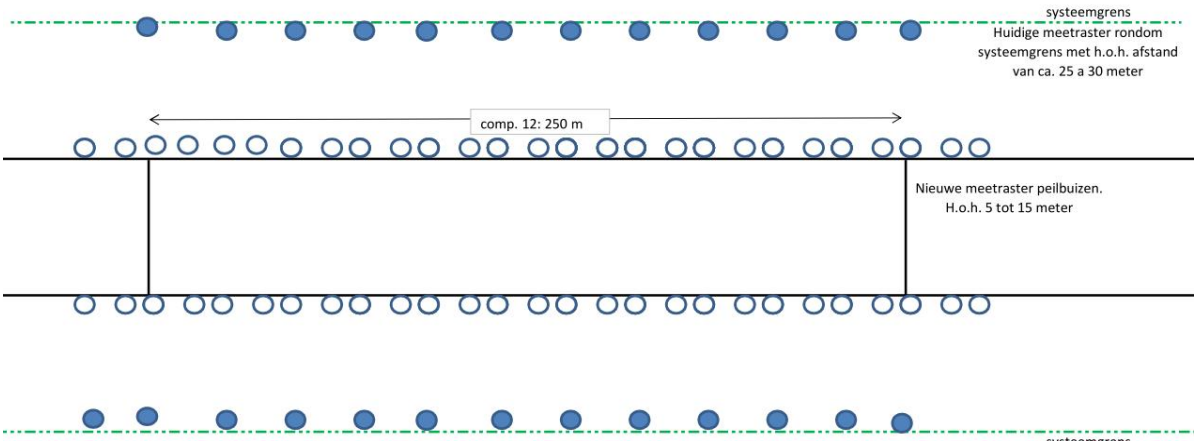
1. Extra peilbuizen
2. Extra compartimentering
3. Natuurlijke tracers: waterkwaliteit

Deze top 3 wordt hieronder toegelicht.

6.7.1 *Extra peilbuizen en grondonderzoek*

Het aanbrengen van extra peilbuizen in de pleistocene laag in een fijner raster dan het standaard raster in combinatie met het uitvoeren van extra grondonderzoek (sonderingen en boringen) is als aanvullend onderzoek benoemd. De extra peilbuizen dienen, om een nauwkeuriger beeld te krijgen van eventuele stijghoogte dalingen, zo dicht mogelijk tegen de wand geplaatst te worden met een hart-op-hart afstand van 5 tot 15m (zie Figuur 6-6). Des te verder de peilbuizen van de wand afstaan, des te onnauwkeuriger het beeld van de mogelijke verlaging zichtbaar wordt.

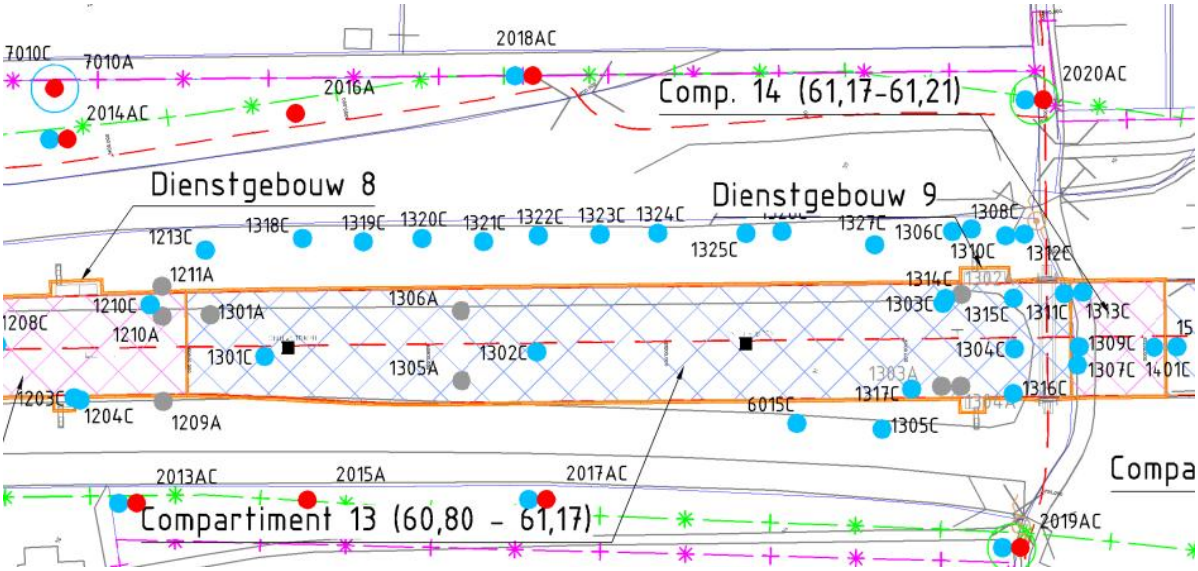
In Figuur 6-7 staat compartiment 13 weergegeven. Hierin staan de extra peilbuizen aangegeven die zijn geplaatst aan de oostzijde van dit compartiment tijdens het lekkage-onderzoek (zie paragraaf 3.5.5). Hierbij is een peilbuizenraster met een hart-op-hart afstand van circa 20 meter op circa 30 meter van de wand geplaatst. Het doel was met dit fijner raster om een beeld te krijgen van mogelijke lekkages die in de wand aanwezig waren. Tijdens de onderzoeken naar de lekkages zijn hiermee locaties zichtbaar geworden waar een grotere verlaging in de pleistocene laag aanwezig was (zie paragraaf 3.5.5).



Figuur 6-6 Voorbeeld fijner raster peilbuizen voor compartiment 12

Ter plaatse van deze locaties zijn er reparaties uitgevoerd aan de wand. Nadat de wandreparaties uitgevoerd zijn, zijn de verlagingen ter plaatse van deze peilbuizen gereduceerd tot minder dan 5 cm verschil (verlaging) ten opzichte van de omgeving.

Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat een nog fijner raster van peilbuizen vlak langs de wanden van de verdiepte ligging niet het gewenste resultaat geven / geen extra duidelijkheid verschaffen met betrekking tot de oorzaak van de huidige debietoverschrijding. Gezien het hoge doorlaatvermogen van het Pleistoceen (kD > 500 m^2/dag) zal een verlaging ten gevolge van een (punt) onttrekking niet groot zijn, maar wel een relatief groot gebied bestrijken. Op basis van de huidige onderlinge afstanden (20 meter) van de peilbuizen is het dan ook onmogelijk om een verlaging te missen, of het moet een verlaging zijn van een zeer klein gat in de wand. Een klein gat resulteert echter niet in een groot debiet.



Figuur 6-7 Peilbuizenraster extra onderzoek bij compartiment 13

Het verwachte resultaat van een nauwer peilbuizen raster tegen de wand is daarom niet dat er grote wandlekkages opgespoord worden. Wanneer er grote wandlekkages aanwezig waren/zijn was dit in reeds eerder uitgevoerd onderzoek (Texplor, peilbuizen) naar boven gekomen.

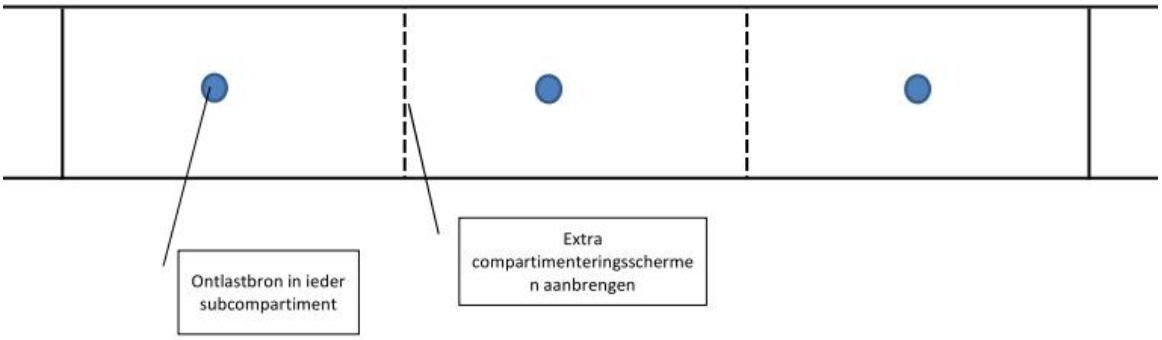
De peilbuizen dienen zo dicht mogelijk tegen de wand geplaatst te worden om een goed beeld te kunnen geven. Hiervoor dienen de aangebrachte watergangen tegen de wand gedicht te worden. De peilbuizen dienen machinaal aangebracht te worden middels een sondeerwagen. Handmatig kunnen de peilbuizen niet tot op de benodigde diepte van circa NAP-25m worden aangebracht.
In verband met een restrictie aan de bovenbelasting naast de damwand dient het dempen van de watergangen en het plaatsen van de peilbuizen met een ballastwagen gefaseerd uitgevoerd te worden.

De bestaande sonderingen ter plaatse van de verdiepte ligging zijn om de 25 meter genomen.
Boringen ter plaatste van de verdiepte ligging zijn om de 100 meter genomen.
De aanwezige gegevens geven een duidelijk beeld van de situatie van de verdiepte ligging.
Het uitvoeren van extra grondonderzoek zoals sonderingen en boringen genereert extra meetdata maar zal het huidige beeld niet veel verder verduidelijken met betrekking tot de lekmechanismes en oorzaak van de afwijking.

<u>Conclusie</u>
Een nog fijner raster van peilbuizen langs de verdiepte ligging en het uitvoeren van aanvullend grondonderzoek zal geen extra duidelijkheid verschaffen met betrekking tot de oorzaak van de huidige debietoverschrijding.

6.7.2 *Extra compartimentering*

Om mogelijk een beeld te krijgen waar de ‘grootste’ lekkage aanwezig is zouden er extra compartimenteringschermen (cementbentoniet, jetgroutwand, damwanden) aangebracht kunnen worden. De schermen dienen tot in de tweede Kedichemkleilaag aangebracht te worden net als de reeds aangebrachte langswanden. In Figuur 6-8 is er schetsmatig een voorbeeld gegeven van de indeling van de subcompartimenten.



Figuur 6-8 Schematische weergave extra compartimenteringschermen

Om de schermen aan te kunnen brengen dient de stijghoogte in het pleistocene pakket, in het compartiment en de aan te brengen subcompartimenten, gelijk te zijn wanneer er gekozen wordt voor een in de grondgevormde wand. Tijdens het verharden van de wand mag er namelijk geen stroming rond of door de wand plaatsvinden, omdat dit een negatief effect heeft op de kwaliteit van de te maken cementbentoniet- en jetgroutwand.

De stroming kan ontstaan omdat de uitstroomopeningen van de verschillende ontlastbronnen binnen de bestaande op verschillende niveaus zijn aangebracht. In de huidige situatie stelt de stijghoogte binnen de kuip zich in op het niveau van de ontlastbron met de laagste uitstroomopening. Door het aanbrengen van extra compartimenteringschermen wordt de laagst gelegen uitstroomopening afgesneden van de overigen en zal de stijghoogte bij de overige ontlastbronnen toenemen met een drukverschil en dus stroming ter plaatse van de extra compartimenteringschermen als gevolg. Om dit te voorkomen zijn maatregelen nodig, bijvoorbeeld een tijdelijke bemaling in de ontlastbronnen, zodat de stijghoogtes in de nieuwe subcompartimenten tijdelijk gelijk gehouden kunnen worden.

Tevens is de aansluiting van de nieuw te graven cement-bentonietwand of jetgroutwand op de bestaande wand risicovol. De passieve druk aan de binnenzijde van de langswand wordt lokaal, tijdens de vloeibare fase van het cementbentoniet of grout, sterk gereduceerd waardoor het risico bestaat dat de bestaande wand gaat vervormen met lekkages als gevolg. Dit kan deels worden opgevangen door het waterstandsverschil tussen de binnen- en buitenzijde van de kuip te reduceren. Dit betekent dat er aan de buitenzijde van de kuip bemalen dient te worden tot een behoorlijke diepte. Dit is niet gewenst. Om dit probleem te minimaliseren kan er ook voor gekozen worden om tijdelijke stempels of ankers met gordingen aan te brengen. Stempels belemmeren het maken van het compartimenteringscherm echter en tijdelijke ankers moet op een laag niveau en dus tegen een hoge grondwaterdruk in worden aangebracht.

Wanneer er gekozen wordt voor een stalen damwand dient ook, net als bij de in de grondgevormde wanden, de stijghoogte aan beide zijde van de subcompartimenten gelijk te zijn. Een complicatie bij een stalen damwand is in de eerste plaats de benodigde lengte. Deze zal tussen de 33 en de 40 meter liggen. Ten tweede dienen de damwanden geïnstalleerd te worden.

In Nederland worden deze damwand lengtes zelden tot nooit geïnstalleerd. Als er een mogelijkheid is om de damwanden te installeren is de grondgesteldheid en de stijfheid van de damwand nog een randvoorwaarde. De conusweerstanden van het pleistocene zandpakket op een diepte van circa NAP - 35 m zijn zeer hoog. Het risico hierbij bestaat dat de damwandplanken op deze dieptes uit het slot lopen door het zware heiwerk. Hierdoor kunnen er lekkages door de damwand ontstaan

waardoor de compartimentering teniet wordt gedaan. Tevens is zwaar heiwerk in de passieve zone van de langswanden ongewenst in verband met het risico op vervormingen en daarmee lekkages.

Conclusie
Het aanbrengen van extra compartimenteringschermen om zo na te gaan of er een hoger debiet te meten is in een van de subcompartimenten behoeft een zeer ingrijpende uitvoering. Daarbij is de kans op het uitsluiten van een van de compartimenten in relatie tot een reductie van het debiet, door het discrimineren van de lekkage zeer klein. Als er sprake geweest zou zijn van een plaatselijke grote lekkage zou deze tijdens de huidige fase van onderzoeken al naar voren zijn gekomen.

6.7.3 *Natuurlijke tracers (waterkwaliteit)*

Het eerste en tweede watervoerende pakket hebben beide natuurlijke tracers in het water zitten. Deze tracers zijn voor beide watervoerende pakketten verschillend (zie paragraaf 3.5.8).
Door het nemen van monsters uit de peilbuizen buiten het compartiment die in de pleistocene laag staan (1^{e} wvp), en uit de peilbuizen die in en onder de Kedichemlaag staan (2^{e} wvp) kan er inzicht verkregen worden in de tracers die aanwezig zijn in het betreffende pakket.
Door ook monsters te nemen van het water dat in het compartiment opgevangen wordt in de ontlastbronnen kan er een beeld verkregen worden van het water binnen het compartiment.

Door het water in het compartiment te vergelijken met het water uit de peilbuizen buiten het compartiment in beide watervoerende pakketten, kan er aan de hand van de natuurlijke tracers een beeld worden gevormd van de herkomst van het water in het compartiment. Hiermee kan ook een inzicht verkregen worden van de mogelijke lekmechanisme (door de vloer en/of door de wand).

Conclusie
Al voor de brainstormsessie is besloten om dit idee te gaan realiseren. Door de reeds verkregen inzichten door de monstername in compartiment 12 en 13 is inmiddels besloten om de overige compartimenten van de verdiepte ligging te bemonsteren. Het verkregen inzicht door de natuurlijke tracers is gebruikt voor de bepaling van de meest waarschijnlijke lekkagemechanismen (zie paragraaf 3.5.8 en 3.5.9).

6.8 Conclusies

Het uitvoeren van extra onderzoek zal geen nieuwe noodzakelijke informatie opleveren.

Het huidige beeld is dat de te treffen maatregelen, zoals beschouwd in de matrix, in vele gevallen niet zullen leiden tot een grote reductie van het debiet. Daarnaast blijkt dat het merendeel van de maatregelen moeilijk tot niet inpasbaar zijn in het huidig ontwerp / bestaande constructie en leiden tot forse consequenties in tijd en geld.

De enige maatregel die bewezen tot een reductie van het debiet leidt is de betonnen vloerconstructie met trekankers. Gelet op het feit dat de afwijkingen van de stijghoogtes in het pleistoceen niet leiden tot negatieve effecten voor de omgeving (zie hoofdstuk 5) en deze maatregel dusdanige kosten- en tijdsconsequenties voor het project heeft, vinden wij het niet maatschappelijk verantwoord deze maatregel in te zetten. Daarom zullen er geen aanvullende maatregelen worden getroffen.

7 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de voorgaande hoofdstukken wordt het volgende geconcludeerd:

7.1 Debieten

7.1.1 *Verdiepte ligging (TD3)*

- Het totale debiet in de verdiepte ligging voldoet niet aan de debieteis. Het huidige beeld is dat de totale debieteis van 225 m^3/dag wordt overschreden met circa 800 m^3/dag.

- Compartiment 9, 10 en 15 voldoen zijn getoetst door het HHD en voldoen aan de watervergunning.

7.1.2 *Half verdiepte ligging (TD2)*

- Compartiment 1, 2, 3a, 4, 5 en 8 zijn getoetst door het HHD en voloden aan de watervergunning. De overschrijding van de interventiewaarde van het debiet in compartiment 6 en 7 wordt hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door een kleinere dikte of een grotere doorlatendheid van de ongestoorde waterremmende laag onder de punt van de zandpalen.

- Het totale gemeten debiet in TD2 voldoet aan de interventiewaarde van het totale debiet voor TD2.

7.2 Effecten op de systeemgrens

7.2.1 *Verdiepte ligging (TD3)*

- Van de 22 freatische peilbuizen staat bij 17 peilbuizen het peil boven de indicatiewaarde. Bij de overige 5 freatische peilbuizen staat het peil tussen de indicatie- en interventiewaarde, waarbij wordt opgemerkt dat dit werd veroorzaakt door òf de bemaling van de ontlastsleuven òf foutief vastgestelde indicatie- en interventiewaarden.

- Voor het merendeel van de peilbuizen in de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen ligt de stijghoogte tussen de indicatie- en interventiewaarde en wordt nergens de interventiewaarde onderschreden.

- De gemeten en berekende verlagingen in het eerste watervoerend pakket hebben eenzelfde ordegrootte van maximaal 0,5m dicht bij de wand tot 0,2m op circa 1 km. Dit betekent dat er op de systeemgrens in het eerste watervoerend pakket verlagingen zijn als gevolg van de onttrekking. Dit wordt bevestigd door de berekeningen zoals uitgevoerd met het Delfland-model.

- Als gevolg van het relatief grote natuurlijke verhang in het eerste watervoerende pakket en de relatief geringe verlagingen wordt de invloed van de onttrekking in de gemeten raaien alleen dicht bij de wand zichtbaar.

7.2.2 *Half verdiepte ligging*

- Binnen de half verdiepte ligging staat het peil in alle freatische peilbuizen boven de indicatiewaarde.

- In de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen bevindt zich de stijghoogte tussen de indicatie- en interventiewaarde, met name rond compartiment 6 tot en met 8. Er wordt nergens de interventiewaarde onderschreden. Geconcludeerd wordt evenwel dat hier een verlaging van de stijghoogte in de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen op de systeemgrens plaatsvindt.

- In de halfverdiepte ligging is een referentieraai dwars op de A4 aanwezig ter hoogte van de Zuidkade. Deze raai laat geen verlaging op de systeemgrens zien.

- Daarnaast is een korte raai ter hoogte van compartiment 6 aanwezig, waar de interventiewaarde van het debiet wordt overschreden. Deze raai is kort vanwege de beperkte bereikbaarheid van deze locatie. Door de beperkte lengte is deze raai niet geschikt om te kunnen bepalen tot hoe ver buiten de systeemgrens een eventuele verlaging van de stijghoogte in de holocene tussenzandlaag optreedt. Er is echter geen duidelijke verlagingskegel richting de constructie waargenomen.

- De effecten van de debieten in de half verdiepte ligging op de omgeving is met het Delfland-model verder beschouwd.

7.3 Uitgevoerd onderzoek en genomen maatregelen

7.3.1 *Verdiepte ligging*

- In 2014 hebben veel aanvullende onderzoeken plaatsgevonden en zijn veel reparaties uitgevoerd in de verdiepte ligging. De belangrijkste onderzoeken die hebben plaatsgevonden zijn:
    - Compartiment 9 en 15: detectie/onderzoek van lekkage door wanden en zandpalen
    - Compartiment 10 t/m 14: detectie/onderzoek van lekkage door wanden en laag van Kedichem.

- De belangrijkste reparaties die zijn uitgevoerd zijn:
    - Compartiment 9 en 15: reparaties aan wanden en dicht zetten van zandpalen
    - Compartiment 10 t/m 14: reparaties aan (CB-/dam)wanden .

- Een overzicht van alle onderzoeken en reparaties is terug te vinden in hoofdstuk 3.

- De huidige overschrijding van de debieteis in TD3 (compartiment 10 tot en met 14) wordt veroorzaakt door een verhoogde kwel (diffuus) door de cementbentonietwanden vanuit het Pleistoceen en in mindere mate door een grotere doorlatendheid dan verwacht van de onderafdichting (Kedichemklei). Deze diffuse lekkages zijn zeer moeilijk tot niet op te sporen.

- De uitgevoerde geohydrologische analyses bevestigen de verdeling van de herkomst van het kwelwater uit de chemische analyses. Het kwelwater is voor 80% afkomstig uit het eerste watervoerend pakket en voor 20% uit het tweede watervoerend pakket. Als worst-case benadering voor de berekeningen met het Delfland-model is een verhouding 97%/3% aangehouden.

- Ter plaatse van compartiment 12 ook kwelwater uit het Pleistoceen onder de wand door door de relatief zandige Kedichemklei ter plaatse.

7.3.2 *Half verdiepte ligging*

In de halfverdiepte ligging zijn een aantal onderzoeken gedaan, met name gericht op de lekkage per zandpaal en extra kwaliteitscontrole van de wanden. Bij dit onderzoek zijn geen lekke zandpalen of andere lekkages aangetroffen. In de halfverdiepte ligging zijn derhalve geen reparaties uitgevoerd.

7.3.3 *Totaal*

- Alle specifieke en verdachte locaties zijn onderzocht en gerepareerd. Het totale kweldebiet is door deze acties teruggebracht van 2600 m^3/dag naar de huidige 1188 m^3/dag. Er is nu een stabiele situatie ontstaan met enkel fluctuaties door seizoensinvloeden.

- Daarnaast heeft het uitvoerige aanvullende onderzoek geleid tot het huidige meer gedetailleerde beeld over het lekmechanisme en de oorzaak van de overschrijdingen. Het beeld is dat er sprake is van een diffuse lekkage voornamelijk door de wand en gedeeltelijk door de vloer.

- In voorschrift 5 van de definitieve watervergunning staat dat hemelwater en grondwater niet mogen worden vermengd. Vanuit dit voorschrift is een robuust ontwerp van het riolerings-, drainage-, en afvoersysteem belangrijk. Op basis van het toegenomen kweldebiet is het ontwerp van dit systeem aangepast. Later in de samenvatting komt de onderhoudbaarheid van het systeem en beheersmaatregelen bij mogelijke calamiteiten nog terug.

7.4 Berekeningen met Delflandmodel

7.4.1 *Stationaire situatie*

- De berekende invloedssfeer in het eerste en tweede watervoerend pakket waarbinnen het effect op de stijghoogte 5 cm of meer is, strekt zich uit tot een afstand van maximaal circa 3,2 km van het tracé.

- De berekende maximale verlaging is in het eerste watervoerend pakket groter dan in het tweede watervoerend pakket.

7.4.2 *Niet-stationaire berekening en risicoanalyse (verminderde weerstand deklaag)*

- Het effect van het kweldebiet in de half verdiepte en verdiepte ligging op het freatische peil is aan het einde van een droge periode die gemiddeld één keer per 20 jaar voorkomt kleiner dan 0,05m.

- In combinatie met een reductie van de weerstand van de deklaag (scenario 3b/ risicobeschouwing) worden extra verlagingen van het freatische peil tot 0,10m berekend, met name rond compartiment 6 tot en met 8 van de half verdiepte ligging.

- Ook hier blijkt dat de grondwaterstand in grote mate bepaald wordt door de grondwaterstand in de sloten.

7.4.3 *Herkomst kwelwater*

Uit de berekeningen volgt dat al het kwelwater afkomstig is uit het eerste en tweede watervoerend pakket. Hiermee wordt de kwel naar het topsysteem verminderd. Dit betekent dat in een gemiddelde winterperiode met neerslagoverschot de waterbeheerder minder water uit de polder hoeft uit te slaan. In een gemiddelde zomerperiode met een neerslagtekort zal extra water moeten worden ingelaten om de (grond)waterpeilen gelijk te houden. De verhouding tussen deze extra in te laten hoeveelheid en de totale in te laten hoeveelheid (neerslagtekort) is groter dan de verhouding tussen

de afname van de hoeveelheid weg te pompen water en de totale hoeveelheid weg te pompen water (neerslagoverschot).

7.4.4 *Maximaal te verwachten debiet*
Voor de bepaling van het maximale kweldebiet is de worst-case benadering gevolgd. Het grootste kweldebiet is te verwachten in de periode met de hoogste stijghoogte in het eerste watervoerend pakket (natste periode, DSM uit incl. zeespiegelstijging). In die situatie is het drukverschil van de stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerend pakket (NAP -1,9m) met het vaste peil binnen de constructie het grootst. Dit alles leidt tot een maximaal te verwachten debiet van 1525 m^3/dag.

7.5 Effecten in de omgeving

Op basis van de uitkomsten van Deltares zijn de indirecte effecten beschouwd zoals opgesomd in Checklist onttrekkingen en infiltraties van het Hoogheemraadschap van Delfland. Aan de hand van deze checklist zijn de grondwaterafhankelijke belangen onderzocht. Hieronder een opsomming van deze belangen incl. de conclusie:

- (voorkomen van) bodemdaling en zettingen van funderingen en infrastructuur (als gevolg van eventuele beïnvloeding van de grondwaterstand):
    - funderingen en infrastructuur waarvan het aanlegniveau dicht bij het maaiveldniveau ligt, worden beïnvloed door zowel veenoxidatie als zetting van de holocene slappe lagen. Op de percelen waar in de risicobeschouwing (scenario 3b) een extra verlaging van het freatische peil tot 10 cm wordt berekend, neem de extra veenoxidatie gemiddeld maximaal met 2 mm/jaar toe. De kans dat dit scenario in de praktijk optreedt is klein. Daarnaast bevindt zich op deze locaties geen bebouwing of infrastructuur.
    - voor (paal)funderingen met het paalpuntniveau in de holocene tussenzandlaag is de zettingstoename verwaarloosbaar. Dit geldt tevens voor funderingen met het paalpuntniveau in het pleistocene zandpakket.
    - in de risicobeschouwing (scenario 3b) is een extra verlaging van het freatische peil tot 10 cm berekend. De kans dat dit scenario in de praktijk optreedt is, zoals eerder genoemd, klein. Er is dan ook geen risico op (een toename van) paalrot. Daarnaast bevinden zich op de betreffende percelen geen bebouwing of infrastructuur.

- DSM onttrekking: Bij de vergunningaanvraag is rekening gehouden met de huidige DSM-onttrekking in Delft. Deze onttrekking beïnvloedt de huidige stijghoogtes in het eerste watervoerende pakket (Pleistoceen). Er vindt door het extra te onttrekken debiet geen beïnvloeding van de onttrekking van DSM plaats. In de toekomst kan de onttrekking van DSM worden gestopt. De stijghoogtes zullen dan stijgen, waardoor het kweldebiet in dezelfde mate zal toenemen. Deze debiettoename is berekend op 5%.

- WKO-systemen: Na onderzoek blijken er zich 3 vergunde WKO-systemen (warmte-koude opslag) binnen de 5cm-verlagingscontour van het tweede watervoerende pakket bevinden. Er is onderzoek gedaan naar verandering in richting en snelheid van grondwaterstroming die het rendement van de WKO-systemen zouden kunnen beïnvloeden. Uit de berekeningen blijkt dat deze niet beïnvloed worden. Er zijn geen negatieve effecten voor de WKO-systemen.

- Overige onttrekkingen: Er bevinden zich nog twee grondwateronttrekkingen binnen de 5cm-verlagingscontour van het eerste watervoerende pakket. De grondwateronttrekkingen komen

uit het Landelijk Grondwater Register.Het betreft de onttrekkingen van Tennisvereniging Holy en Brandweer Abtswoude. Deze twee vergunde grondwateronttrekkingen worden niet negatief beïnvloed.

- Grondwaterkwaliteit: Het verhoogde kweldebiet wordt net als in de reeds vergunde situatie volledig afgevoerd naar de Nieuwe Waterweg en heeft daarmee geen invloed op de grondwaterkwaliteit in het watersysteem van het Hoogheemraadschap van Delfland.

- Peilbeheer in de polder: Zoals hiervoorgaand beschreven dient de waterbeheerder in een droge periode extra water in te laten in de polder.

- (invloed op verspreiding van) bodem verontreiniging (als gevolg van eventuele beïnvloeding van de grondwaterstand): Binnen de systeemgrenzen bevonden zich locaties waar een bodemverontreiniging is geconstateerd. Deze locaties zijn gesaneerd tijdens de wegaanleg. Uit onderzoek is gebleken dat er zich geen mobiele verontreinigingen binnen de 5cm-verlagingscontour van het eerste watervoerende pakket bevinden. Er is dan ook geen negatief effect.

- Landbouw: Aan het einde van een droge zomerperiode die gemiddeld één keer per 20 jaar voorkomt zijn de extra verlagingen van de freatische grondwaterstand in de omgeving van de onttrekking kleiner dan 5 cm. Er is dus geen droogteschade als gevolg van de onttrekking te verwachten in deze jaren. Alleen in de door Deltares uitgevoerde risicobeschouwing met het Delfland-model is berekend dat er minimale effecten op het freatisch vlak zijn. De verlagingen van het freatisch vlak bedragen in kleine gebiedjes maximaal 10 cm. Op basis van een worst-case berekening is een verlies van maximaal 330 EUR per jaar bepaald voor het beïnvloede gebied van circa 11 ha. Hieruit wordt geconcludeerd dat de landbouwschade in de praktijk nihil is.

- Natuur: Uit onderzoek blijkt dat de invloed is op het freatisch vlak in de natuurgebieden in de omgeving kleiner is dan 5 cm. Er zijn dus geen negatieve effecten op de natuurwaarden in het gebied.

- Archeologie: De verlagingen van het freatisch vlak zijn geprojecteerd op een kaart van archeologische objecten. Ter plaats van de gebieden waar effecten op de freatische grondwaterstanden zijn te verwachten bevinden zich, met uitzondering van een object langs de half verdiepte ligging (voormalige huisterp), geen archeologische objecten. De locatie van deze huisterp is onderzocht, waarbij geen archeologische waarden zijn aangetroffen. Er zijn hiermee geen negatieve effecten op archeologische objecten..

- Overige belangen: Er zijn geen andere belangen naar voren gekomen als gevolg van de vergrote contour. Deze zijn daarom niet gewijzigd ten opzichte van de vergunningaanvraag. Overige belangen zijn, voor zover bekend, niet in het geding.

7.6 Haalbaarheid beheersmaatregelen

De onderzoeken en uitgevoerde maatregelen volgens de huidige stand ter techniek hebben geleidt tot een reductie van het kweldebiet tot circa 1187 m^3/dag.

Nadat bleek dat na de genomen maatregelen er bij compartimenten 6,7 en 11 t/m 14 nog steeds een overschrijding van het kweldebiet was, is er nogmaals door alle partijen gekeken naar

beheersmaatregelen om het debiet verder te beperken. RWS, A4all en betrokken experts hebben uitvoerig onderzoek gedaan naar aanvullende, meer ingrijpende en innovatieve maatregelen. Ook zijn mitigerende en compenserende maatregelen bekeken.

De conclusie uit dit onderzoek is:

- dat de enige maatregel welke bewezen tot reductie van het debiet leidt is het aanbrengen van een betonnen vloerconstructie met trekankers. Gelet op het feit dat de afwijkingen van de stijghoogtes in het pleistoceen niet leiden tot onacceptabele negatieve effecten voor de omgeving en op de voorziene disproportionele kosten- en tijdsconsequenties die deze maatregel met zich meebrengt, vinden wij het niet maatschappelijk verantwoord om deze maatregel in te zetten.

- Mitigerende maatregelen als retourbemaling of peilbeheer blijken niet effectief, omdat ze of niet langdurig ingezet kunnen worden, of geen effect hebben op het freatisch grondwaterpeil.

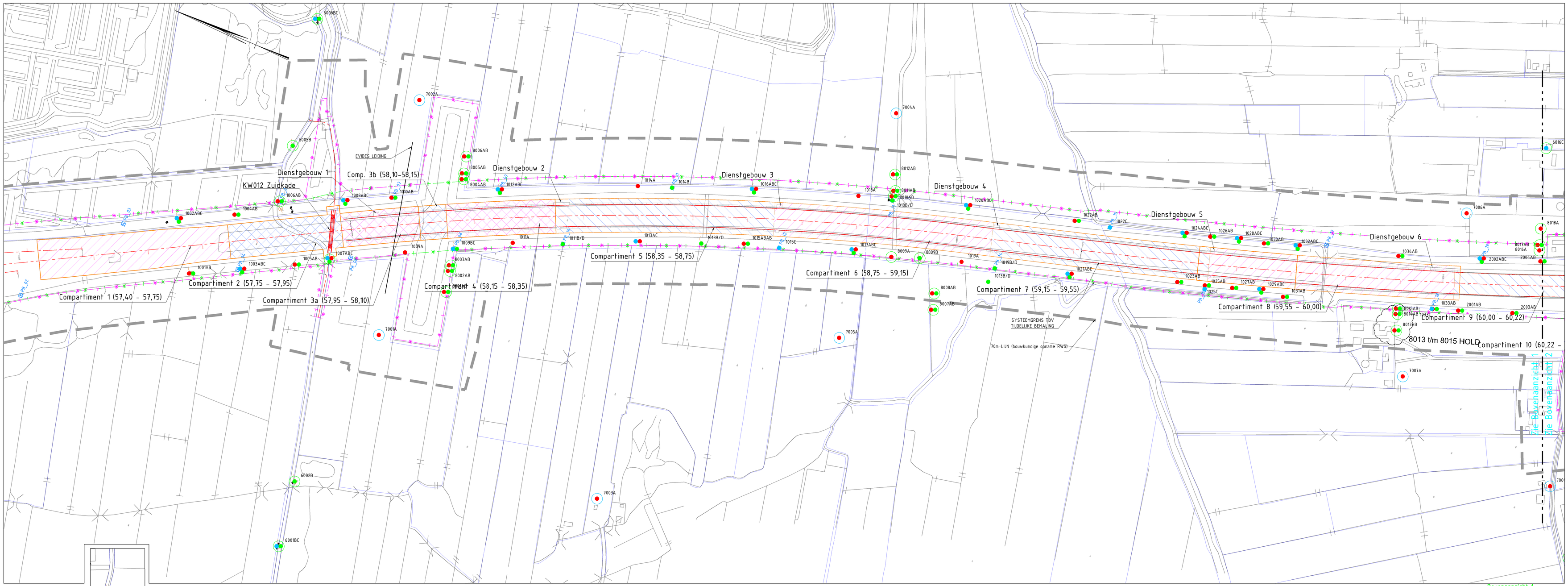
Naar aanleiding van het toegenomen kweldebiet is het ontwerp van het riolerings-, drainage-, en afvoersysteem naar de Nieuwe Waterweg aangepast. Daarnaast zijn een aantal scenario's beschouwd, waarbij het systeem zou kunnen falen. Op basis van deze voorzieningen is er sprake een robuust en betrouwbaar afvoersysteem.

7.7 Vervolgstappen

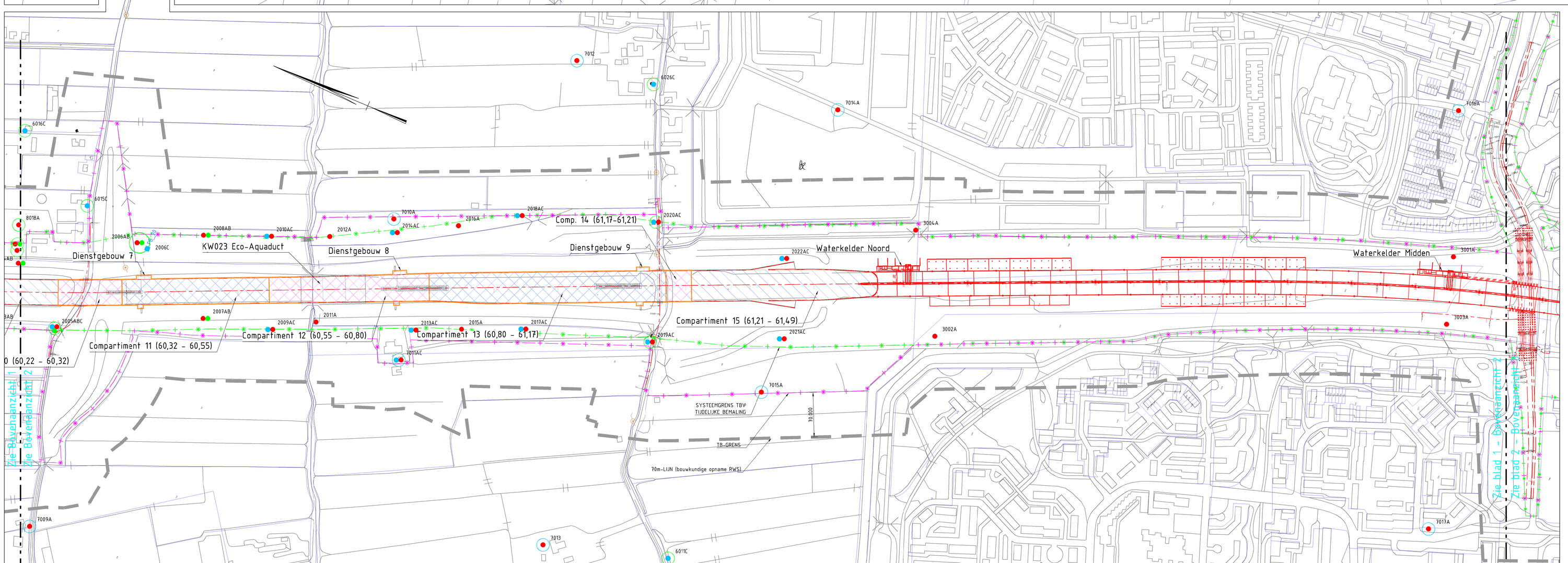
Gezien de voorgaande getrokken conclusies stellen wij voor een wijzigingsvergunning op basis van een maximaal totaaldebiet van 1525 m^3/etmaal (in de situatie waarin DSM nog bemaald 1450 m^3/etmaal) aan te vragen. Dit debiet is gekozen om fluctuaties in het kweldebiet als gevolg van seizoensinvloeden en het eventueel stopzetten van de DSM-bemaling op te kunnen vangen.

Vanwege dit hogere debiet is ons voorstel extra monitoring incl. een verhoogde frequentie van de grondwaterstanden en drainagesysteem t.o.v. oude vergunning te laten plaatsvinden. Een en ander is verwoord in het monitoringsplan.

BIJLAGE 1 Tekening peilbuizen t.b.v. vergunning



Bovenaanzicht 1
Schaal 1:2500



Legenda:

i.v.z = Indien van toepassing / indien tussenzand aanwezig is

- PB_xx — Peilbuis bestaand (A4All)
- Peilbuis bestaand (A4All)
- xxx — Monitoringsbuis (Pleistoceen)
- xxx — Monitoringsbuis (Freatisch)
- xxx — Monitoringsbuizen (Pleistoceen en Freatisch)
- xxx — Monitoringsbuizen (Freatisch en Tussenzand)
- xxx — Monitoringsbuizen (Pleistoceen, Tussenzand en Freatisch)
- xxx — Referentie buizen (Freatisch en/of Pleistoceen)
- xxx — Referentie raaien
- Compartimenten
- Compartimenten incl. entlastbemaling
- TB-grens
- Systeemgrens tbv tijdelijke bemaling
- Kadastrale grens met nummer

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu			bureau uitbesteding	A4all Pieter Bruiningstraat 200 Zo vliegen 2909 LK Capelle a/d IJssel info@a4all.nl
Project	A4 Delft - Schiedam	Zaak-id	31031575		
Onderdeel	Localies Peilbuizen			akk.J. Pols	par.
				behoort bij	
	Bovenaanzichten Half verdiept ligging, verdiepte ligging en landtunnel			blad/bladen 1 van 2	
				formaat A0	
				schaal 12500	
getekend	BRO	par.	d.d. 6-6-2013		
gecontroleerd	JGS	par.	d.d. 6-6-2013	SBS	0.00000
geautoriseerd	SVR	par.	d.d. 6-6-2013	WBS	WP-00000
vrijgegeven	DNO	par.	d.d. 6-6-2013	PAM	PAM00000
status	Definitief	doc.nr.	A4DS-K-TEK-1164	versie	1.0

J:\WP-00187 REALISATIE van het WBS\WP-00279 KR en KW\WP-00812 Projectland en bouwlaatnm\04. Werkvoorbereiding\13 Grondwater\Tekeningen\A4DS-K-TEK-1164-peilbuis v10 Localies peilbuizen.dwg

BIJLAGE 2 Analyse peilbuizen TD2 en TD3

A. Analyse peilbuismetingen

In deze bijlage wordt een analyse gedaan van de peilbuizen die op of rond de systeemgrens staan, waarvan de indicatie- of interventiewaarde is onderschreden in relatie tot de werkzaamheden conform de procedure zoals beschreven in paragraaf 2.2.3. Op deze wijze kan inzicht worden verkregen in de werking van het geohydrologische systeem.

Hierbij is gekeken naar de periode tot en met 1 september 2014. Peilbuizen waarvan de meetwaarde op deze peildatum boven de indicatiewaarde liggen, zijn niet meegenomen in deze beschouwing. Achter in deze bijlage zijn overzichtstekeningen opgenomen van de peilbuizen op en rond de systeemgrens voor de half verdiepte en verdiepte ligging. Op deze tekeningen is aangegeven welke peilbuizen een alarmering (= onderschrijding indicatie- of interventiewaarde) geven rond de peildatum.

Bij de analyse wordt onderscheid gemaakt tussen de half verdiepte en de verdiepte ligging. Daarnaast wordt een onderscheid gemaakt tussen de freatische grondwaterstand, de stijghoogte in de holocene tussenzandlaag (indien aanwezig) en de stijghoogte in het pleistocene zandpakket.
In Bijlage 1 is een overzichtstekening opgenomen van de half verdiepte ligging en de verdiepte ligging met daarin de peilbuislocaties die behoren bij de monitoring ten behoeve van de watervergunning. De grondlagen waarin de peilbuizen staan, is aangegeven met de letters A-B-C.

- A = Freatisch
- B = Holocene tussenzandlaag
- C = Pleistoceen

De even nummers staan aan de oostzijde van de compartimenten en de oneven nummers staan aan de westzijde van de compartimenten

Als de indicatie- of interventiewaarde wordt onderschreden is dit door middel van een kleur aangeven. Voor de verschillende grondpakketten is een aparte kleurcode gehanteerd. Als de stijghoogte boven de indicatiewaarde staat op de peildatum is de peilbuis grijs gemarkeerd (geen alarmering).

Opgemerkt wordt dat in de grafieken die komen uit KITglobal signalerings- en grenswaarden zijn aangegeven. Deze zijn gelijk aan respectievelijk de indicatie- en interventiewaarde die in dit rapport wordt gebruikt.

TD2 - half verdiepte ligging

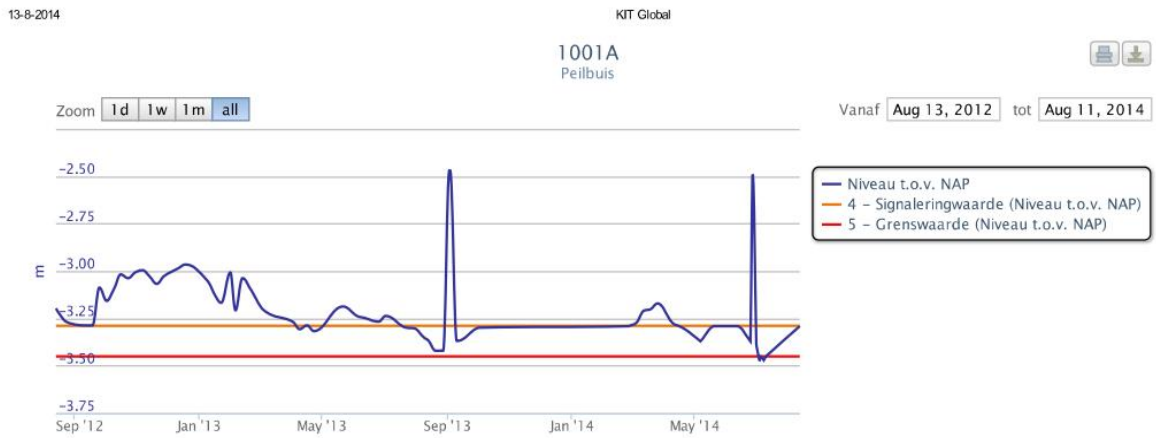
In de hieronder volgende subparagrafen worden de monitoringsresultaten geanalyseerd per grondlaag/ watervoerend pakket (status augustus/september 2014).

Freatische grondwaterstand

Peilbuis 1001A

Peilbuis 1001A staat aan de westzijde van compartiment 1. In Figuur B2a-0-1 staan de monitoringsresultaten weergegeven van peilbuis 1001A. De monitoring is in augustus 2012 gestart, ver voor de realisatie van de half verdiepte ligging. Rondom juni/juli 2013 is de eerste slag ontgraven van de destijds aanwezige voorbelasting (zandlichaam). De eerste werkzaamheden ter plaatse van compartiment 1 ten behoeve van realisatie van de cementbentonietwanden hebben pas plaatsgevonden medio maart 2014.

De grafiek laat tot medio maart 2014 het natuurlijke verloop zien van de freatische waterstand. De piek die rond september 2013 te zien is lijkt op een meetfout. Zeker als er naar de waarde rond september 2012 wordt gekeken. De piek die in juni 2014 te zien is lijkt ook op een meetfout.



Figuur B2a-0-1Overzicht monitoring peilbuis 1001A

De hogere grondwaterstand in 2012 is te verklaren doordat de zomer van 2012 veel natter was dan gebruikelijk *(bron: http://www.knmi.nl/klimatologie/maand_en_seizoensoverzichten/seizoen/zom12.html)*.
De zomer van 2013 was daar in tegen weer veel droger dan gebruikelijk *(bron: http://www.knmi.nl/cms/content/115141/zomer_was_warm_droog_en_zonnig)*. Dit is ook terug te zien in de grondwaterstand.

Medio mei 2013 is in de grondwaterstand ook een dalende lijn te zien. Deze is ook enigszins terug te zien in 2013 (als de piek buiten beschouwing gelaten wordt). Het moment dat de grondwaterstand onder de interventiewaarde uitkomt, is geen lange periode die tot mogelijke schade zou kunnen leiden van de bodem (holocene veenlaag). Het feit dat de meetwaarden in augustus 2013 richting de interventiewaarde gaan zonder dat er werkzaamheden zijn, wijst er op dat de natuurlijke fluctuatie in de freatische grondwaterstand groter is dan bij de opzet van het monitoringsysteem is aangenomen. Daarbij is de gehanteerde marge tussen indicatie- en interventiewaarde van 0,16m zeer klein.

Conclusie:

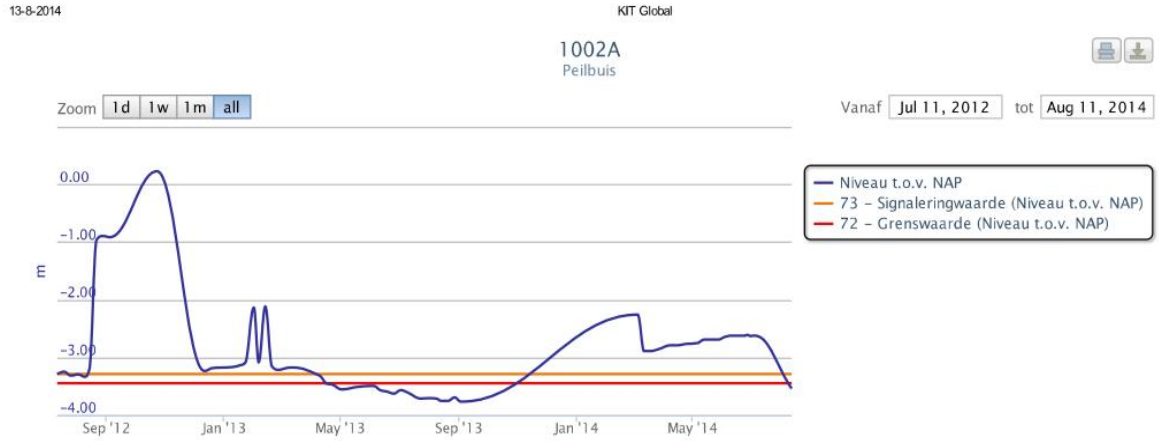
De alarmering onder de interventiewaarde voor peilbuis 1001A betreft een korte periode van slecht 4 dagen en heeft daarna weer de juiste waarde. De alarmering onder de interventiewaarde tijdens 2013 had een natuurlijke reden. Er vonden namelijk geen werkzaamheden plaats ten behoeve van de realisatie van de A4 Delft – Schiedam. Dit wijst er op dat de indicatie- en interventiewaarde gebaseerd zijn op een te korte meetreeks.

Peilbuis 1002A

Figuur B2a-0-2 geeft de monitoringsresultaten van peilbuis 1002A weer. Peilbuis 1002A staat aan de oostzijde van compartiment 1, tegenover peilbuis 1001A.

De uitschieter die van september 2012 tot begin december 2012 zichtbaar is, is een meetfout. Deze grondwaterstand kan niet hebben plaatsgevonden zonder dat dit buiten waarneembaar geweest is. Tevens zijn de pieken die medio februari te zien zijn meetfouten.

In de periode mei 2013 tot en met september 2013 is de grondwaterstand onder de interventiewaarde uitgekomen, waarbij geen werkzaamheden hebben plaatsgevonden aan de A4 Delft – Schiedam. Dit wijst er op dat, net als bij peilbuis 1001A, de indicatie- en interventiewaarde gebaseerd zijn op een te korte meetreeks.

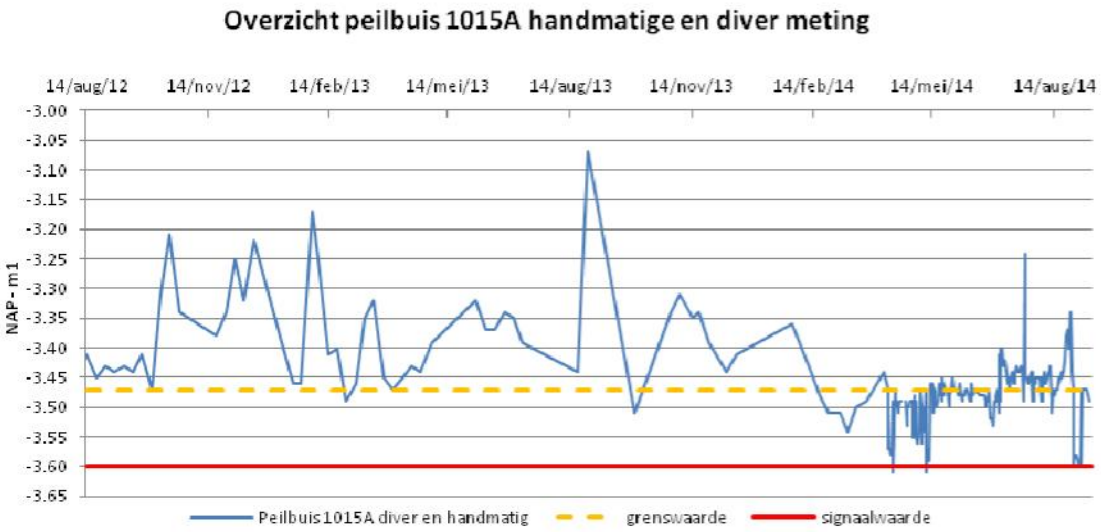


Figuur B2a-0-2Overzicht monitoring peilbuis 1002A

Conclusie:
De onderschrijding van de interventiewaarde die peilbuis 1002A aangegeven zijn niet het gevolg van de werkzaamheden aan de A4 Delft – Schiedam. In de periode dat deze onderschrijdingen hebben plaatsgevonden zijn er geen werkzaamheden van de A4 Delft – Schiedam uitgevoerd.
Dit wijst er op dat, net als bij peilbuis 1001A, de indicatie- en interventiewaarde gebaseerd zijn op een te korte meetreeks. Het beeld dat wordt weergegeven is een beeld dat door natuurlijke invloeden wordt veroorzaakt.

Peilbuis 1015A

Om de gehele meetperiode te bekijken is de handmeting die uitgevoerd is van augustus 2012 tot en met februari 2014 samen gevoegd met de divermeting die vanaf februari 2014 is gestart en tot op heden loopt (zie Figuur B2a-0-3). De handmeting is één maal per week uitgevoerd en de divermetingen worden per uur geregistreerd. Vandaar ook het verschil in detail in de meting.



Figuur B2a-0-3Overzicht monitoring peilbuis 1015A

Als er wordt ingezoomd naar de periode eind april/mei 2014 en august/september 2014 is te zien dat de interventiewaarde van NAP -3,60m een aantal keer wordt bereikt/overschreden. Na de daling van de grondwaterstand in deze periode is ook weer het herstel te zien naar de waarde die het voor de daling had. Hierbij wordt opgemerkt dat de gehanteerde marge tussen indicatie- en interventiewaarde van 13 cm zeer klein.

Tijdens de eerste daling rond april 2014 zijn er op deze locatie werkzaamheden uitgevoerd in de grond. Deze werkzaamheden waren het aanbrengen van de cement-bentonietwand (NAP -7,5m). Vanaf begin juni 2014 is er gestart met de initiële onttrekking. Dit is niet terug te zien als daling van de grondwaterstand.

Conclusie:
Uit de bovenstaande gegevens wordt geconcludeerd dat er een natuurlijk verloop van de grondwaterstand te zien is. Wellicht zijn de incidentele dalingen het gevolg van werkzaamheden die plaats hebben gevonden en behoeve van de realisatie van de A4. Deze hebben geen langdurige gevolgen voor de daling van de grondwaterstand veroorzaakt waardoor er ook geen schadelijke gevolgen zouden kunnen zijn opgetreden.

Peilbuis 1023A
In Figuur B2a-0-4 zijn de monitoringsresultaten van peilbuis 1023A weergegeven. De enige keer dat deze peilbuis onder de interventiewaarde uitkomt is 11-08-2014. Voor de rest van de meetperiode wordt de indicatiewaarde zelfs niet overschreden.

Figuur B2a-0-4Overzicht monitoring peilbuis 1023A

Conclusie
De onderschrijding van de interventiewaarde is eenmalig waargenomen en is zeer waarschijnlijk een meetfout.

Holocene tussenzandlaag
In verband met opbarsten tijdens het ontgraven is de holocene tussenzandlaag in compartiment 9 bemalen. Deze bemaling heeft plaatsgevonden van maart 2014 tot eind juli 2014 (zie Tabel B2a- 1) en bedroeg circa 150 m^3/dag. Hoewel deze bemaling dus in de verdiepte ligging plaatsvond heeft deze wel invloed op de ernaast gelegen compartimenten in de half verdiepte ligging.

Peilbuis 1023B
In Figuur B2a-0-5 zijn de monitoringsresultaten van peilbuis 1023B weergegeven. Deze peilbuis staat in de holocene tussenzandlaag in de half verdiepte ligging.

Figuur B2a-0-5Overzicht monitoring peilbuis 1023B

Over de gehele periode vanaf september 2012 geeft deze peilbuis een stabiel beeld met waarden rond NAP -3,00m. In januari 2013 zijn er 2 uitschieters ver onder de interventiewaarde te zien. Gezien het verloop van de overige metingen wordt geconcludeerd dat dit meetfouten zijn.

De aanwezige bemaling van de holocene tussenzandlaag in compartiment 9 is zodanig klein dat de invloed zich beperkt tot een 100-tal meter. Peilbuis 1023B ligt te ver weg (minimaal 500m) om deze invloed, zo groot, te meten.

Aangezien de daling vanaf april 2014 inzet en er ook rond deze periode gestart is met fase 1 van de onttrekking in compartiment 7 zou dit kunnen betekenen dat de verlaging in het freatische pakket gevolgen heeft voor de stijghoogte in de holocene tussenzandlaag.

Peilbuis 1025B

In Figuur B2a-0-6 zijn de monitoringsresultaten van peilbuis 1025B aangegeven. Tot start realisatie, begin februari 2014, is er een natuurlijk verloop van de stijghoogte te zien in de holocene tussenzandlaag. De daling die in zet vanaf medio maart 2014, valt samen met het onttrekken van water uit de holocene tussenzandlaag in compartiment 9 èn met de seizoensdaling.

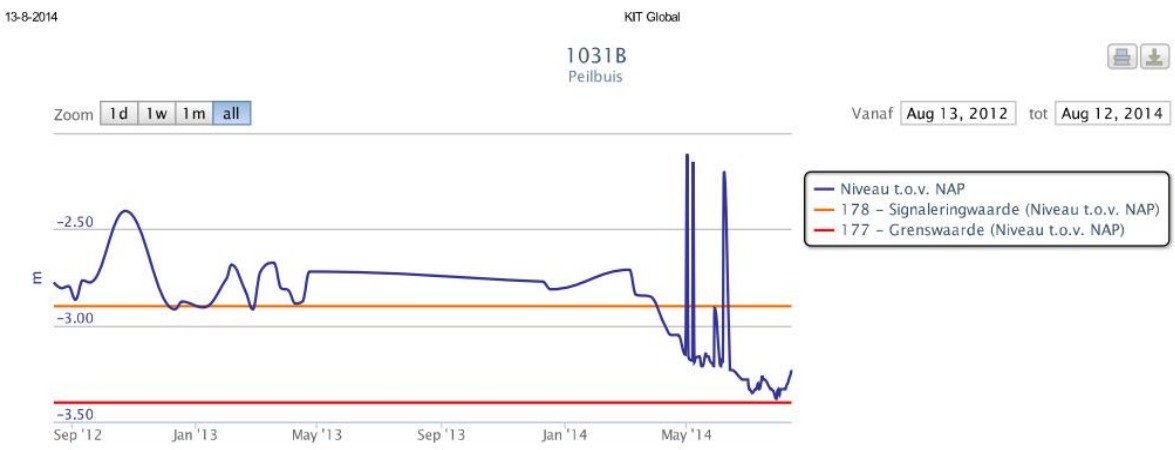
Net als bij peilbuis 1023B geldt hier dat de aanwezige bemaling van de holocene tussenzandlaag in compartiment 9 zodanig klein is, dat de invloed zich beperkt tot een 100-tal meter. Peilbuis 1025B ligt te ver weg om deze invloed, zo groot, te meten (minimaal 475m).

Aangezien de daling vanaf april 2014 inzet en er ook rond deze periode gestart is met fase 1 van de onttrekking in compartiment 7 zou dit kunnen betekenen dat de verlaging in het freatische pakket gevolgen heeft voor de stijghoogte in de holocene tussenzandlaag.

Figuur B2a-0-6 Overzicht monitoring peilbuis 1025B

Peilbuis 1031B

In Figuur B2a-0-7 zijn de monitoringsresultaten van peilbuis 1031B aangegeven. Tot start realisatie, begin februari 2014, is er een natuurlijk verloop van de stijghoogte (hoog in de winter, laag in de zomer) te zien in de holocene tussenzandlaag.
De daling die in zet vanaf medio maart 2014, valt samen met het onttrekken van water uit de holocene tussenzandlaag in compartiment 9 èn met de seizoensdaling.



Figuur B2a-0-7 Overzicht monitoring peilbuis 1031B

Uit de vergelijking tussen de verschillende peilbuizen in compartiment 6 tot en met 9 (zie Figuur B2a-0-9) blijkt dat peilbuis 1031B een vergelijkbaar gedrag vertoont als peilbuis 2003B. Deze laatste peilbuis staat naast compartiment 9, waarvan de holocene tussenzandlaag wordt bemalen tot 24/07/2014. Na het stoppen van de bemalen en het jetgrouten van damwandsloten in compartiment 9 (gereed 07/08/2014), begint de stijghoogte in beide peilbuizen op te lopen. Hieruit wordt geconcludeerd dat de stijghoogte in peilbuis 1031B beïnvloed wordt door activiteiten in compartiment 9.

Peilbuis 1034B

In Figuur B2a-0-8 zijn de monitoringsresultaten van peilbuis 1034B aangegeven. Deze peilbuis staat aan de oostzijde van compartiment 8 in de holocene tussenzandlaag.

Figuur B2a-0-8 Overzicht monitoring peilbuis 1034B

In de periode tot medio maart 2014 laat de stijghoogte een natuurlijk beeld zien. Vanaf medio maart 2014 is er een daling in de stijghoogte te zien. Aangezien het gedrag van de stijghoogte in peilbuis 1031B overeenkomt met die van peilbuis 1031B (zie Figuur B2a-0-9), wordt geconcludeerd dat ook deze peilbuis wordt beïnvloed door activiteiten in compartiment 9.

Figuur B2a-0-9 Overzicht monitoring peilbuis 1031B en 1034B

Conclusie:
De reden dat de peilbuizen 1023B en 1025B in de periode maart tot en met augustus 2014 onder de interventiewaarde uitkomen hebben mogelijk een relatie met de freatische bemaling in compartiment 7. Dit kan als de waterremming van de holocene lagen onder de zandpalen laag is.

Voor peilbuis 1031B en 1034B heeft te stijghoogteverlaging maken met de bemaling van de holocene tussenzandlaag in compartiment 9. Dit blijkt duidelijk uit Figuur B2a-0-10. Hierin zijn 3 clusters van peilbuizen te onderscheiden die een vergelijkbaar verloop van de stijghoogte laten zien. Peilbuis 1031B en 2003B reageren zeer duidelijk op activiteiten in compartiment 9. Na het stoppen van de bemaling en het injecteren van damwandsloten loopt de stijghoogte vanaf circa 05/08/2014 op.

Peilbuis 1023B, 1025B, 1027B en 1029B geven een vergelijkbaar verloop weer en de onderlinge verschillen in stijghoogte zijn klein. Het stoppen van de bemaling in de holocene tussenzandlaag in compartiment 9 is hier niet in terug te zien.

Peilbuis 1033B en 2001B hebben een vergelijkbaar verloop tot begin 06/2014. Daarna geeft peilbuis 1033B wat lagere waarden dan 2001B. Het verloop blijft echter vergelijkbaar. Daarnaast is het verloop van deze peilbuizen vergelijkbaar met 1023B, 1025B,1027B en 1029B, alleen zijn de absolute waarden 0,2m à 0,25m hoger.

Ondanks dat op de geotechnische profielen [R7] (zie Figuur B2b-5 in Bijlage 2B) niet duidelijk staat weergegeven dat er een verbinding is tussen de tussenzandlagen van compartiment 7, 8 en 9 is dit toch wat zichtbaar is in de peilbuismetingen. Deze verbindingen lopen vermoedelijk via kortsluitingen van de verschillende tussenzandlagen met het pleistocene zandpakket en/of doordat de verschillende tussenzandlagen door het tracé heen slingeren. Door de geringe dikte van de holocene tussenzandlaag zal de daling ten gevolge van bemalingen extremer zijn dan bij een dikker watervoerend pakket. Een relatief geringe onttrekking zal hierdoor leiden tot grotere dalingen.

Figuur B2a-0-10 Monitoring holocene tussenzandlaag westzijde compartiment 6 t/m 9

Omdat de ontlastbemaling in compartiment 9 begin augustus 2014 uit gezet is, is de stijghoogte van de peilbuizen rondom compartiment 7, 8 en 9 ,die in dezelfde holocene tussenzandlaag staan als aanwezig is in compartiment 9, weer terug naar de natuurlijke stijghoogte gegaan.

Pleistoceen

Peilbuis 1003C

Peilbuis 1003C staat aan de westzijde van compartiment 2. De resultaten van de handmatige metingen van peilbuis 1003C staan in Figuur B2a-0-11 weergegeven.

Figuur B2a-0-11 Overzicht monitoring peilbuis 1003C

Het beeld dat deze peilbuis geeft is een natuurlijk verloop (laagste waterstand in de zomer)

Conclusie:
De onderschrijding op de indicatiewaarde wordt veroorzaakt door de natuurlijke variatie in grondwaterstand. Door de definitie van de indicatiewaarde wordt deze in 15% van de tijd (zomerperiode) onderschreden.

Peilbuis 1015C en 1016C

In Figuur B2a-0-12 zijn de divermeting en handmatige meting van peilbuis 1015C samengevoegd om een beeld te krijgen van de meetresultaten gedurende de hele meetperiode. De divermeting loopt van juni 2012 tot november 2013. De handmatige meting loopt van maart 2014 tot heden (augustus 2014) en wordt nog steeds gemonitord.

De dalingen die vanaf medio februari 2013 te zien is, is ook te zien in maart/april 2014. Het enige verschil is dat de stijghoogte in 2013 niet zo ver daalt als de meting in 2014. Deze zelfde trend is ook te zien in peilbuis 1016C. De meetresultaten van peilbuis 1016C staan in Figuur B2a-0-13 weergegeven.

Figuur B2a-0-12 Overzicht monitoring (diver en handmatig) peilbuis 1015C

Figuur B2a-0-13 Overzicht monitoring peilbuis 1016C

Bij een normaal verloop van de stijghoogte in het Pleistoceen zal deze in de winter ruim boven de indicatiewaarde liggen en in de zomer onder de indicatiewaarde door de seizoensinvloed. De huidige meetwaarden liggen dan tussen de indicatie- en interventiewaarde in.

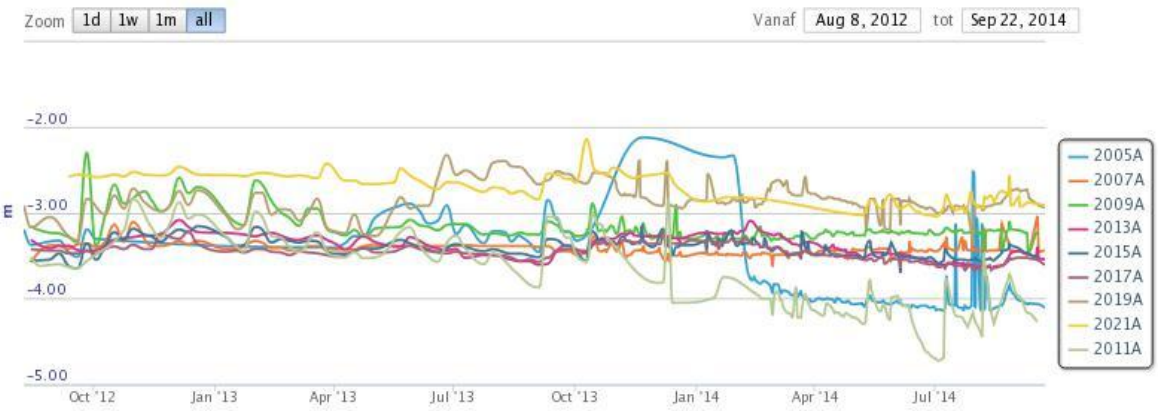
Conclusie:
De daling in stijghoogte in de peilbuizen 1015c en 1016c heeft een natuurlijke oorzaak. Compartiment 9 ligt te ver van deze locaties af om een invloed te hebben op de stijghoogte ter plaatse. De indicatie- en interventiewaarde voor deze peilbuis zijn niet goed gekozen.

TD3 - verdiepte ligging

In tekening A4DS-K4-TEK-8397 van deze bijlage staan de peilbuizen aangegeven die onder de interventiewaarde staan of hebben gestaan met de bijbehorende stijghoogtemetingen. In de hieronder volgende subparagrafen worden de monitoringsgegevens geanalyseerd per grondlaag/ watervoerend pakket in relatie tot de activiteiten van A4all (zie Tabel B2a- 1).

Freatische grondwaterstand
Voor de analyse van de freatische peilbuizen langs de verdiepte ligging, is onderscheid gemaakt tussen de oost- en de westzijde. Dit is gedaan, omdat de wegas van de huidige A4 oostelijk ligt van de as van de aangebrachte zandbaan. Hierdoor is aan de westzijde van de wanden van de verdiepte ligging een substantieel groter zandlichaam aanwezig dan aan de oostzijde. Door de bemaling van in de ontlastsleuven aan de buitenzijde van de wanden in combinatie met de positie van de freatische peilbuizen, zal deze bemaling een grotere invloed hebben op de waterstanden in de freatische peilbuizen aan de westzijde dan aan de oostzijde.

Freatisch westzijde
In Figuur B2a-0-14 zijn de peilbuismetingen weergegeven van alle freatische peilbuizen aan de westzijde van de verdiepte ligging.



Figuur B2a-0-14 Freatische peilbuizen westzijde verdiepte ligging

Peilbuis 2005A
Deze peilbuis bevindt zich ruim binnen de systeemgrens en binnen de zandbaan. Deze laatste wordt bemalen in de ontlastsleuven. Meetwaarde zakt tussen 28/01/2014 en 10/02/2014 door de indicatie- en interventiewaarde. De bemaling van de ontlastsleuven is in compartiment 9 op 20/03/2014 aangegaan en bij compartiment 10 op 17/03/2014. In januari 2014 zijn tevens bemalingen actief aan de binnenzijde van compartiment 9 onder andere ten behoeve van het aanbrengen van ankers. Gezien de locatie binnen de zandbaan is deze peilbuis sterk onderhevig aan de bemalingen die ter plaatse plaatsvinden. Deze peilbuis is daarom ook niet representatief voor de omgeving.

Peilbuis 2007A
Peilbuis 2007A bevindt zich op de rand van de zandbaan, dus onder invloed van bemaling ontlastsleuven. Vanaf 16/09/2013 wordt hier de indicatiewaarde net onderschreden. In deze periode zijn ook de eerste ontlastsleuven ter hoogte van het ecoaquaduct gerealiseerd. Gezien de locatie binnen de zandbaan is deze peilbuis sterk onderhevig aan de bemalingen die ter plaatse plaatsvinden. Deze peilbuis is daarom ook niet representatief voor de omgeving. Aannemelijk is dat de stijghoogte weer boven de indicatiewaarde terugkeert na het aanbrengen van de watergangen aan de buitenzijde van de constructie.

Peilbuis 2009A
Deze peilbuis bevindt zich op een eilandje in de watergang, dus de invloed van bemalingen in de zandbaan is hier beperkt. Vrij constant niveau vanaf 09/2013 (geen stijging meer in winterperiode). Indicatiewaarde wordt in augustus en september 2014 bij 3 metingen licht onderschreden. Gezien de trend in de metingen is niet uit te sluiten dat het hier meetfouten betreft.

Peilbuis 2011A
Deze peilbuis bevindt zich op de rand van de zandbaan. In augustus 2013 start hier de bemaling in de ontlastsleuven van compartiment 12. De indicatiewaarde wordt vanaf 13/12/2013 structureel onderschreden. Sinds eind 04/2014 wordt regelmatig de interventiewaarde onderschreden. Oorzaak is de beïnvloeding door de waterstand in de zandbaan. Door de bemaling van de ontlastsleuven aan de buitenzijde van de constructie werd deze peilbuis direct beïnvloed en reageert door het aanwezige zandpakket sneller op veranderingen dan een peilbuis op enige afstand van de zandbaan. Na het aanbrengen van de watergangen aan de buitenzijde van de constructie is het peil in deze peilbuis dan ook weer gestegen tot boven de indicatiewaarde.

Peilbuis 2013A
Deze peilbuis volgt de seizoenscurve (hoogste stand in januari; laagste stand augustus/september). Vanaf 24/04/2014 wordt de indicatiewaarde onderschreden (net als in 07/2013). Vanaf 20/08/2014 stijgt de waterstand weer. Opgemerkt wordt dat bij peilbuis 2013A de indicatiewaarde NAP-3,45m is, terwijl dit bij peilbuis 2015A NAP -3,65m. Beide peilbuizen liggen dusdanig dicht bij elkaar dat het logisch is om hiervoor de zelfde indicatie- en interventiewaarden te hanteren. Dit wordt veroorzaakt door de relatief korte meetreeks die is gebruikt voor de bepaling van de indicatie- en interventiewaarde. Bij het hanteren van dezelfde waarden als bij 2015A wordt de indicatiewaarde slechts twee maal licht onderschreden.

Peilbuis 2015A
Bij deze peilbuis wordt eenmalig de indicatiewaarde onderschreden, mogelijk door een meetfout. Deze peilbuis volgt de seizoenscurve.

Peilbuis 2017A
Peilbuis 2017A volgt de seizoenscurve (hoogste stand in januari; laagste stand augustus/september). Indicatiewaarde wordt in voorjaar 2013 al onderschreden en gaat richting interventiewaarde in de zomermaanden. In deze periode zijn nog geen werkzaamheden/bemalingen in de omgeving van 2017A gestart. De indicatie- en interventiewaarde zijn hier ook hoog gekozen, vergelijkbaar met 2013A. Geconcludeerd wordt dat ook hier de gebruikte meetreeks te kort is om de indicatie- en interventiewaarde goed vast te kunnen stellen.

Peilbuis 2019A
Peilbuis 2019A staat buiten de invloed van de zandbaan en volgt de seizoenscurve. De indicatiewaarde wordt hier eenmalig onderschreden door een meetfout. Overige metingen zitten (ruim) boven de indicatiewaarde.

Peilbuis 2021A
Deze peilbuis staat op het parkeerterrein bij de Koepelkeet op enkele meters afstand van een watergang. In het voorjaar van 2013, als er nog geen bouwactiviteiten in de omgeving zijn, worden de indicatie- en interventiewaarde al onderschreden. Daarnaast is het verschil tussen indicatie- en interventiewaarde met slechts 6cm relatief klein. Geconstateerd is dat het waterpeil in de ernaast gelegen watergang op circa NAP -3,48m ligt (GPS-meting d.d. 03/11/2014). Dit is nog lager dan de laagst gemeten waarde bij peilbuis 2021A (ca. NAP -2,9m) en circa 0,9m lager dan de indicatiewaarde (NAP -2,59m). Geconcludeerd wordt dat de waterstand in deze peilbuis niet wordt

beïnvloed door de werkzaamheden aan de A4, maar door het peil in de ernaast gelegen watergang. De indicatie- en interventiewaarde zijn dus foutief vastgesteld.

Freatisch oostzijde
In Figuur B2a-0-15 zijn de peilbuismetingen weergegeven van relevante freatische peilbuizen aan de oostzijde van de verdiepte ligging.

Figuur B2a-0-15 Freatische peilbuizen oostzijde verdiepte ligging

Peilbuis 2012A
Peilbuis 2012A volgt de seizoenscurve. Onderschrijding van interventiewaarde op 09/07/2014 is een meetfout (precies 1m lager dan voorgaande meting). Daarom geen afwijking.

Peilbuis 2014A
Peilbuis 2014A volgt de seizoenscurve. In 09/2013 werd interventiewaarde bijna bereikt. Er waren toen echter nog geen werkzaamheden/bemalingen in de omgeving gestart. Geconcludeerd wordt dat ook hier de gebruikte meetreeks te kort is om de indicatie- en interventiewaarde goed vast te kunnen stellen.

Peilbuis 2018A
Peilbuis 2018A volgt de seizoenscurve. De interventiewaarde wordt op 23/04/2013 onderschreden, waarbij nog geen werkzaamheden werden uitgevoerd. Sinds 11/08/2014 is de waterstand weer boven de indicatiewaarde. De grote stijging na 20/08/2014 te wijten aan grote hoeveelheden neerslag. Geconcludeerd wordt dat ook hier de gebruikte meetreeks te kort is om de indicatie- en interventiewaarde goed vast te kunnen stellen.

Peilbuis 2020A
Ook deze peilbuis volgt de seizoenscurve. Onderschrijding van de interventiewaarde op 25/07/2014 is een meetfout (precies 1m lager dan voorgaande meting).

Peilbuis 2022A
Peilbuis 2022A staat in de zandbaan naast compartiment 15 en ver weg van de systeemgrens. De waterstand in deze peilbuis wordt dus beïnvloed door werkzaamheden/bemalingen in dit compartiment. Voor aanvang van de werkzaamheden (voorjaar/zomer 2013) worden de indicatiewaarden (NAP -2,91m) al onderschreden. Vanaf 05/2014 onder interventiewaarde. Dit valt volledig te relateren aan de activiteiten in compartiment 15. Door de locatie is deze peilbuis niet representatief.

Conclusies met betrekking tot de freatische peilbuizen:

- voor de peilbuizen aan de westzijde van de verdiepte ligging worden de afwijkingen veroorzaakt door de bemaling van de ontlastsleuven. Ter plaatse strekt de zandbaan zich relatief ver uit buiten de wanden tot vlakbij de sloten. Hierdoor is een groot aantal peilbuizen niet representatief voor de invloed van de aanleg van de verdiepte ligging op de freatische grondwaterstand.
- de peilbuizen aan de oostzijde staan buiten de zandbaan en geven daarmee een betrouwbaarder beeld van de freatische grondwaterstand. Een groot deel van de peilbuizen voldoet hier dan ook. De afwijkingen kunnen volledig worden toegeschreven aan meetfouten, verkeerd vastgesteld indicatie- en interventiewaarden of een net representatieve locatie.
- voor peilbuis 2013A en 2017A zijn de indicatie- en interventiewaarden gebaseerd op een te korte meetreeks om deze goed vast te kunnen stellen. Dit geldt eveneens voor 2014A, 2016A en 2018A.
- peilbuis 2022A is niet representatief door de locatie in de zandbaan en staat bovendien ver van de systeemgrens.
- aangezien de echte freatische afwijkingen gerelateerd kunnen worden aan de bemaling van de ontlastsleuven is de verwachting dat bij het afwerken van de watergangen deze afwijkingen verdwijnen, waardoor de uitgangssituatie weer wordt hersteld.

Holocene tussenzandlaag

Ter hoogte van compartiment 9 en 10 bevinden zich holocene tussenzandlagen (zie Figuur B2b-5 in Bijlage 2B). Om opbarsten tijdens het ontgraven van de bouwput te voorkomen wordt de holocene tussenzandlaag in compartiment 9 tijdens deze bouwfase bemalen in de periode maart tot eind juli 2014 met een debiet van circa 150 m^3/dag.

Peilbuis 2005B

Bij deze peilbuis zijn de overschrijdingen van de interventiewaarden veroorzaakt door meetfouten. Vanaf eind 01/2014 zet een dalende trend in (seizoensinvloed) die versnelt nadat de bemaling in de holocene tussenzandlaag in compartiment 9 op 15 maart 2014 wordt aangezet. Op 28/04/2014 wordt indicatiewaarde bereikt. Vanaf 14/08/2014 is weer een stijgende trend waarneembaar. Deze valt samen met de continutest in compartiment 9 (bemaling in holocene tussenzandlaag gestopt).

Figuur B2a-0-16 Overzicht monitoring peilbuis 2005B

Peilbuis 1033B

Het alarm (onderschrijden interventiewaarde) wordt veroorzaakt door een meetfout. De stijghoogte zakt op 02/06/2014 onder de indicatiewaarde. In 08/2012 stond het peil ook onder de indicatiewaarde. In de zomer 2013 daalt het peil ook licht t.o.v. winter- en herfstperiode, maar niet onder indicatiewaarde.

Aan de oostzijde staan referentiebuis 8016B en 8017B. Alleen peilbuis 8017B heeft meetdata. Deze peilbuis staat ter hoogte van compartiment 8 en circa 70m ten noordoosten van compartiment 9. Peilbuis 1033B ligt circa 250m ten noordwesten van compartiment 9. Hierin is de fluctuatie tussen zomer en winter te zien. Vanaf 03/2014 vind een sterke daling plaats bij peilbuis 8017B en een stijgende trend vanaf 08/08/2014. Hier is een sterke relatie te zien met de activiteiten (bemaling) in compartiment 9, waardoor peilbuis 8017B niet bruikbaar is als referentiebuis.
Voor peilbuis 1033B is dit verband niet zo sterk, wat ook logisch is gezien de grotere afstand tot compartiment 9.

Figuur B2a-0-17 Overzicht monitoring peilbuis 1033B en 8017B

Peilbuis 2001B, 2003B, 2005B en 2007B
Bij deze peilbuizen wordt vanaf 02/2014 wordt een dalende trend ingezet (zie Figuur B2a-0-18). Vanaf 21/03/2014 beginnen 2003B, 2007B en 8017B sterk te dalen. De peilen zakken onder de indicatiewaarden op de volgende data:

- 2001B: 15/05/2014
- 2003B: 28/03/2014
- 2005B: 25/04/2014
- 2007B: 28/03/2014.

Op 27/03/2014 ontstaat een relatief grote damwandvervorming bij het graven van de ankersleuven rond de overgang van compartiment 9/10. Dit is goed te zien in peilbuis 2003B en 2007B. Peilbuis 2005B ligt het dichtst bij de zone waar dit plaats vond, echter hier is geen duidelijke sprong te zien in stijghoogte op 27/03/2014. Vanaf circa 06/08/2014 vertonen deze zelfde peilbuizen een stijgende trend. Dit is na het gereedkomen van het jetgrouten van de westwand van compartiment 9 op 04/08/2014 en het verhogen van het peil in compartiment 10 op 28/07/2014. Na 14/08/2014 (start peilverhoging in compartiment 9) vertoont met name 2005B duidelijk een versnelling van de stijgende trend.

Figuur B2a-0-18 Overzicht monitoring peilbuis 2001B, 2003B, 2005B, 2007B en 8017B

2001B vertoont hier een wat ander gedrag, waarbij wordt opgemerkt dat de op dit moment gemeten waarde in 09/2012 (vóór aanvang werkzaamheden) ook al is opgetreden. Dit is verklaarbaar op basis van de laagopbouw uit de sonderingen in Figuur B2b-5 in Bijlage 2B. Ter hoogte van circa km60.02 houdt een holocene tussenzandlaag op. Vanaf ca. km60.08 wordt weer een duidelijke holocene tussenzandlaag aangetroffen. Peilbuis 2001B bevindt zich op ca. km60.02; de peilbuizen 2003B, 2005B, 2007B en 8017B liggen voorbij km60.1 en behoren daarmee mogelijk tot een andere holocene tussenzandlaag dan 2001B. Deze tussenzandlagen staan vermoedelijk wel via het pleistocene zandpakket in verbinding met elkaar.

Peilbuis 2002B, 2004B, 2006B, 2008B en 8017B
Peilbuis 2002B bevind zich in een andere holocene tussenzandlaag dan de overige peilbuizen (vgl. 2001B) en volgt daardoor wel dezelfde trends, maar met afwijkende absolute waarden.
De overige peilbuizen laten een sterk vergelijkbaar onderling gedrag zien, zowel vóór aanvang werkzaamheden (2012) als tijdens de werkzaamheden.

Figuur B2a-0-19 Overzicht monitoring peilbuis 2002B, 2004B, 2006B, 2008B en 8017B

Figuur B2a-0-20 Stijghoogtes in peilbuis 2002B, 2004B, 2006B, 2008B en 8017B in 2014

De peilen zakken onder de indicatiewaarden op de volgende data:

- 2002B: 06/05/2014
- 2004B: 28/03/2014
- 2006B: 24/04/2014
- 2008B: 27/02/2014 of 08/04/2014.

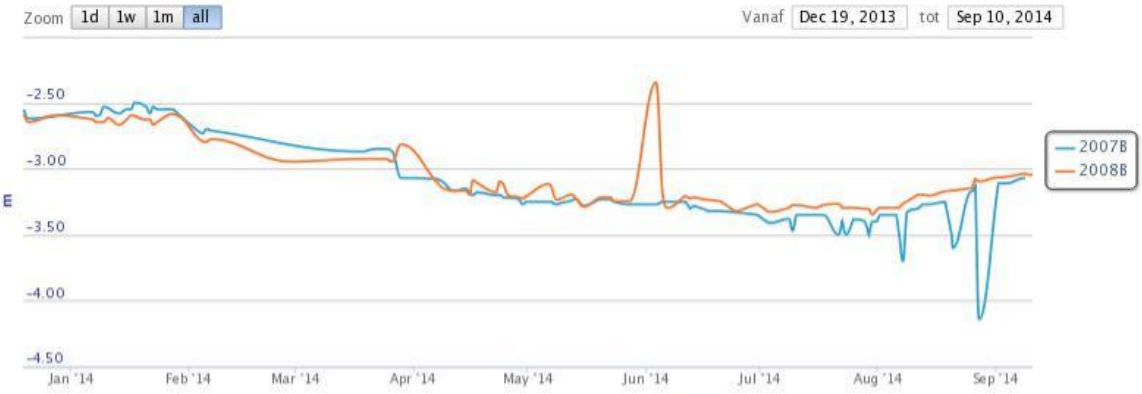
Alle peilbuizen vertonen weer een stijgende trend na 05/08/2014. Dit is na het gereedkomen van het jetgrouten aan de oostwand van compartiment 9 op 07/08/2014 en het verhogen van het peil in compartiment 10 vanaf 28/07/2014. Tussen 13/08 en 27/8 wordt het peil hier weer tijdelijk verlaagd, maar dit is nauwelijks terug te zien in de peilbuizen. Het stoppen van de ontlastbemaling in de holocene tussenzandlaag in compartiment 9 heeft een significanter effect op de stijghoogtes dan compartiment 10. Dit is logisch gezien de aanwezigheid van diepe CB-wanden in compartiment 10 (onderafdichting gevormd door Kedichemklei) ten opzichte van de damwandkuip van compartiment 9 (onderafdichting gevormd door holocene lagen).

Alle stijghoogtes bevinden zich op dit moment boven de interventiewaardes. Stijghoogte bij 2006B zit zelfs boven de indicatiewaarde.

Peilbuis 2007B en 2008B

Eind 01/2014 zet zich een dalende trend in. Op 28/03/2014 zit er een kleine sprong in de stijghoogte bij 2007B. Dit is relateren aan de relatief grote damwandvervormingen in compartiment 9/10 op 27/03/2014. Peilbuis 2008B reageert hier gelijkmatiger op.

Op 28/03/2014 zakt bij beide peilbuizen de stijghoogte onder de indicatiewaarde. Op 23/07/2014 zakt de stijghoogte bij peilbuis 2007B zelfs onder de interventiewaarde. Vanaf circa 08/08/2014 stijgen de stijghoogtes weer. Dit is na het gereedkomen van het jetgrouten aan de west- en oostwand bij compartiment 9. Na het stoppen van de bemaling in de holocene tussenzandlaag in compartiment 9 op 14/08/2014 neemt de stijging verder toe/versnelt.



Figuur B2a-0-21 Monitoringsresultaten voor peilbuis 2007B en 2008B in 2014

Peilbuis 2006B en 2006C
Op 06/03/2014 zakt de stijghoogte van 2006C onder de indicatiewaarde. Rond het incident van 21/03/2014 zet de daling sterker door. Na 04/08/2014 wordt weer een stijgende trend waargenomen.

Uit de meetwaardes blijkt dat peilbuis 2006B en 2006C (zie Figuur B2a-0-22) een vergelijkbaar gedrag vertonen en er weinig verschil zit in de meetwaardes. Bij de analyse van peilbuis 2006B is al geconstateerd dat de stijghoogte sterk wordt beïnvloed door de activiteiten in compartiment 9. Het directe verband tussen stijghoogte in de holocene tussenzandlaag (B) en het pleistocene zand (C) wordt ook geconstateerd bij peilbuis 2003 tot en met 2005. Dit wordt (in ieder geval) veroorzaakt door de directe verbinding tussen de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen die volgt uit het grondonderzoek rond de overgang van compartiment 10/11 (zie Figuur B2b-5 in Bijlage 2B, t.h.v. km 60,1).

Figuur B2a-0-22 Overzicht monitoring peilbuis 2006B en 2006C

Conclusies met betrekking tot de stijghoogtes in de holocene tussenzandlaag:

- Er is een duidelijk verband tussen de bemalingen in compartiment 9 (ca. 150 m^3/dag in de holocene tussenzandlaag) en de stijghoogtes in de tussenzandlagen rond compartiment 9 en 10.
- Aangezien de tussenzandlagen ook verbinding maken met het pleistocene zandpakket hebben stijghoogteveranderingen door de bemaling van de holocene tussenzandlaag in compartiment 9 ook invloed op de stijghoogte in het Pleistoceen.
- De stijghoogtes van alle peilbuizen in de tussenzandlagen bevinden zich boven de interventiewaarde.

- Verwacht wordt dat het stoppen van de bemaling in compartiment 9 leidt tot het verder stijgen van de stijghoogte in de peilbuizen in de holocene tussenzandlaag.

Pleistoceen
Voor de analyse van de peilbuizen in het Pleistoceen is een beschouwing per compartiment gemaakt. Peilbuizen die rond de grens van een compartiment staan kunnen hierdoor in de vergelijking van twee compartimenten voorkomen.

Compartiment 9 (peilbuis 1003C, 2002C, 2003C, 2004C, 2005C, 6015C)
Peilbuis 2002C nadert in 09/2012 al de interventiewaarde (zie Figuur B2a-0-23), terwijl er dan nog geen werkzaamheden plaatsvinden. In 06/2013 tot en 10/2013 worden tevens waarden gemeten onder de indicatie- en interventiewaarde. In deze periode vinden werkzaamheden plaats aan de diepwanden en landhoofden van de Oostveenseweg. Hierbij vinden alleen freatische bemalingen plaats. Gezien de trend in de overige peilbuizen en de meetwaarden van 2002C van 01/2014, is het zeer waarschijnlijk dat de meetwaarden in deze periode worden veroorzaakt door een foutief referentieniveau (bovenkant peilbuis) van peilbuis 2002C. De overschrijding van de interventiewaarde is daarmee foutief.

Figuur B2a-0-23 Stijghoogtes Pleistoceen rond compartiment 9

Hieronder volgt een opsomming van de belangrijkste trends in de stijghoogtes (zie Figuur B2a-0-23) rond compartiment 9 in relatie tot de werkzaamheden:

- 28/01/2014: stijghoogte in peilbuis 2005C en 6015C beginnen ca. 0,16m te dalen (overige peilbuizen geen metingen). Dit valt samen met de verlaging van de stijghoogte in compartiment 12 naar NAP -16m en het bemalen van de ankersleuven in compartiment 9.
- 08/04/2014: daling in 2002C, 2004C en 2005C na start bemaling in compartiment 10.
- 17/04/2014: daling dempt uit gelijktijdig met het weer oplopen van de stijghoogte in compartiment 10.
- 13/05/2014: daling is verder afgenomen na reparatie van compartimenteringscherm 10/11.
- 11/06/2014: lichte daling tot 20/06 (forse daling bij 2002C maar deze fluctueerde al eerder sterk) valt samen met lekkende zandpaal 003 in compartiment 9
- vanaf 03/07/2014 is een licht stijgend trend waarneembaar met een verdere stijging ongeveer 1 week na de peilverhoging in compartiment 10
- 14/08/2014: lichte daling bij peilbuis 2002C valt samen met lekkende zandpaal 006 in compartiment 9
- 20/08/2014: stijging in 2002C en daling 2004C met zelfde waarde. Oorzaak is een meetfout.
- 01/09/2014: alleen 2002C vertoont vanaf deze datum een dalende trend. Mogelijk dat dit nog steeds te maken heeft met een lekkage in compartiment 9.

Compartiment 10 en 11 (peilbuis 2004C, 2005C, 2006C en 6015C)
Rondom compartiment 10 en 10 zijn een beperkt aantal peilbuizen geplaatst. Daarom zijn deze compartimenten in de beschouwing samengevoegd.

In Figuur B2a-0-24 zijn dalingen te zien in 09/2012, 12/2012 en 04/2013 bij peilbuis 2009C en 2010C. In deze periodes vinden nog geen bouwactiviteiten plaats die invloed hebben op de stijghoogte in het Pleistoceen. Op basis hiervan en de trend in de metingen wordt geconcludeerd dat het hier meetfouten betreft.

Figuur B2a-0-24 Stijghoogtes Pleistoceen rond compartiment 10 en 11

Hieronder volgt een opsomming van de belangrijkste trends in de stijghoogtes rond compartiment 10 en 11 (zie Figuur B2a-0-24) in relatie tot de werkzaamheden:

- 27/08/2013: licht stijgende trend na sluiten van compartiment 12 op 30/08/2013.
- 31/10/2013: tot en met 25/11/2013 is een stijgende trend waarneembaar bij 2005C (ook bij 2010C, maar het betreft hier slechts één meetwaarde. Van de overige peilbuizen zijn geen waarnemingen in deze periode beschikbaar). Dit valt samen met het sluiten van compartiment 11 op 31/10/2013. Op 04/11/2013 start de bemaling in compartiment 12 waarbij de stijgende trend afvlakt na 07/11/2013.
- 22/01/2014: daling bij 2005C valt samen met verlaging stijghoogte in compartiment 12 naar NAP-16m (wel bij dienstgebouw 8 is nog niet dicht)
- 08/04/2014: afremming dalende trend alle peilbuizen
- 08/05/2014: geen dalingen meer. Dit valt ongeveer samen met reparatie van compartimenteringscherm 9/10
- 03/06/2014: tussen deze datum en 11/06/2014 neemt de stijghoogte bij 2010C met circa 0,1m toe. Dit valt samen met de reparatie van de wel bij dienstgebouw 8.
- 11/06/2014: een lekkende zandpaal in compartiment 9 tussen deze datum en 20/06/2014 valt samen met geleidelijke daling van ca. 0,06m in 2005C en 2006C
- 30/07/2014: stijgende trend 2 dagen na het verhogen van het peil in compartiment 10. De peilverlaging in compartiment 11 tussen 31/07/2014 en 24/08/2014 heeft geen daling als gevolg. Geconcludeerd wordt dat de wanden van compartiment 11 dicht zijn.
- Vanaf de start van de continutest op 01/09/2014 zijn de stijghoogtes nagenoeg stabiel.

Compartiment 12 (peilbuis 2009C, 2010C, 2013C en 2014C)
In Figuur B2a-0-25 zijn de metingen van de stijghoogtes rondom compartiment 12 weergegeven. Zoals reeds aangegeven bij de beschouwing van compartiment 10 en 11, worden de dalingen in 09/2012, 12/2012 en 04/2013 bij peilbuis 2009C en 2010C veroorzaakt door meetfouten.

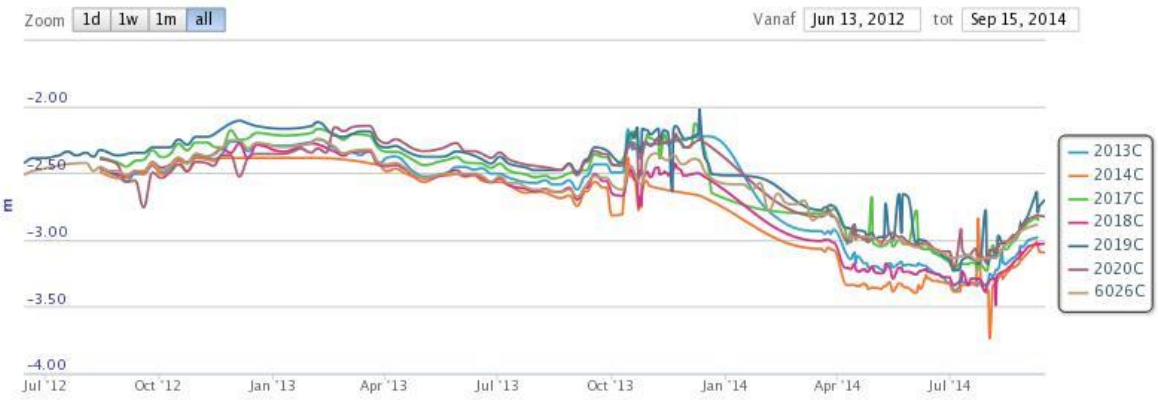
Hieronder volgt een opsomming van de belangrijkste trends in de stijghoogtes rond compartiment 12 (Figuur B2a-0-25) in relatie tot de werkzaamheden:

- 17/12/2013: nog geen verlaging ten opzichte van eind 10/2013, terwijl de stijghoogte in het Pleistoceen in compartiment 12 sinds 04/11/2013 reeds NAP-14m bedraagt.
- 28/03/2014: versnelde daling na verlagen stijghoogte in compartiment 10
- 08/04/2014: na deze datum stabiliseert de daling.
- 08/05/2014: geen dalingen meer en een licht stijgende trend. Dit valt ongeveer samen met reparatie van compartimenteringscherm 9/10.
- 03/06/2014: tussen deze datum en 11/06/2014 neemt de stijghoogte 2010C en 2014C met circa 0,1m toe. Dit valt samen met de reparatie van de wel bij dienstgebouw 8.
- 30/07/2014: stijgende trend begint bij het verhogen van het peil in compartiment 10
- Vanaf de start van de continutest op 01/09/2014 zijn de stijghoogtes nagenoeg stabiel.

Figuur B2a-0-25 Stijghoogtes Pleistoceen rond compartiment 12

Verder wordt opgemerkt dat er een waterstandsverschil is ontstaan tussen de oost- en westzijde van de verdiepte ligging. In mei 2014 bedroeg het stijghoogteverschil tussen 2009C en 2010C ongeveer 0,15m. Tussen 2013C en 2014C bedraagt dit verschil ongeveer 0,17m. De stijghoogte aan de westzijde is hoger dan aan de oostzijde. Dit kan worden veroorzaakt door de barrièrewerking van de verdiepte ligging of door een verschil in doorlatendheid tussen beide wanden.

Compartiment 13 en 14 (peilbuis 2013C, 2014C, 2017C, 2018C, 2019C, 2020C en 6026C)
Compartiment 14 is relatief klein. Daarom is deze samengevoegd met compartiment 13 voor deze beschouwing. In Figuur B2a-0-26 zijn de stijghoogtemetingen van de verschillende relevante peilbuizen weergegeven. Peilbuis 6026 is ter referentie meegenomen. Deze peilbuis staat op circa 300m ten oosten van de oostelijke wand langs de Woudweg.



Figuur B2a-0-26 Stijghoogtes Pleistoceen rond compartiment 13 en 14

In Figuur B2a-0-26 zijn in de metingen tot 12/02/2013 onverklaarbare sprongen te zien. Na deze datum volgen de metingen van peilbuis 2020C de trend van de overige peilbuizen. Op basis hiervan en het feit dat er ten tijde van deze sprongen geen activiteiten plaatsvinden voor de verdiepte ligging wordt geconcludeerd dat het hier meetfouten betreft.

Hieronder volgt een opsomming van de belangrijkste trends in de stijghoogtes rond compartiment 13 en 14 in relatie tot de werkzaamheden:

- tot eind 2013 wordt de seizoenstrend gevolgd.
- 03/09/2013: stijgende trend tot 23/09/2013 valt samen met sluiten van compartiment 13.
- abrupte stijging tussen 09/10/2013 en 13/10/2013. Deze is met 0,37m het grootst bij 2014C Hiervoor is geen verklaring gevonden.
- tussen 21/10/2013 en 25/10/2013 vind een abrupte daling plaats bij alle peilbuizen. Hiervoor is geen verklaring gevonden.
- 18/11/2013: dip bij 2019C is waarschijnlijk een meetfout.
- tussen 10/12/2013 en 18/03/2014 is het aantal metingen beperkt. In 01/2014 is de stijghoogte in 6026C stabiel. Daarna volgt een lichte daling. Deze kan een natuurlijke oorzaak hebben (seizoenscurve) gezien het feit dat de stijghoogte in peilbuis 2020C (op de zelfde raai, maar dichter bij de oostwand) hoger is. Bij een lekkage door de wand wordt bij 2002C juist een lagere waarde verwacht dan bij 6026C.
- tussen 28/03/2014 en 07/04/2014 daalt de stijghoogte in alle peilbuizen met 0,2m à 0,25m. Dit is rond het sluiten van compartiment 14 op 01/04/2014. Hierbij wordt echter een (lichte) stijging verwacht. Voor de oorzaak van deze daling is geen verklaring gevonden.
- 06/05/2014: licht stijgende trend na reparaties bij dienstgebouw 9.
- tussen 05/06/2014 en 11/06/2014 neemt de stijghoogte bij 2014C toe. Dit valt samen met de reparatie van de wel bij dienstgebouw 8
- 11/06/2014: start licht dalende trend (m.n. 2013C, 20017C en 2019C) rond start bemalen Pleistoceen in compartiment 14.
- tussen 01/07/2014 en 08/07/2014 is een sterke dip waarneembaar bij peilbuis 2018C, 2019C en 2020C. Dit valt samen met de lekkage (daling) en reparatie (stijging) van zandpaal 004 in compartiment 15-3.
- 29/07/2014: start stijgende trend na peilverhoging in compartiment 13 met 2 meter.
- 04/08/2014: effect van een lekkende zandpaal in compartiment 15-3 op de stijghoogte is nu niet/nauwelijks zichtbaar. Dit kan komen doordat de lekkage samenvalt met de peilverhoging in compartiment 14.
- 01/09/2014: na deze datum afvlakking stijgende trend/ start continutest.

Peilbuis 2021C en 2022C
Na de zomer van 2013 worden bij peilbuis 2021C en 2022C vreemde waarden gemeten (zie Figuur B2a-0-27). Recent is het NAP-niveau van de bovenzijde van deze peilbuizen opnieuw ingemeten. Hieruit is gebleken dat de bovenzijde van beide peilbuizen foutief was. Voor peilbuis 2021C betekent dit een correctie van 1m omlaag en voor peilbuis 2022C een correctie van 0,61m omhoog.

In Figuur B2a-0-28 zijn de metingen vanaf mei 2014 gecorrigeerd voor deze fout. Beide peilbuizen geven nu een stijghoogte aan van circa NAP -2,75m. Dit is net onder de signaleringswaarde van NAP -2,7m.

Figuur B2a-0-27 Peilbuismetingen 2021C en 2022C

Figuur B2a-0-28 Peilbuismetingen 2021C en 2022C na correctie

Conclusies met betrekking tot de stijghoogtes in de pleistocene zandlaag:

- De stijghoogtes van alle peilbuizen in de pleistocene zandlaag bevinden zich boven de interventiewaarde.
- Er is een duidelijk verband tussen de bemalingen in compartiment 9 (ca. 150 m^3/dag in de holocene tussenzandlaag) en de stijghoogte in het Pleistoceen. Dit komt door verbindingen tussen de holocene tussenzandlagen en het Pleistoceen.
- Het stoppen van de bemaling in compartiment 9 leidt tot het verdwijnen van de afwijkingen in de peilbuizen in de holocene tussenzandlaag en het Pleistoceen.
- De diverse reparaties die hebben plaatsgevonden zijn terug te zien in een positieve beïnvloeding van de stijghoogte.
- Het reduceren van de peilverlagingen binnen de compartimenten heeft een positief effect op de stijghoogtes in het Pleistoceen buiten de kuip.
- Lekkages van zandpalen in compartiment 9 en 15 zijn terug te zien in een verlaging van de stijghoogte in het Pleistoceen.
- Tussen de west- en oostzijde van de verdiepte ligging bestaat een stijghoogteverschil van maximaal circa 0,17m. Dit kan worden veroorzaakt door de barrièrewerking van de verdiepte ligging of door een verschil in doorlatendheid tussen beide wanden.

Overzicht activiteiten TD3 - verdiepte ligging

datum	sluiten compartiment	incidenten en reparatie wanden	bemalingen		
			freatisch	ontlastsleuf	Pleistoceen/ holocene tussenzandlaag
24/05/2013	start graven KW24 (WW)				
28/05/2013	start graven KW23 (ecoaquaduct)				
03/06/2013	KW24 (WW) gereed				
10/06/2013	start graven KW22(OVW)				
18/06/2013	KW22 (OVW) gereed				
26/07/2013	KW23 (ecoaquaduct) gereed				
09/08/2013			compartiment 10/13, OVW, Ecoaquaduct en WW	compartiment 12	
14/08/2013			compartiment 12		
22/08/2013	start damwanden c15				
23/08/2013	sluiten c12				
14/09/2013	sluiten c13				
08/10/2013			compartiment 15		
30/10/2013			compartiment 11		
31/10/2013	sluiten c11			compartiment 11	
04/11/2013			compartiment 9		compartiment 12 NAP-14m (sterke schommelingen tot NAP-16m)
12/11/2013	sluiten c15				
15/11/2013	start damwanden c9	incident DGB7			
12/12/2013	sluiten c9				
13/12/2013				compartiment 13	compartiment 12 NAP-14m (stabiel)
16/12/2013	c11 hersteld t.p.v. DGB7				
17/12/2013			compartiment 9		compartiment 13 NAP-13/-15m
23/12/2013					pompen uit in c13 (piek +2m)

datum	sluiten compartiment	incidenten en reparatie wanden	bemalingen		
			freatisch	ontlastsleuf	Pleistoceen/ holocene tussenzandlaag
22/01/2014					compartiment 12 NAP-16m
24/01/2014	sluiten c10				c13 +2m (piek)
12/02/2014					compartiment 11 NAP-12m
29/02/2014					c13 +2m (piek)
17/03/2014				compartiment 10	
15/03/2014					compartiment 9
20/03/2014				compartiment 9	
21/03/2014		incident moot 5			
25/03/2014					compartiment 10 (1 dag); stijghoogte wel blijvend verlaagd
31/03/2014		compartimenterings cherm 13/14 gerepareerd			
01/04/2014	sluiten c14				
04/04/2014	start reparatie DGB9	start reparatie DGB9			
10/04/2014					compartiment 10 (herstart)
21/04/2014					stijghoogte in 10 loopt weer op
30/04/2014					compartiment 11 NAP-15m
08/05/2014		reparatie DGB9 gereed			
13/05/2014		compartimenterings cherm 10/11 gerepareerd			
18/05/2014		reparatie WW→DGB9 gereed			
23/05/2014		compartimenterings cherm 9/10 gerepareerd			
25/05/2014		reparatie westwand c10/moot5 gereed			

datum	sluiten compartiment	incidenten en reparatie wanden	bemalingen		
			freatisch	ontlastsleuf	Pleistoceen/ holocene tussenzandlaag
30/05/2014		reparatie oostwand c10/moot5 gereed			
04/06/2014				c10/c11 en c12 uitgezet	
05/06/2014		reparatie aansluiting WW-ZO gereed			
06/06/2014		reparatie aansluiting WW-ZW gereed			
08/06/2014		wel DGB8 gerepareerd			
09/06/2014					compartiment 14
11/06/2014		lekkende zandpaal 003 in c9			
16/06/2014					c14 peil verder omlaag
20/06/2014		lekkende zandpaal 003 in c9 gedicht			
03/07/2014		lekkende zandpaal 004 in c15-3			
07/07/2014		lekkende zandpaal 004 in c15-3 tijdelijk gedicht			
17/07/2014		start reparatie C13 oost			
22/07/2014		lekkende zandpaal 004 in c15-3 definitief gedicht			c12 peil omhoog
24/07/2014					start continutest in c9
28/07/2014		reparatie C13 oost gereed			c10 peil omhoog
31/07/2014					c11 peil omlaag (NAP-12m → NAP-14m; c13 peil 2m verhoogd
01/08/2014		start jetten damwandsloten c9 westzijde (04/08/2014 gereed)			
04/08/2014		lekkende zandpaal 005 in c15-3			peil in c14 2m omhoog
05/08/2014		start jetten damwandsloten c9 oostzijde (gereed 07/08/2014)			
12/08/2014					peil in c14 1m verhoogd (definitief peil)
14/08/2014		lekkende zandpaal 006 in c9			

datum	sluiten compartiment	incidenten en reparatie wanden	bemalingen		
			freatisch	ontlastsleuf	Pleistoceen/ holocene tussenzandlaag
24/08/2014					c11 peil omhoog; c13 peil omhoog
01/09/2014				alle bemalingen uit	start continutest
09/09/2014		lekkende zandpaal 005 in c15-3 gedicht (mislukt)			
11/09/2014		lekkende zandpaal 006 in c9 gedicht (geslaagd?)			

Tabel B2a- 1 Overzicht activiteiten in TD3

B. Status alarmlijst 27/10/2014

Half verdiepte Ligging

Onderschrijding interventiewaarde
In Tabel B2b-1 staan de peilbuizen aangegeven in TD2 die volgens de alarmlijst van KIT Global onder de interventiewaarde staan op 27 oktober 2014. De alarmeringen van peilbuis 1031B en 1034B zijn hierin met geel gemarkeerd, omdat de alarmeringen niet kloppen (zie Figuur B2b-1 en Figuur B2b-2). De stijghoogte in beide peilbuizen zit boven de interventiewaarde en onder de indicatiewaarde.

Object	Instrument	Huidige status
1028B	Peilbuis	interventiewaarde onderschreden.
1031B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1034B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde

Tabel B2b- 1 TD2 - onderschrijding interventiewaarde volgens KIT Global

Figuur B2b-1 Overzicht monitoring peilbuis 1031B

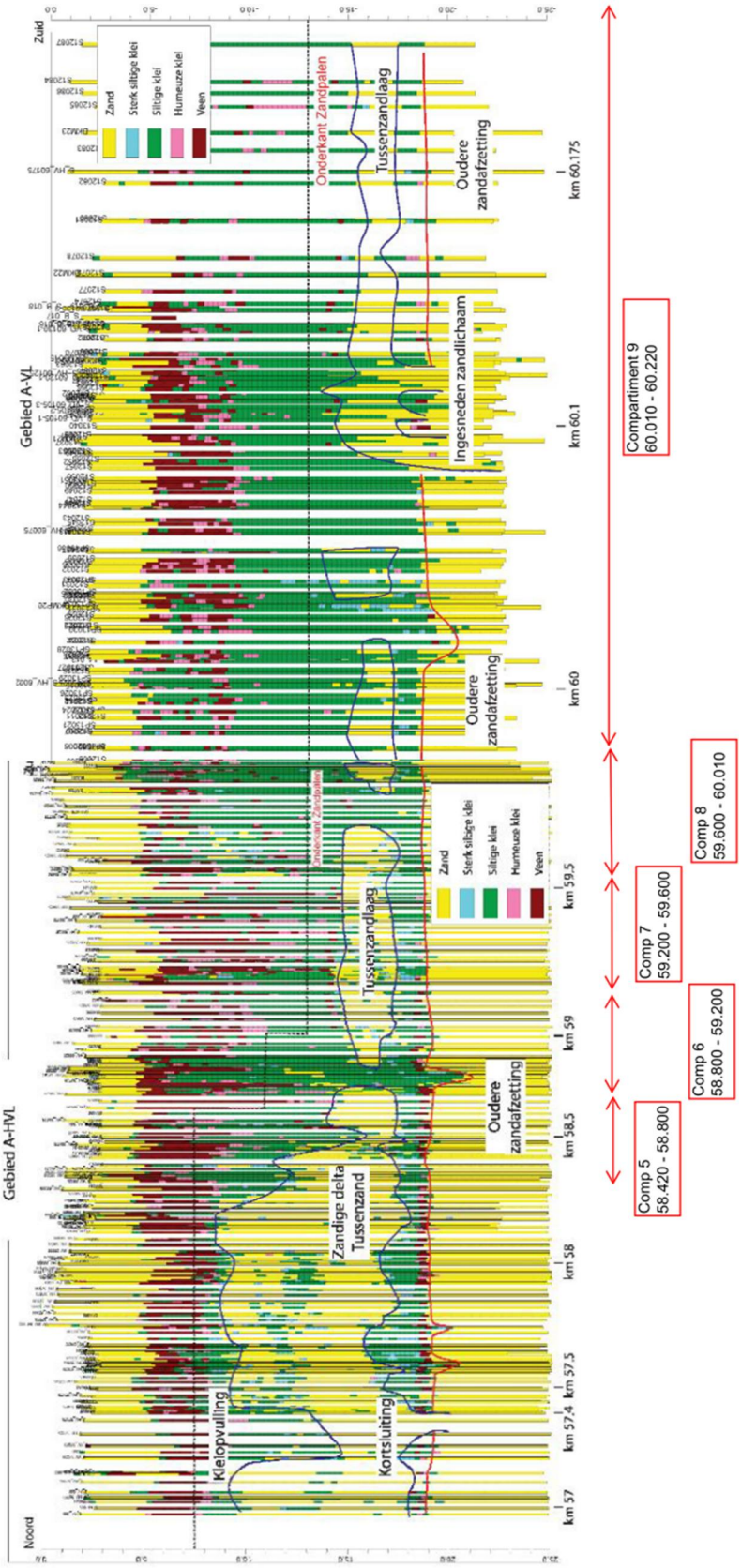
Figuur B2b-2 Overzicht monitoring peilbuis 1034B

In de half verdiepte ligging wordt dus alleen de interventiewaarde onderschreden bij peilbuis 1028B (zie Figuur B2b-3). Deze peilbuis staat aan de oostzijde van het tracé ter hoogte van compartimenteringscherm 7/8. Conform het geologisch profiel in Figuur B2b-5, staat deze peilbuis in dezelfde holocene tussenzandlaag als peilbuis 1025B tot en met 1030B. De meetresultaten van deze peilbuizen staan weergegeven in Figuur B2b-4.

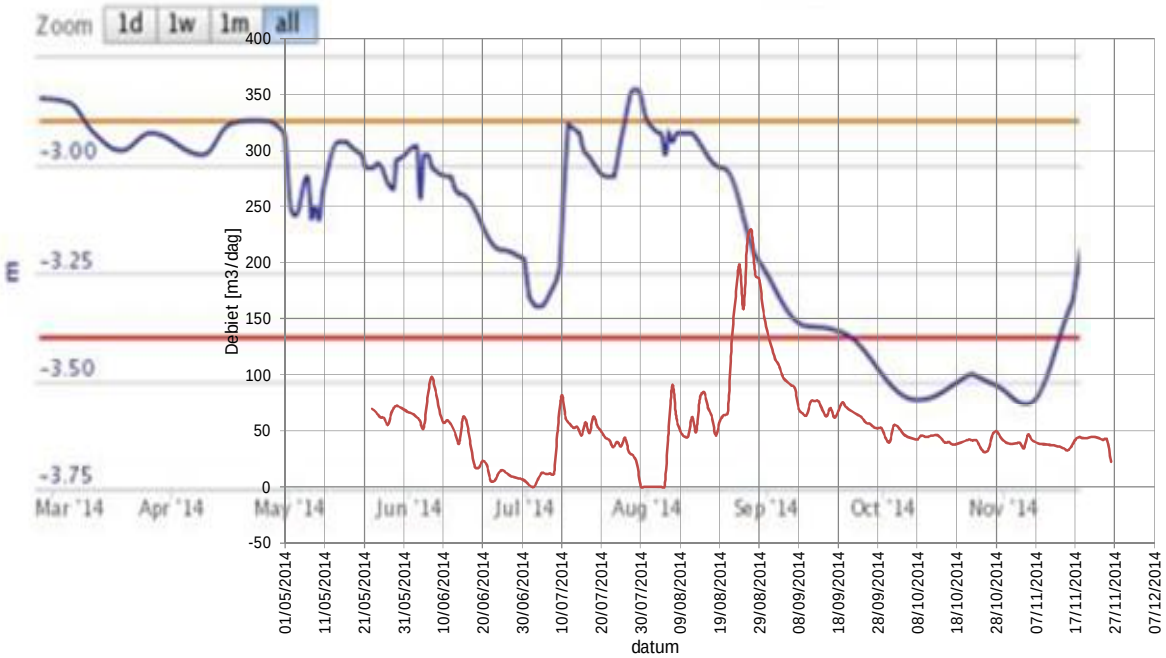
Figuur B2b-3 Overzicht monitoring peilbuis 1028B

Figuur B2b-4 Overzicht monitoring peilbuis 1025B t/m 1030B

Uit Figuur B2b-4 blijkt dat alle peilbuizen binnen dit cluster over het algemeen het zelfde gedrag vertonen. maar dat peilbuis 1028B plotseling vanaf 10 juli 2014 begint af te wijken. In november 2014 is de stijghoogte bij peilbuis 1028B weer toegenomen en vergelijkbaar met de andere peilbuizen het beschouwde cluster.



Figuur B2b-5 Geologisch overzicht half verdiepte ligging en compartiment 9 [R7]



Figuur B2b-6 Stijghoogte peilbuis 1028B versus debiet in compartiment 7

In Figuur B2b-6 is een vergelijking gemaakt tussen het gemeten debiet in compartiment 6 en de stijghoogte in peilbuis 1028B. Hieruit is geen duidelijk verband te halen. In eerste instantie gaat de verlaging van de stijghoogte gepaard met een verlaging van het debiet in juni In juli nemen zowel debiet als stijghoogte toe. Een toename van het verhang binnen de constructie gaat gepaard met een groter debiet.

Na 20 augustus neemt het debiet echter plotseling sterk toe, terwijl de stijghoogte dan sterk begint te dalen. Dit zou kunnen duiden op een plotseling lekkage (opbarsten zandpaal). De sterke stijging van de stijghoogte vanaf 7 november heeft vervolgens geen effect op het debiet, wat bij een lekkage wel zou moeten optreden. Vooralsnog is het stijghoogteverloop in peilbuis 1028B niet verklaarbaar.

Onderschrijding indicatiewaarde

In Tabel B2b-2 is een tabel opgenomen met daarin de peilbuizen in TD2 die volgens de alarmlijst van KIT Global onder de indicatiewaarde staan op 27 oktober 2014.

Object	Instrument	Huidige status
1008C	Peilbuis	boven indicatiewaarde
1009C	Peilbuis	boven indicatiewaarde
1024C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1028C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
3004A	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1009A	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1021A	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1029A	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1022B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1024B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1026B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1028B	Peilbuis	interventiewaarde onderschreden.
1030B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1032B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1012B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1013B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1015B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1017B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1018B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1019B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1020B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1021B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1023B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1025B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1027B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1029B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1033B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1034B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1032C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1012C	Peilbuis	
1013C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1016C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1017C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1020C	Peilbuis	
1021C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1029C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1033C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1015C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1022C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1014B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1019D	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
1203A	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde

Tabel B2b-2 TD2 - onderschrijding indicatiewaarde volgens KIT Global

De alarmeringen van peilbuis 1008C, 1009C 1012C en 1020C zijn hierin met groen gemarkeerd, omdat de alarmeringen in de eerste opschoonronde van KIT Global nog niet zijn gecorrigeerd. De stijghoogte in deze peilbuizen bevind zich boven de indicatiewaarde en vertonen over het algemeen een oplopende trend (peil en stijghoogtes nemen toe). Peilbuis 1028B is rood gemarkeerd, omdat de stijghoogte bij deze peilbuis ook onder de interventiewaarde staat (zie voorgaande paragraaf).

Conform de procedure zoals beschreven in paragraaf 2.2.3 moet voor de overige afwijkingen een analyse worden gemaakt. Dit is een lopend proces en is voor een deel van deze peilbuizen reeds gedaan voor de periode tot circa 1 september 2001 en wordt gerapporteerd in Bijlage 2a. De hierbij getrokken conclusies met betrekking tot de relatie tussen werkzaamheden aan de A4 en grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen zijn nog steeds relevant.

Over het algemeen kan worden gesteld dat de freatische peilen en stijghoogtes in de zandlagen na 1 september zijn toegenomen.

Verdiepte ligging

Onderschrijding interventiewaarde

In Tabel B2b-3 staan de peilbuizen in TD3 weergegeven die volgens de alarmlijst van KIT Global onder de interventiewaarde staan op 27 oktober 2014. De alarmeringen die hierin met geel zijn gemarkeerd zijn niet juist. Het freatische peil of de stijghoogte ligt voor deze peilbuizen tussen de indicatie- en interventiewaarde in. Peilbuis 2005A is groen gemarkeerd, omdat het peil hier zich boven de indicatiewaarde bevindt. Van de grijs-blauw gemarkeerde peilbuizen is op de peildatum geen actuele meetwaarde beschikbaar. Voor de divers 2021A en 2022A wordt dit veroorzaakt doordat de metingen zijn vervangen door handmatige metingen.

Object	Instrument	Huidige status
2021A	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2005A	Peilbuis	boven indicatiewaarde
2002B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2007B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde. Alarm foutief
1016C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2018C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2017A	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2014C	Diver	tussen indicatie- en interventiewaarde
2018C	Diver	tussen indicatie- en interventiewaarde
2021A	Diver	geen actuele meetwaarden beschikbaar / vervangen door handmatige meting
2022A	Diver	geen actuele meetwaarden beschikbaar / vervangen door handmatige meting
2007B	Diver	tussen indicatie- en interventiewaarde

Tabel B2b-3 TD3 - onderschrijding interventiewaarde volgens KIT Global

Peilbuis 2007B komt tweemaal voor in de lijst. Hiervan zijn namelijk handmatige metingen (instrument = peilbuis) en automatische diver-metingen (instrument=diver) van beschikbaar. De handmatige metingen (Figuur B2b-6) geven een overschrijding van de interventiewaarde, waar de diver-metingen (Figuur B2b-7) een actuele waarde tussen de indicatie- en interventiewaarde aangeeft. Deze laatste metingen zijn correct. De overschrijding bij de handmatige metingen wordt veroorzaakt door een meetfout.

Er zijn dus geen onderschrijdingen van de interventiewaarde in TD3.

Figuur B2b-6 Overzicht monitoring peilbuis 2007B - handmatig

Figuur B2b-7 Overzicht monitoring peilbuis 2007B - diver

Onderschrijding indicatiewaarde
In Tabel B2b-4 is een tabel opgenomen met daarin de peilbuizen in TD2 die volgens de alarmlijst van KIT Global onder de indicatiewaarde staan op 27 oktober 2014. De alarmeringen die hierin met groen zijn gemarkeerd zijn niet juist. Het freatische peil of de stijghoogte ligt voor deze peilbuizen boven de indicatiewaarde in. De grijs-blauw gemarkeerde peilbuizen hebben geen actuele meetwaarden meer.

Peilbuis 2021A is rood gemarkeerd, omdat bij deze peilbuis de interventiewaarde wordt onderschreden. Deze peilbuis wordt op pagina 13 van Bijlage 2a geanalyseerd. Geconcludeerd wordt dat het peil van deze peilbuis volledig wordt beïnvloed door het waterpeil in de ernaast gelegen watergang en niet door werkzaamheden aan de A4. De indicatie- en interventiewaarde van deze peilbuis zijn in het monitoringsplan foutief vastgesteld.

Conform de procedure zoals beschreven in paragraaf 2.2.3 moet voor de overige afwijkingen een analyse worden gemaakt. Dit is voor het overgrote deel van deze peilbuizen reeds gedaan voor de periode tot circa 1 september 2014 en is gerapporteerd in Bijlage 2a. De hierbij getrokken conclusies met betrekking tot de relatie tussen werkzaamheden aan de A4 en grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen zijn nog steeds relevant.

Over het algemeen kan worden gesteld dat de freatische peilen en stijghoogtes in de zandlagen na 1 september zijn toegenomen.

Object	Instrument	Huidige status
2020C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2021A	Peilbuis	interventiewaarde onderschreden door foutieve indicatie- en interventiewaarde
2022A	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2022C	Peilbuis	boven indicatiewaarde
2005A	Peilbuis	boven indicatiewaarde
2007A	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2001B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2002B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2003B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2004B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2008B	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2002C	Peilbuis	boven indicatiewaarde
2005C	Peilbuis	boven indicatiewaarde
2010C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2013C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2014C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2017C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2018C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2019C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2013A	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2017A	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2004C	Peilbuis	tussen indicatie- en interventiewaarde
2006C	Peilbuis	boven indicatiewaarde
2009B(=C)	Peilbuis	boven indicatiewaarde
2005B	Peilbuis	boven indicatiewaarde
2004C	Diver	tussen indicatie- en interventiewaarde
2010C	Diver	tussen indicatie- en interventiewaarde
2014C	Diver	tussen indicatie- en interventiewaarde
2013C	Diver	tussen indicatie- en interventiewaarde
2020C	Diver	
2018C	Diver	tussen indicatie- en interventiewaarde
2019C	Diver	
2021A	Diver	geen actuele meetwaarden beschikbaar
2022A	Diver	geen actuele meetwaarden beschikbaar
2007B	Diver	tussen indicatie- en interventiewaarde
2008B	Diver	tussen indicatie- en interventiewaarde
2004B	Diver	tussen indicatie- en interventiewaarde

Tabel B2b-4 TD3 - onderschrijding indicatiewaarde volgens KIT Global

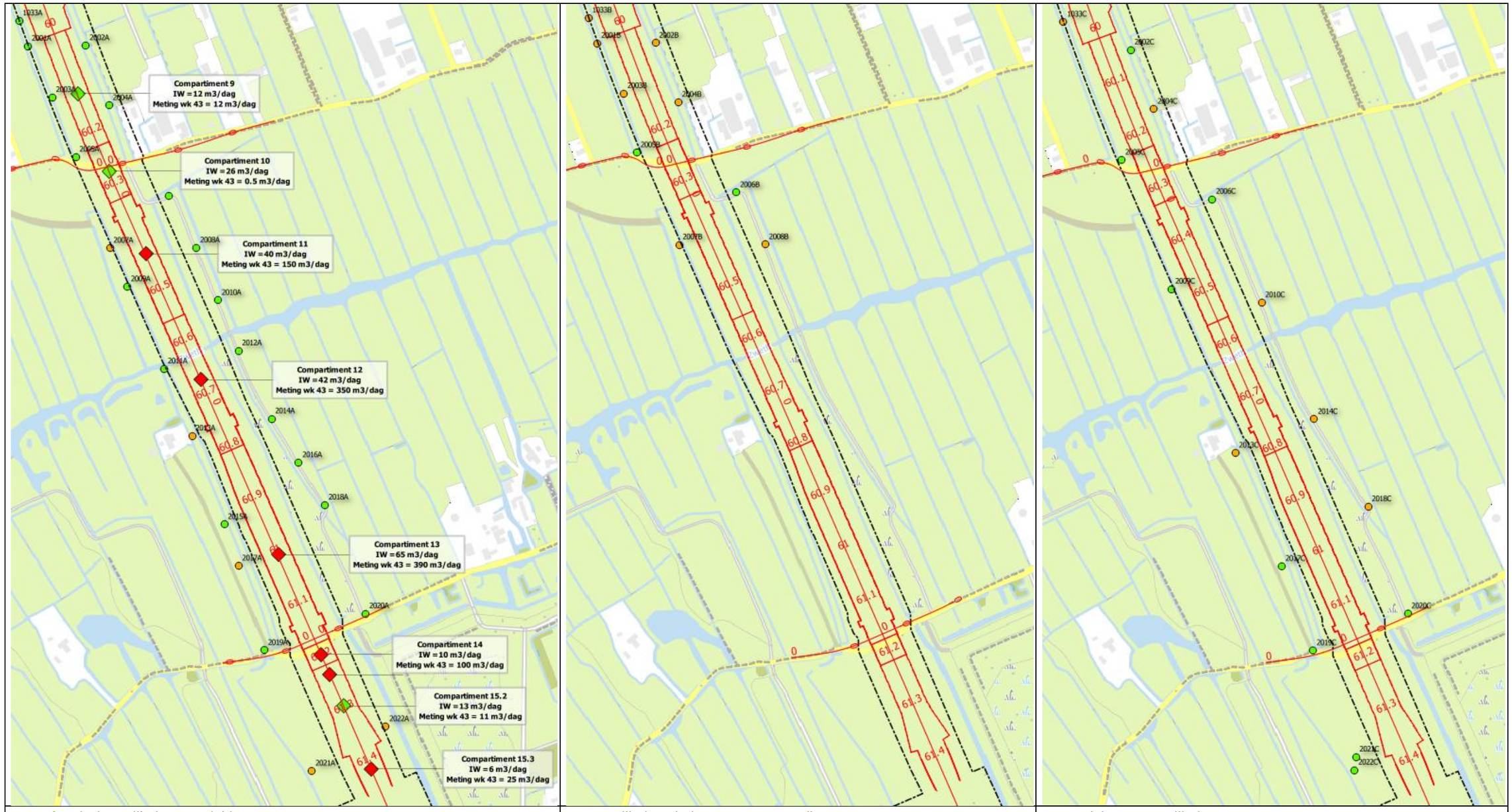
BIJLAGE 3 Status peilbuizen en debieten

status freatische peilbuizen en debieten	status peilbuizen holocene tussenzandlaag	status pleistocene peilbuizen

Figuur B3- 1 Status peilbuizen en debieten compartiment 1 tot en met 5 (TD2)

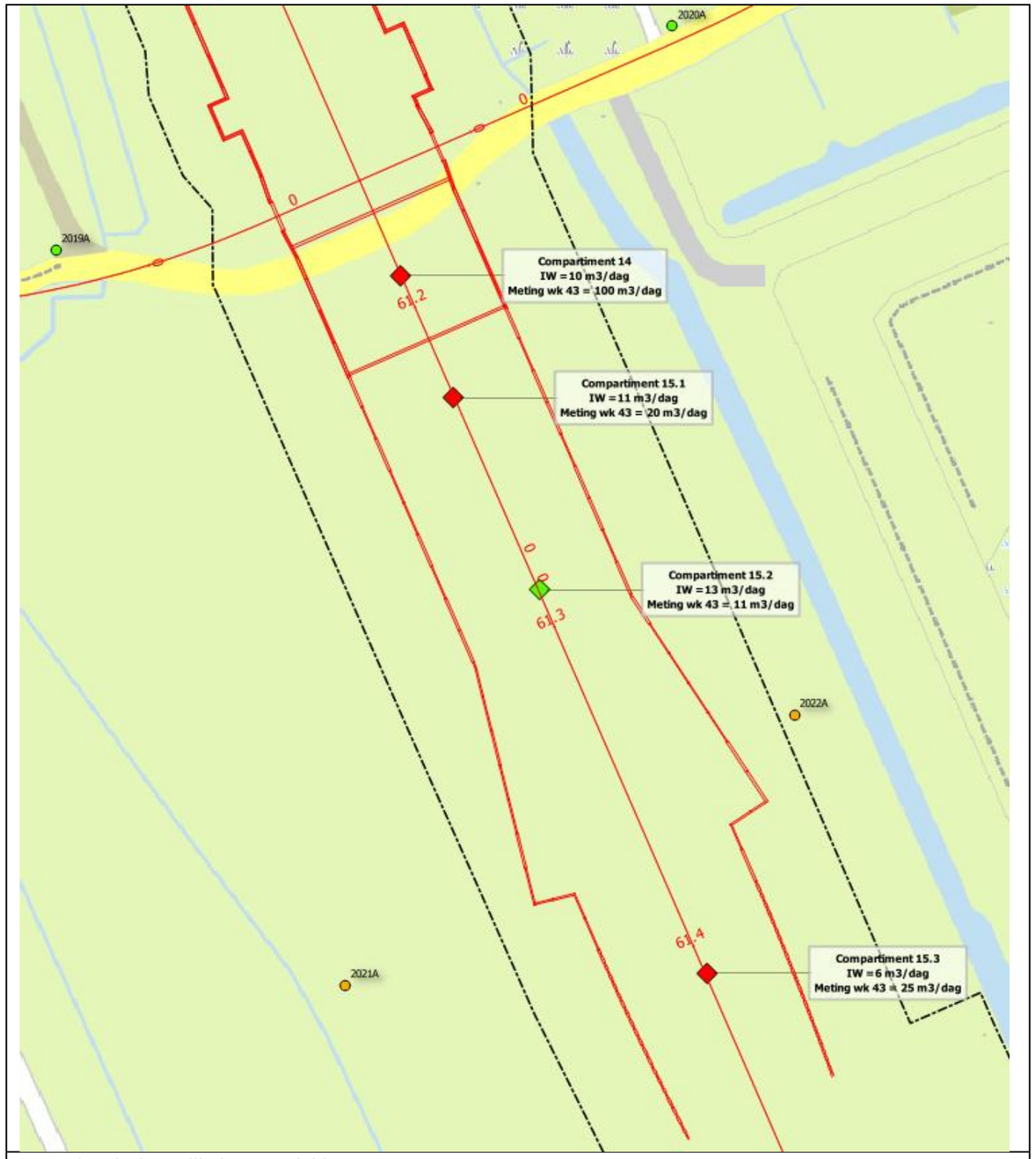
status freatische peilbuizen en debieten	status peilbuizen holocene tussenzandlaag	status pleistocene peilbuizen

Figuur B3- 2 Status peilbuizen en debieten compartiment 6 tot en met 8 (TD2)



status freatische peilbuizen en debieten	status peilbuizen holocene tussenzandlaag	status pleistocene peilbuizen

Figuur B3- 3 Status peilbuizen en debieten compartiment 9 tot en met 15 (TD3)



status freatische peilbuizen en debieten

Figuur B3- 4 Status freatische peilbuizen en debieten compartiment 14 en 15.1 t/m 15.3

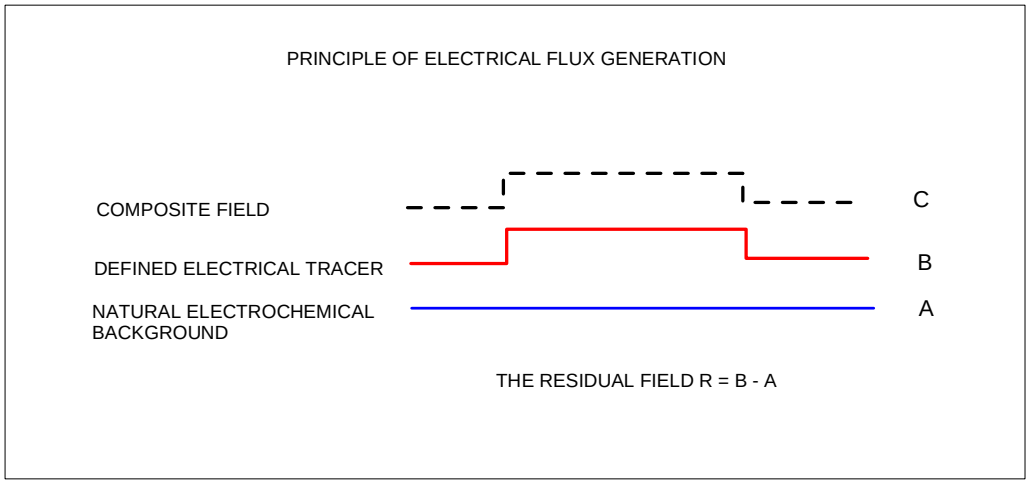
BIJLAGE 4 Beschrijving methode Texplor

Lekdetectie methode Texplor

Door fa. Texplor wordt lekdetectie onderzoek door middel van geo-elektrische metingen uitgevoerd. Het principe achter de meettechniek is dat een elektrische stroom altijd weg van de minste weerstand tussen elektroden in een elektrisch circuit zoekt. De stroom zal altijd proberen een weg te vinden van de energiebron naar de tegenpool om een gesloten circuit te maken. Van deze eigenschap van een elektrische stroom wordt gebruik gemaakt door buiten de -als dicht aan te merken- constructie door middel van een elektrode een elektrisch signaal af te geven en deze vervolgens op te vangen in een “tegenpool” die in de constructie is geplaatst. De constructie kan dus ook een bouwkuip zijn met wanden en een onderafdichting bestaande uit slecht doorlatende grondlagen. Het signaal fungeert dus als een elektrische tracer. Door eerst de sterkte van het al aanwezige geo-elektrische veld te meten, kan de eventuele verhoging door de tracer eruit worden gefilterd. Dit is weergegeven in afbeelding 1.

Omdat het gaat om het lokaliseren van lekkages c.q. waar het elektrische signaal de constructie binnenkomt, moet over het oppervlak van de constructie worden gemeten. Voor constructies in de grond gebeurd door:

1. Meting van de wanden door op het grondoppervlak in een 3-tal raaien langs de wand zeer gevoelige potential-sensoren (ECR®) te plaatsen;
2. Meting van de bodem door over et te meten oppervlak op het grondoppervlak in een raster zeer gevoelige ECR®-sensoren te plaatsen.

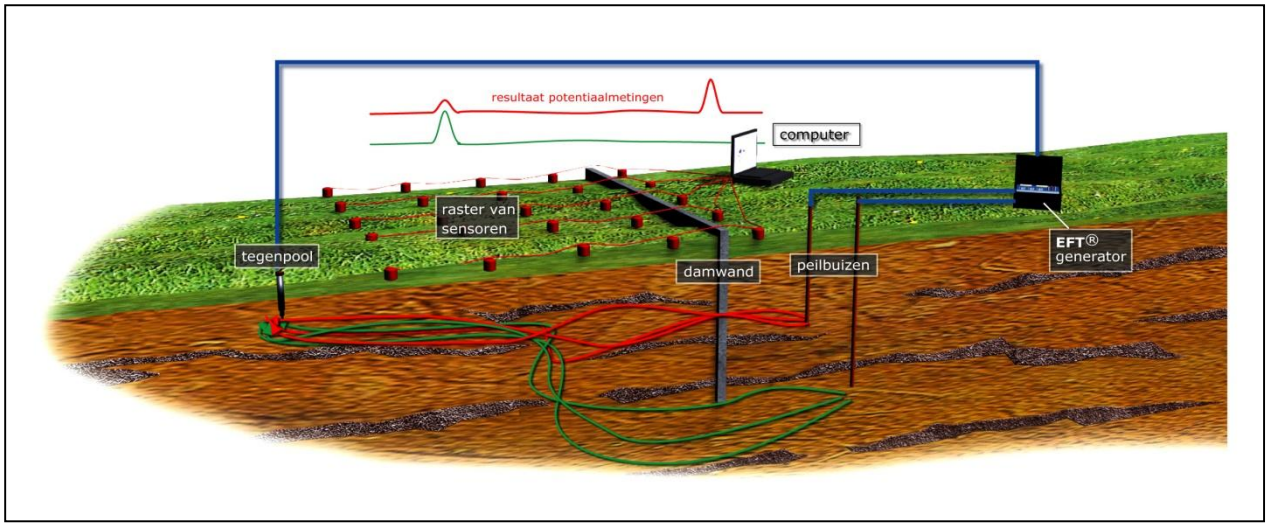


Figuur 1: Voorbeeld van een elektrisch tracersignaal

Doordat op het werkoppervlak wordt gemeten is de meting relatief eenvoudig uit te voeren. Nadeel is wel dat er geen dieptewaarde uit volgt. De aanwezigheid van lekopeningen locatie in het horizontale vlak (X, Y coördinaten) wordt bepaald. De diepte kan eventueel worden geïnterpreteerd uit de gelaagdheid van de grond en peilbuizen te gebruiken op verschillende dieptes waarin de signaalpool en de tegenpool in worden gehangen.
In de praktijk worden langs de wanden een kleine onderlinge afstand van de sensoren aangehouden van 0,5 tot 2,5 m en bij bodems een grof raster van 4 à 5m. Het is mogelijk om met detailmetingen in een klein gebied de lokaliseren van mogelijke lekkages te verfijnen en door speciale sensoren af te hangen in peilbuizen ter plaatse van verdachte locaties meetwaarden te verkrijgen gerelateerd aan de diepte.

Op afbeelding 2 is de schematisch meting weergegeven.

De geo-elektrische metingen leiden, na interpretatie van alle data, tot een overzichtstekening met daarop de lekkage locaties aangegeven.



Figuur 2: Voorbeeld EFTmeting met sensorraster

De verkregen meetdata worden aan de hand van de resultaten uit de verschillende meetcycli aan hun geografische posities in het meetveld gekoppeld. Nadruk ligt op de analyse van de basis datasets om het natuurlijke achtergrondveld en mogelijke veranderingen in de tijd zoals de bandbreedte van de optredende amplitudes in kaart te brengen en deze te koppelen aan hun geografische positie in het meetveld.
Voor het vervolg worden de datasets statistisch geanalyseerd en hieruit referentie datasets onttrokken welke de basis vormen voor de uitwerking van de naar tijd & energie gerangschikte EFT®-metingen. Met behulp van speciale software worden deze datasets geanalyseerd en vervolgens door een deskundige geïnterpreteerd. Uit de analyse volgt een oppervlaktebeeld met contourlijnen (isolijnen), waardoor de meet resultaten op een plattegrond worden gevisualiseerd. Hierbij wordt de intensiteit van het elektrisch veld weergegeven.

Voor het lokaliseren en vaststellen van de oorzaak van de lekkage worden (ten minste) de volgende stappen doorlopen:

- beoordelen van de verstrekte opdracht en de ter beschikking gestelde gegevens van de constructie;
- uitvoeren van de geo-elektrische metingen;
- de interpretatie van de verkregen data;
- vastleggen van de resultaten in een rapport.

Figuur 3: Voorbeeld weergave meetresultaten met sensorraster

BIJLAGE 5 As-built tekeningen

Legenda

- Texplor lekkage gebied
- Texplor verdacht gebied
- Texplor ingemeten gebied
- Technische vraag
- WEST01 — Sonderingen Fugro
- XXX — Reparaties
- Sondering Fugro (diameter Ø150mm)
- 0902A — Peilbuis (Freatisch)
- 0902B — Peilbuis (Tussenzand)
- 0902C — Peilbuis (Pleistoceen)
- 0902D — Peilbuis (Plioceen "onder Kedichem")

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu			bureau uitbesteding A4all Rivium Boulevard 204 (2e etage) 2909 LK Capelle a/d IJssel info@a4all.nl
Project	A4 Delft - Schiedam	Zaak-id 31031575		
Onderdeel	Maatregelen t.b.v. reductie debieten totaaloverzicht			akk. par. behoort bij blad/bladen formaat 3150x841 schaal 1:500
getekend	BRS	par. d.d.		
gecontroleerd	MKR	par. d.d.		SBS 0-
geautoriseerd	SWO	par. d.d.		WBS WP-
vrijgegeven	JST	par. d.d.		PAM PAM-
status	Definitief	doc.nr.		versie 1.0

C:\Users\dali2\Desktop\20141126 Maatregelen tbv reductie debieten TD3.dwg

BIJLAGE 6 Resultaten chemische analyses (kwel)water

1. Inleiding

Om toch uitsluitsel te krijgen over de herkomst van het opgepompte water in de verschillende compartimenten zijn in november 2014 watermonsters genomen. Vijf watermonsters zijn afkomstig uit de verschillende compartimenten (10 tot en met 14). Deze vijf zijn vergeleken met water afkomstig uit het Pleistoceen (peilbuis 7010C, stroomopwaarts van de verdiepte ligging), en met water afkomstig uit de zanden onder de kleilagen Kedichem (Sub-Kedichem; peilbuis 1201D en 1234D).

2. Algemeen

Het grondwater in de Nederlandse aquifers is over het algemeen afkomstig van regenwater (al dan niet in de vorm van rivierwater). Hiernaast kan grondwater afkomstig zijn uit (connaat) zeewater. Onder invloed van de samenstelling van het sediment waar het grondwater doorheen stoomt, in mindere mate van de stroomsnelheid van het grondwater, kan het regenwater chemische elementen opnemen of afstaan. De samenstelling van het water zelf verandert hierdoor. Een van de belangrijkste invloeden is de redoxsituatie van het grondwater, het vermogen om chemische parameters te oxideren of te reduceren.

2.1 Belangrijkste chemische parameters

Veel analyses die zijn opgenomen in de Dinoloket database zijn voor een goed overzicht van de hydrochemie minder gunstig. Vaak is alleen het chloridegehalte punt van aandacht. Uit de monsterpunten die wel een geschikte set parameters hebben is een selectie gemaakt. Op basis van het gehalte van de parameters pH, $SO4^{2-}$, $HCO3^{-}$, Cl^{-}, K^{+}, Na^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+} en Mg^{2+}, zowel in mg/l als meq/l, zijn diverse classificaties te maken. Deze parameters zijn in november gemeten voor het A4all-project.

2.2 Redox

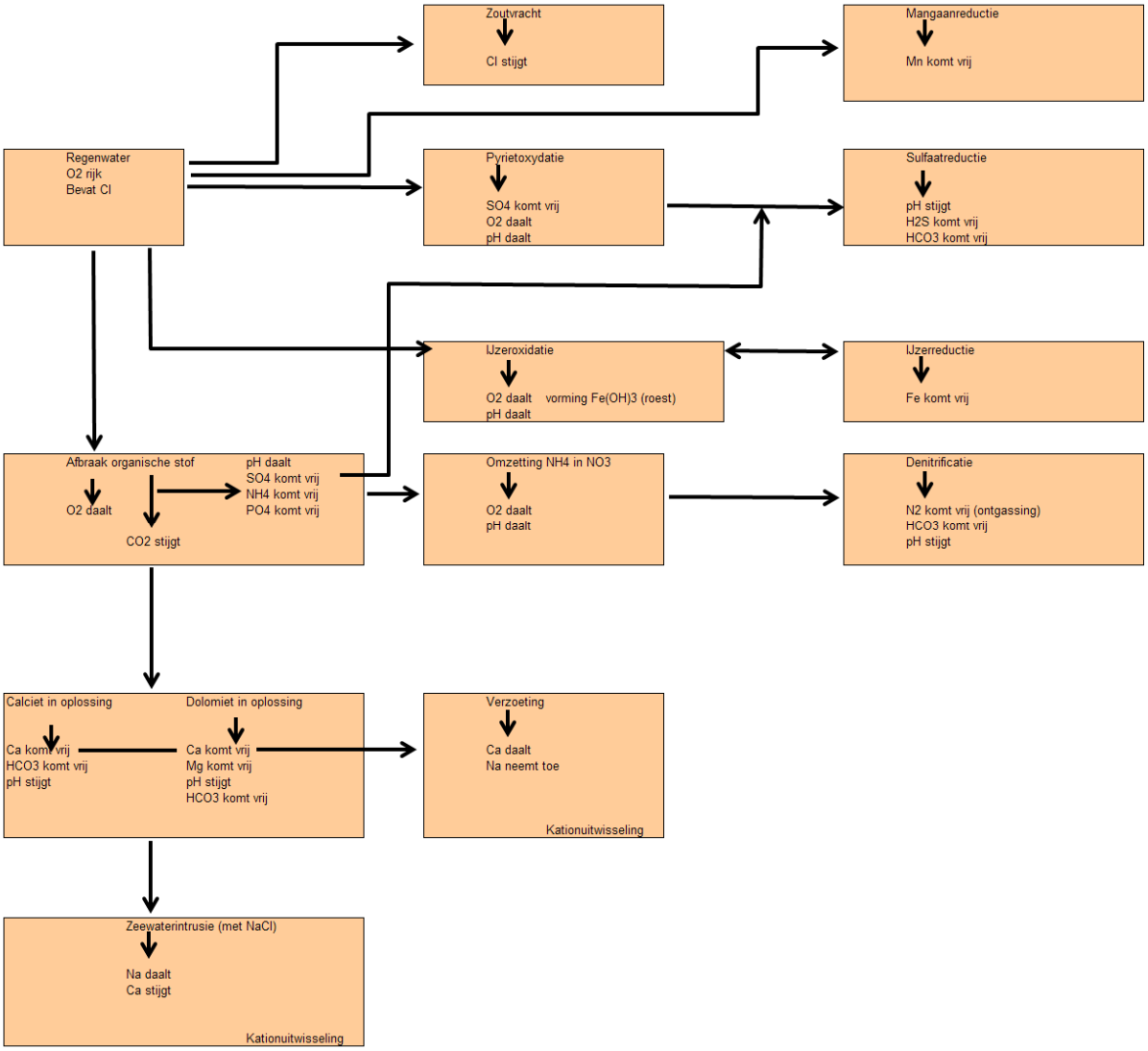
Van essentieel belang in de hydrochemie is het begrip Redox (reductie-oxidatie), het vermogen van elementen om elektronen af te staan of op te nemen. Bij dit proces komt een element in een meer voordelige energie situatie. Bij reductie van zuurstof (roesten) komt per mol 3190 kJ aan energie vrij [R17]. Bij Nitrificatie is dit 2750 kJ, bij mangaanreductie is dit 3090 kJ, bij ijzerreductie is dit 1410 kJ, sulfaatreductie komt op 380 kJ en uiteindelijk methaanvorming op 350 kJ. Het is voor natuurlijke situaties zoals bekend optimaal om zo veel mogelijk energie kwijt te raken zodat op basis van deze reeks gesteld kan worden dat water met zuurstof redox-agressiever is dan water met bijvoorbeeld sulfaat in oplossing. De meest stabiele watertypes zijn types die CH_4 (methaan) bevatten.

De snelheid waarmee deze processen zich afspelen varieert sterk onder invloed van zaken als beschikbaarheid van chemische componenten, katalysatoren, organisch leven etc. Dit betekent dat een redoxproces zeer snel kan gaan (seconden) of juist zeer traag (duizenden jaren). In diepe aquifers kan nog zuurstof voorkomen, terwijl CH4 productie al in ondiepe sloten kan plaatsvinden. De snelheid van redoxprocessen kan zo een logfactor 15 uit elkaar liggen, een proces wat in een zuurstofhoudend milieu binnen een seconde plaatsvindt, kan in een gereduceerd milieu na 1,0E* 10^{15} seconde (3,17 Miljoen jaar) nog steeds niet zijn gebeurd.

2.3 Normaal verloop chemie

Op Figuur B7- 1 zijn de belangrijkste processen grafisch weergegeven. Deze processen zijn vaak onderling uitwisselbaar. De oplossing van calciet kan bijvoorbeeld, bij oververzadiging van het grondwater, omslaan in afzetting van calciet, bijvoorbeeld als travertijn. IJzer kan beurtelings

oplossen en weer neerslaan in een gley-horizont etc. Verder is er geen sprake van een natuurlijke eindsituatie. Onder invloed van sedimentinterne factoren (bijvoorbeeld het voorkomen van connaat zeewater) of externe factoren (e.g. verontreiniging of een mariene transgressie) kan uiteindelijk verzoet grondwater weer verzilten, etc. etc.



Figuur B7- 1 Overzicht van de belangrijkste hydrochemische processen

2.4 Stuyfzand-classificatie

Om een beeld te krijgen van de belangrijkste hydrochemische typen water is een aantal classificatiesystemen ontwikkeld. Een van de meest toegepaste is de classificatie volgens Stuyfzand (o.a. [R18]). Deze classificatie is gebaseerd op een letter-cijfer codering (bijvoorbeeld F3CaHCO$_3$) die is opgebouwd uit de in Tabel B7- 1 genoemde componenten.

Deze classificatie heeft als grote voordeel dat ze onbeperkt is uit te breiden of in te krimpen. Hiernaast is ze erg geschikt om hydrochemische processen bijvoorbeeld langs een stroombaan inzichtelijk te maken.

Eerste letter ***Chloride gehalte***	**Totale hardheid** ***meq/l HCO_3***	**Belangrijkste kation** ***meq/l***	**Belangrijkste anion** ***meq/l***
G 0-5 mg/l Cl	* < 0,5 meq/l HCO_3	Ca, Na, Mg, K	HCO_3, Cl, SO_4, NO^3
g 5-30 mg/l Cl	0 0,5-1 meq/l HCO_3		
F 30-150 mg/l Cl	1 1-2 meq/l HCO_3		
f 150-300 mg/l Cl	2 2-4 meq/l HCO_3		
B 300-1000 mg/l Cl	3 4-8 meq/l HCO_3		
b 1000-10000 mg/l Cl	4 8-16 meq/l HCO_3		
S 10000-20000 mg/l Cl	5 16-32 meq/l HCO_3		
H >20000 mg/l Cl	6 32-64 meq/l HCO_3		

Tabel B7- 1 Stuyfzand-classificatie

2.5 Pannatier-classificatie [R19]

Deze classificatie is met name geschikt om, op basis van dezelfde parameters als de Stuyfzandclassificatie, snel inzicht te krijgen in de redoxtoestand van een grondwatermonster. Omdat deze en de Stuyfzandclassificatie uitgaan van dezelfde parameters kunnen ze naast elkaar in profielen gebruikt worden. Hiermee kan net wat meer inzicht in de processen worden verkregen dan bij afzonderlijk gebruik. De Pannatier-classificatie gaat eveneens uit van een letter-cijfercombinatie (bijvoorbeeld Feq6 Fe**) die voor deze situatie is opgebouwd uit de in Tabel B7- 2 genoemde componenten.

Eerste letter ***Chloride gehalte***	**Agressiviteit t.o.v. Calcium** ***CVI index***	**pH**	**Belangrijkste redoxproces**
F <200 mg/l Cl	s <= - 0,3	4 pH<4,50	S Sulfaatreductie
B 200-1000 mg/l Cl	eq > -0,3	5 4,50<pH< 6,00	Fe** IJzerreductie
S >1000 mg/l Cl		6 6,01<pH<7,50	Mn** Mangaanreductie
		7 7,51<pH<8,50	
		8 pH>8,50	

Tabel B7- 2 Pannatier-classificatie

3. Watermonsters A4all

3.1 Sub-Kedichem

Het water afkomstig uit de Sub-Kedichem wordt gekenmerkt door het voorkomen van zoet grondwater met relatief weinig chloride. Het water is gereduceerd wat wordt onderbouwd door het voorkomen van een beetje methaan en sulfaat. In de Stuyfzandclassificatie F3NaHCO3 (voor 1234D) en f3CaHCO3 (voor 1201D). Dit kan wijzen op een zoutwaterintrusie in dit pakket. In de Pannatier-classificatie betreft dit voor beide Feq7Fe**. Dat op dit niveau zoet water zit was voorafgaand aan het project niet verwacht.

3.2 Pleistoceen

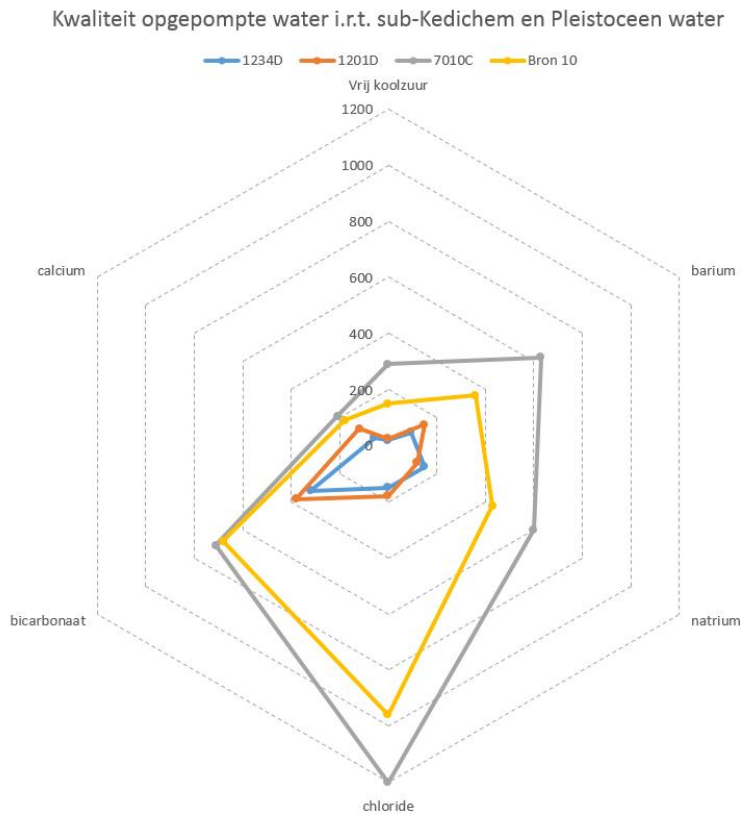
Het water afkomstig uit het Pleistoceen is brak tot zout. Het water is minder gereduceerd dan het sub-Kedichem water. In de Stuyfzand-classificatie b4NaCl. In de Pannatier-classificatie betreft dit voor beide Seq6.

3.3 Bruikbaarheid

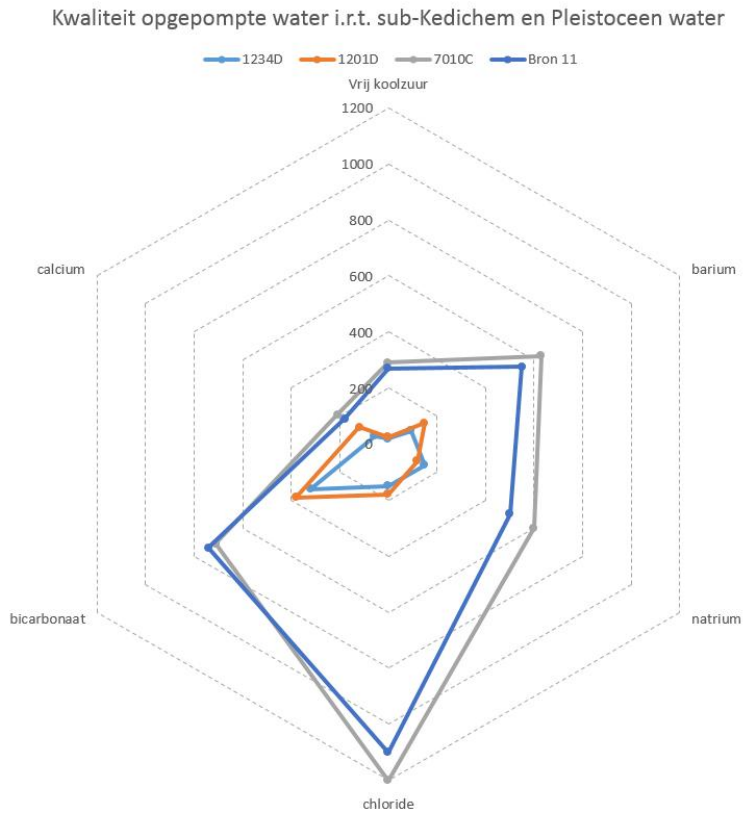
Tussen beide herkomstmogelijkheden van het opgepompte grondwater bestaat een groot verschil in waterkwaliteit. Op basis van de samenstelling van het water uit de compartimenten kan hierdoor een uitspraak worden gedaan over de herkomst en eventuele mengingsgraad.

3.4 Vergelijking op basis van chemische analyses

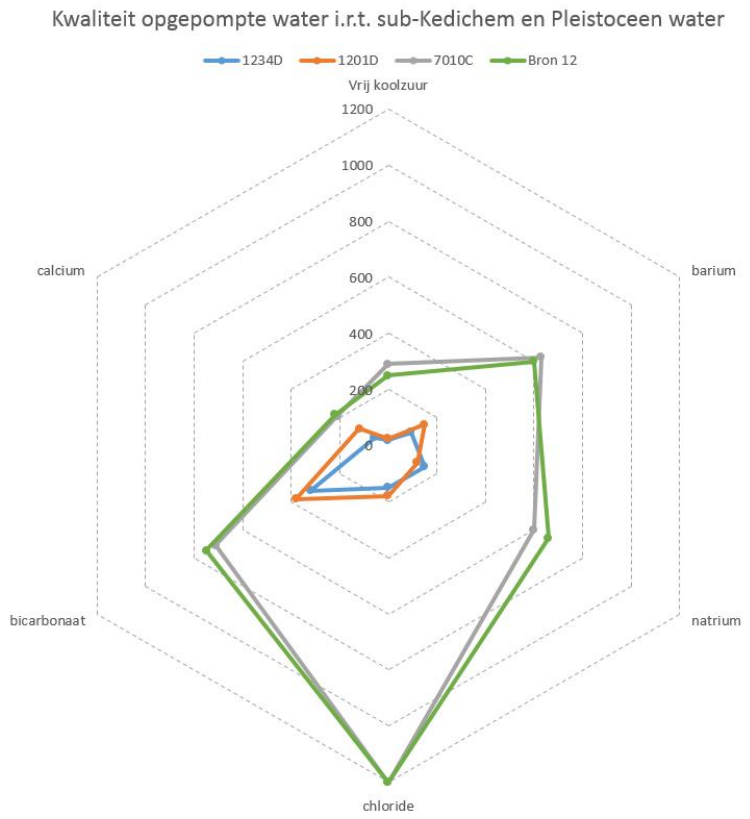
Per compartiment is een overzicht gemaakt van een aantal chemische parameters in relatie tot de referentiebuizen (Sub-Kedichem en Pleistoceen). Deze zijn grafisch weergegeven in onderstaande figuren. Hierin is per compartiment de kwaliteit op basis van een aantal parameters (radardiagram) weergegeven voor het water uit de ontlastbron en uit de referentiebuizen.



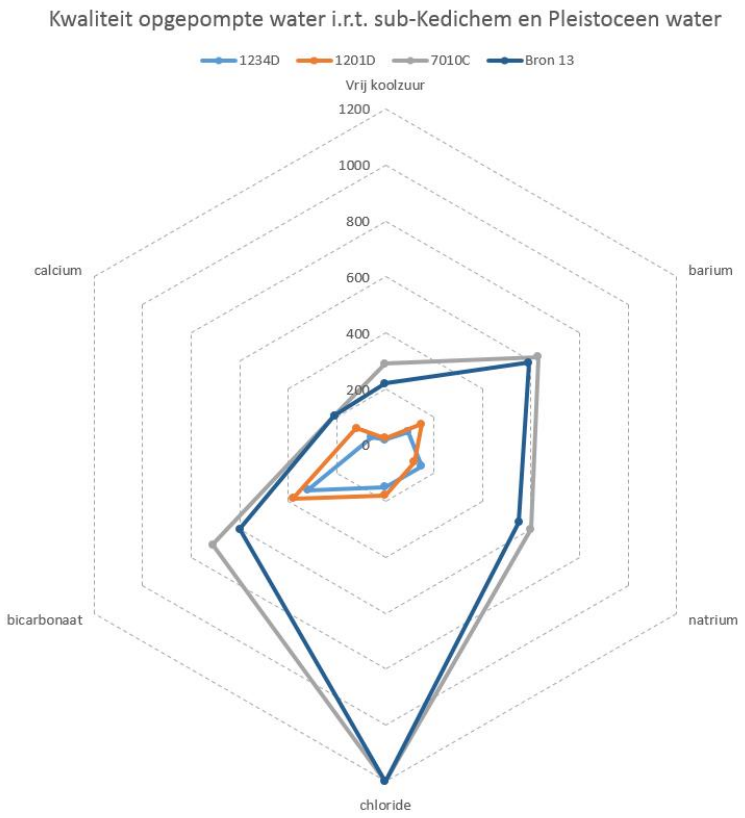
Figuur B7- 2 Chemische kwaliteit compartiment 10



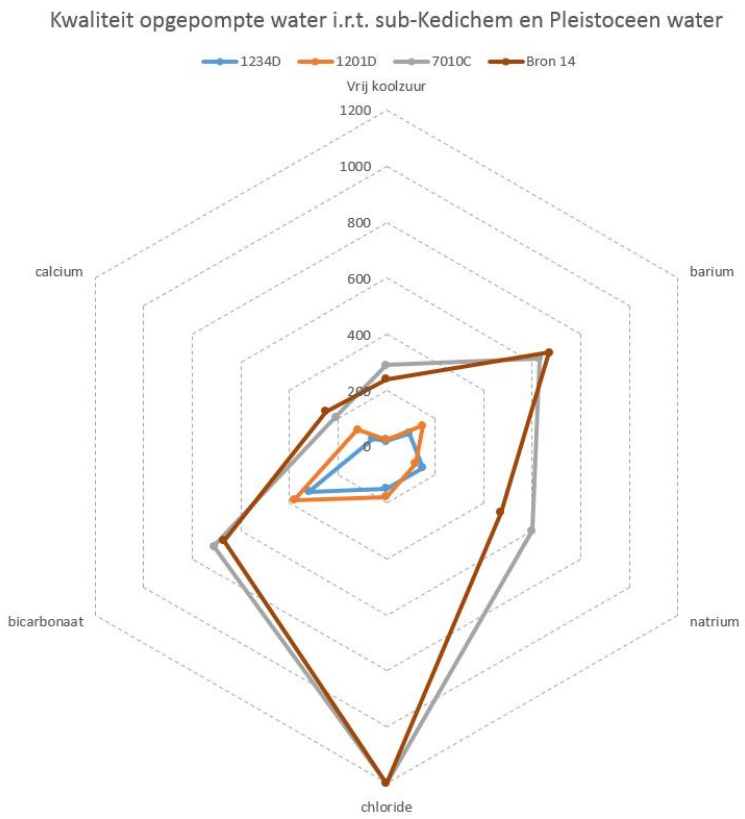
Figuur B7- 3 Chemische kwaliteit compartiment 11



Figuur B7- 4 Chemische kwaliteit compartiment 12



Figuur B7- 5 Chemische kwaliteit compartiment 13



Figuur B7- 6 Chemische kwaliteit compartiment 14

3.5 Conclusies

Op basis van de chemische analyses wordt gesteld dat gemiddeld 80% van het grondwater uit het Pleistoceen afkomstig is en 20% van onder de Kedichemkleien komt. In Figuur B7- 7 is de verdeling per compartiment weergegeven van het aandeel van het pleistocene kwelwater. Hierbij wordt opgemerkt dat de hier gepresenteerde percentages een indicatie geven en geen hard getal.

In compartiment 10 is de invloed van het Pleistoceen het geringst, waarbij wordt opgemerkt dat het debiet in dit compartiment zo gering is (0,5 m^3/dag), dat weinig waarde moet worden gehecht aan de uitkomst voor dit compartiment.

In compartiment 14 is de instroom van Pleistoceen kwelwater met 94% relatief het grootst.

Figuur B7- 7 Aandeel Pleistoceen kwelwater per compartiment

BIJLAGE 7 Berekeningen waterbalans

Berekening waterbalans

Ontwerpwaarden

	A4-km	diepte wand	damwand tot	bovenkant KK1	lengte	breedte	Oppervlak [m^2]		dikte KK1+KK2	Φ_{kuip}	Φ_{wvp1}	Φ_{wvp2}	dikte wand	i_{wand}	i_{vloer}	k_{wand}	c_{wand}	k_{vloer}	c_{vloer}	Q_{sectie} [m^3/dag]		$Q_{compartiment}$ [m^3/dag]			$Q_{compartiment}$ [%]	
compartiment	[km]	[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[m]	vloer	wand	[m]	[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[-]	[-]	[m/s]	[dagen]	[m/s]	[dagen]	wand	vloer	wand	vloer	totaal	wand	vloer
kopwand	60.22	-45	-17	-37.53	40			821		-13.00	-2.70	-2.70	0.80	12.88		5.00E-09	1852	6.57E-09		4.6						
10	60.22	-45	-21	-37.74	100	40	4000	3347	7.57	-13.00	-2.70	-2.70	0.80	12.88	1.36	5.00E-09	1852	6.57E-09	13336	18.6	3.1	23	3	26	88%	12%
11	60.32	-45	-24.5	-37.90	130	40	5200	3484	7.37	-13.00	-2.70	-2.70	0.80	12.88	1.40	5.00E-09	1852	6.57E-09	12984	19.4	4.1	31	7	39	81%	19%
	60.45	-45	-27	-37.90	100	40	4000	2180	7.37	-13.00	-2.70	-2.70	0.80	12.88	1.40	5.00E-09	1852	6.57E-09	12984	12.1	3.2					
12	60.55	-45	-27	-36.80	46	40	1840	901	8.72	-13.00	-2.60	-2.50	0.80	13.00	1.20	5.00E-09	1852	6.57E-09	15362	5.1	1.3	33	7	39	83%	17%
	60.596	-45	-25.00	-36.80	102	40	4080	2406	8.72	-13.00	-2.60	-2.50	0.80	13.00	1.20	5.00E-09	1852	6.57E-09	15362	13.5	2.8					
	60.698	-45	-24.5	-36.80	102	40	4080	2508	8.72	-13.00	-2.60	-2.50	0.80	13.00	1.20	5.00E-09	1852	6.57E-09	15362	14.1	2.8					
13	60.8	-45	-24.5	-35.94	150	45	6750	3432	8.56	-13.00	-2.50	-2.50	0.80	13.13	1.23	5.00E-09	1852	6.57E-09	15088	19.5	4.7	51	12	63	80%	20%
	60.95	-45	-23.5	-35.94	100	50	5000	2488	8.56	-13.00	-2.50	-2.50	0.80	13.13	1.23	5.00E-09	1852	6.57E-09	15088	14.1	3.5					
	61.05	-45	*-23.25*	-35.94	120	50	6000	3046	8.56	-13.00	-2.50	-2.50	0.80	13.13	1.23	5.00E-09	1852	6.57E-09	15088	17.3	4.2					
14	61.17	-45	-25.5	-35.65	40	50	2000	812	7.90	-13.00	-2.50	-2.50	0.80	13.13	1.33	5.00E-09	1852	6.57E-09	13910	4.6	1.5	10	2	11	87%	13%
kopwand	61.21	-45	-17.5	-35.875	50			919		-13.00	-2.50	-2.50	0.80	13.13		5.00E-09	1852	6.57E-09		5.2						
																			Totaal	148	31	148	31	179		

Fit aan gemeten debieten en verdeling wand/vloer uit chemische analyse water

	A4-km	diepte wand	damwand tot	bovenkant KK1	lengte	breedte	Oppervlak [m^2]		dikte KK1+KK2	Φ_{kuip}	Φ_{wvp1}	Φ_{wvp2}	dikte wand	i_{wand}	i_{vloer}	k_{wand}	c_{wand}	k_{vloer}	c_{vloer}	Q_{sectie} [m^3/dag]		$Q_{compartiment}$ [m^3/dag]				$Q_{compartiment}$ [%]		
compartiment	[km]	[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[m]	vloer	wand	[m]	[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[-]	[-]	[m/s]	[dagen]	[m/s]	[dagen]	wand	vloer	wand	vloer	totaal	gemeten	wand	vloer	"gemeten" vloer
kopwand	60.22	-45	-17	-37.53	40			821		-8.20	-2.50	-2.50	0.80	7.13		2.00E-10	46296			0.10								
10	60.22	-45	-21	-37.74	100	40	4000	3347	7.57	-8.20	-2.50	-2.50	0.80	7.13	0.75	1.00E-10	92593	1.20E-09	73017	0.21	0.31	0	0	1	1	50%	50%	50%
11	60.32	-45	-24.5	-37.90	130	40	5200	3484	7.37	-9.79	-2.50	-2.50	0.80	9.11	0.99	3.10E-08	299	2.00E-08	4265	85.02	8.89	138	16	154	150	90%	10%	10%
	60.45	-45	-27	-37.90	100	40	4000	2180	7.37	-9.79	-2.50	-2.50	0.80	9.11	0.99	3.10E-08	299	2.00E-08	4265	53.20	6.84							
12	60.55	-45	-27	-36.80	46	40	1840	901	8.72	-10.69	-2.50	-2.50	0.80	10.24	0.94	4.25E-08	218	8.85E-08	1140	33.88	13.21	278	72	350	350	79%	21%	20%
	60.596	-45	-17.28	-36.80	102	40	4080	3981	8.72	-10.69	-2.50	-2.50	0.80	10.24	0.94	4.25E-08	218	8.85E-08	1140	149.66	29.30							
	60.698	-45	-24.5	-36.80	102	40	4080	2508	8.72	-10.69	-2.50	-2.50	0.80	10.24	0.94	4.25E-08	218	8.85E-08	1140	94.29	29.30							
13	60.8	-45	-24.5	-35.94	150	45	6750	3432	8.56	-10.38	-2.50	-2.50	0.80	9.85	0.92	3.60E-08	257	8.20E-08	1209	105.15	44.00	275	116	390	390	70%	30%	30%
	60.95	-45	-23.5	-35.94	100	50	5000	2488	8.56	-10.38	-2.50	-2.50	0.80	9.85	0.92	3.60E-08	257	8.20E-08	1209	76.23	32.59							
	61.05	-45	*-23.25*	-35.94	120	50	6000	3046	8.56	-10.38	-2.50	-2.50	0.80	9.85	0.92	3.60E-08	257	8.20E-08	1209	93.31	39.11							
14	61.17	-45	-25.5	-35.65	40	50	2000	812	7.90	-7.13	-2.50	-2.50	0.80	5.79	0.59	9.00E-08	103	2.50E-07	366	36.55	25.33	78	25	103	100	75%	25%	25%
kopwand	61.21	-45	-17.5	-35.875	50			919		-7.13	-2.50	-2.50	0.80	5.79		9.00E-08	103			41.35								
																			Totaal	769	229	769	229	998	991			

BIJLAGE 8 Rapportage Deltares

Deltares

Onderzoek omgevingseffecten drainage A4 Delft - Schiedam

Frans Roelofsen

1208001-006

© Deltares, 2015, B

Deltares

Titel
Onderzoek omgevingseffecten drainage A4 Delft - Schiedam

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving	1208001-006	1208001-006-GEO-0001	44

Trefwoorden
Omgeving, grondwater, verdiepte wegligging

Samenvatting
Deltares is gevraagd om na te gaan wat de grondwatereffecten zijn als gevolg van de aanleg van de verdiepte wegligging in het nieuwe deel van de A4 Delft - Schiedam. In dit rapport zijn de bevindingen beschreven die volgen uit de modellering van de grondwaterstroming met het Delflandmodel. Op basis van de analyse van de uitkomsten van de modellering is een onderbouwing gegeven ten aanzien van de meest waarschijnlijke verdeling van de toestroming van grondwater naar de verdiepte ligging, het effect van de kwel in de half verdiepte en verdiepte ligging naar de omgeving toe, het effect op het freatisch grondwater, zowel wat betreft de invloed in ruimtelijke dimensies als de effecten in de tijd in een droog seizoen, en de herkomst van het toestromende grondwater.

Referenties
RWS Zaaknummer 31079980/4500

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	feb. 2015	Frans Roelofsen		Hans van Meerten		Joris van Ruijven	

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding 1

2 Aanpak 2

3 Achtergrond van het grondwatermodel 3
3.1 Uitgangsmodel 3
3.2 Grondwaterstanden 3
3.3 Variatie van de weerstand van de holocene deklaag in het geohydrologische model 5
3.4 Geohydrologie van de tussenzandlagen 8
3.5 Geohydrologische modelparameters voor holocene lagen 10
3.6 Weerstand van de Kedichemkleilaag 14
3.7 Aanpassingen van het model i.v.m. de aanwezigheid van de nieuwe A4 14
3.8 Modelopzet t.b.v. A4 voor tijdsafhankelijke berekeningen 20
3.9 Modelbetrouwbaarheid 20
3.10 Aanpak van modellering van effecten door doorlatender plekken in het holoceen 22

4 Modelberekeningen naar de mogelijke oorzaak van het waterbezwaar ter plaatse van de Verdiepte Ligging 23
4.1 Berekeningsresultaten 23
4.2 Analyse van de modelstudie naar verdeling van debiet over constructiedelen 23
4.3 Analyse van de verdeling van debiet over constructiedelen met andere methoden 24
4.4 Conclusie over mogelijke herkomst van het kwelwater in VL en realistisch model 25
4.5 Vergelijking van berekende stijghoogten met waarnemingen in WVP1 25

5 Stationaire berekening van omgevingseffect van A4 D-S 27
5.1 Verlaging van grondwaterstand buiten de constructie 27
5.2 Effect van de A4 op de waterbalans 30
5.3 Effect van de A4 op het waterbeheer 31
5.4 Conclusies over de omvang van het invloedsgebied van de drainage van kwelwater in de VL en de herkomst van het toestromend grondwater 32

6 Tijdsafhankelijke berekeningen van freatische effecten 33
6.1 Controle van uitzakking van de freatische grondwaterstand in een droog jaar in een tijdsafhankelijk model 33
6.2 Uitzakken freatische grondwaterstand in een langdurig droge zomer (eens per 20 jaar) 35
6.3 Conclusies uit de tijdsafhankelijke berekeningen 37

7 Risicoanalyse ten aanzien van effect en waterbezwaar 38
7.1 Invloed weerstand Holocene Deklaag 38
7.2 Berekening met Holoceen zonder Basisveen 38
7.3 Risicobeschouwing bij de langdurig droge periode 39
7.4 Maximaal te verwachten drainagedebiet 42
7.5 Conclusies uit de risicoberekeningen 43

8 Literatuurlijst 44

1 Inleiding

Deltares is gevraagd om na te gaan wat de grondwatereffecten zijn als gevolg van de aanleg van de verdiepte wegligging in het nieuwe deel van de A4 Delft - Schiedam. De opdrachtgever van Deltares is Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat heeft Deltares verzocht om modelberekeningen te verrichten ten behoeve van de onderbouwing van een nieuwe vergunningaanvraag volgens de Waterwet. Aanleiding is het feit dat met name het drainagedebiet richting de verdiepte ligging (VL) groter is dan vooraf berekend. Het is daarom noodzakelijk om de omgevingseffecten opnieuw te beschouwen. Deltares beschikt voor geohydrologische modellering over een zeer geavanceerd grondwatermodel van de regio waarin de A4 Delft – Schiedam ligt, het Delfland grondwatermodel (of “DSM model”).

De verdiepte ligging (VL) van de A4 Delft - Schiedam kruist het viaduct van de Oostveenseweg en het eco-aquaduct waarover de Zweth wordt omgeleid. De verdiepte weg wordt gerealiseerd in een ontgraving waaromheen wanden tot in een kleilaag op grote diepte zijn geplaatst. Om de verdiepte ligging droog te houden wordt kwel- of lekwater afgevoerd. Het grondwater stroomt toe door kwel van grotere diepte via een laag Kedichem klei aan de onderzijde of door lek die optreedt door geplaatste wanden heen. De drainage van grondwater in de VL geschiedt met ontlastbronnen. Deze ontlastbronnen zijn geplaatst tot in de pleistocene zandlaag (de eerste watervoerende laag) binnen de wandconstructie die is gemaakt met cement-bentonietwanden. In de ontlastbronnen treedt vrije toestroming van grondwater op. De verticale filters van de ontlastbronnen hebben een overloopniveau. Daarom is in feite sprake van een drainage van kwelwater binnen de wandconstructie van de VL.
In de halfverdiepte ligging die noordelijker ligt tussen de afslag naar de Kruithuisweg en de VL vindt alleen ondiepe drainage van opkwellend water plaats, bij de eerste 4 compartimenten in de vorm van ontlastbronnen tot in de holocene tussenzandlaag.
Het optredende totale waterbezwaar van de ontlastbronnen in de VL is groter dan voorzien tijdens het ontwerp. Op het ontwerp was de vergunningaanvraag gebaseerd die eerder bij het Hoogheemraadschap van Delfland is ingediend.

In dit rapport zijn de bevindingen beschreven die volgen uit de modellering van de grondwaterstroming met het Delflandmodel. Op basis van de analyse van de uitkomsten van de modellering is een onderbouwing gegeven ten aanzien van de meest waarschijnlijke verdeling van de toestroming van grondwater naar de verdiepte ligging, het effect van de kwel in de half verdiepte en verdiepte ligging naar de omgeving toe, het effect op het freatisch grondwater, zowel wat betreft de invloed in ruimtelijke dimensies als de effecten in de tijd in een droog seizoen.

2 Aanpak

In de studie van de grondwatereffecten rond de A4 Delft – Schiedam is een numeriek grondwatermodel ingezet. De projectlocatie A4 Delft – Schiedam valt binnen de grenzen van het beschikbare model. Het toegepaste model is het Delflandmodel van Deltares. Het Delflandmodel is een gedetailleerd regionaal grondwatermodel dat in 2007/2008 is ontwikkeld voor de effectenstudie van de beëindiging van de onttrekking door DSM in Delft. Het model is ontwikkeld met alle beschikbare ondergronddata en is geijkt op metingen van voorkomende grondwaterstanden in het beschouwde modelgebied. Het model biedt daarom een betrouwbare basis voor de gevraagde studie. Hoofdstuk 3 beschrijft de achtergrond van het model. Voor nadere informatie wordt verwezen naar het rapport met referenties [1] en [2].
Om te beginnen heeft Deltares het Delflandmodel aangepast met de laatste informatie over het in aanleg zijnde wegtracé van de A4. Daartoe heeft aannemingscombinatie A4All een overzicht aangeleverd van de constructieve aspecten en informatie over de onttrekkingen door ontlastbronnen in de verdiepte ligging (VL) en door drainage in de halfverdiepte ligging (HVL). Vervolgens is door Deltares door middel van een modelstudie onderzocht wat de mogelijke oorzaken van het optredende onttrekkingsdebiet zijn.
Daarna zijn de effecten op de omgeving van de onttrekking door de drainage in VL en HVL uitgerekend. Om de verschillende mogelijk optredende omgevingseffecten te kunnen bepalen, zijn berekeningen gemaakt met een stationaire modellering (uitgaande van een onveranderlijke evenwichtssituatie), met een tijdsafhankelijke modellering (om kwesties zoals grondwaterstandsverlaging in een zomerperiode te bepalen) en zijn varianten doorgerekend om de gevolgen van variaties in de geologie van de Holocene deklaag inzichtelijk te maken (risicobeschouwing).

De conclusies van de studie zijn opgenomen aan het eind van de hoofdstukken met modelleringsresultaten (5, 6, 7 en 8).

3 Achtergrond van het grondwatermodel

3.1 Uitgangsmodel

Het uitgangsmodel is het Delfland Model (zie referentie [1] en [2]). Dit is een geijkt stationair MODFLOW model met een celgrootte in een eindige differentieraster van 25m. Het model is gemaakt met het modelleringspakket iMod van Deltares. Het Delfland model is opgebouwd uit 24 modellagen. Paragrafen 3.4 en 3.5 beschrijven hoe de ijking tijdens de modelbouw heeft plaatsgevonden en hoe nieuwe kennis op basis van het aanvullende grondonderzoek dat is uitgevoerd voor de A4 Delft-Schiedam is toegevoegd.

De Holocene deklaag is in het Delfland model ten tijde van de modelleringsactiviteiten in 2007 geschematiseerd door de interpretatie uit het geologisch model Geotop[1] (TNO) als basis aan te houden. De informatie over de grondtypen in de Holocene afzettingen uit GeoTop (bestaande uit modellagen met cellen van 100*100 m^2 en een dikte van 0,5 m) is omgewerkt naar 7 modellagen met ruimtelijk variërende geohydrologische eigenschappen in het Delfland model. In paragraaf 3.3 is op de aangehouden schematisatie een nadere toelichting gegeven.
In het Delfland model is de schematisatie van de ondergrond onder het Holoceen op REGIS (TNO datamodel van de diepe ondergrond) gebaseerd. Ook in REGIS is sprake van ruimtelijke variatie van laagdikten en parameterwaarden. Deze informatie is ondergebracht in totaal 17 modellagen. De Kedichem kleilaag (die als onderafdichting van de VL wordt gebruikt) is als afzonderlijke laag gemodelleerd.
In het model is het hydrologische topsysteem (met ligging van waterlopen en polderpeilen) opgenomen volgens de informatie uit de Legger van Hoogheemraadschap Delfland.

Om een indruk te geven van de geohydrologische omstandigheden in het gebied, is de modelschematisatie in de volgende tabel zeer globaal samengevat in watervoerende en waterremmende lagen zoals deze regionaal worden onderscheiden. In de tabel zijn getotaliseerde parameterwaarden vermeld zoals die rondom het tracé in het model aanwezig zijn. Omdat in het model sprake is van ruimtelijke variatie in de parameterwaarden, zijn de hieronder vermelde waarden alleen lokaal geldig rond het tracé. In het Delflandmodel is elke hieronder genoemde regionaal voorkomende watervoerende of waterremmende laag opgebouwd uit meerdere modellagen.

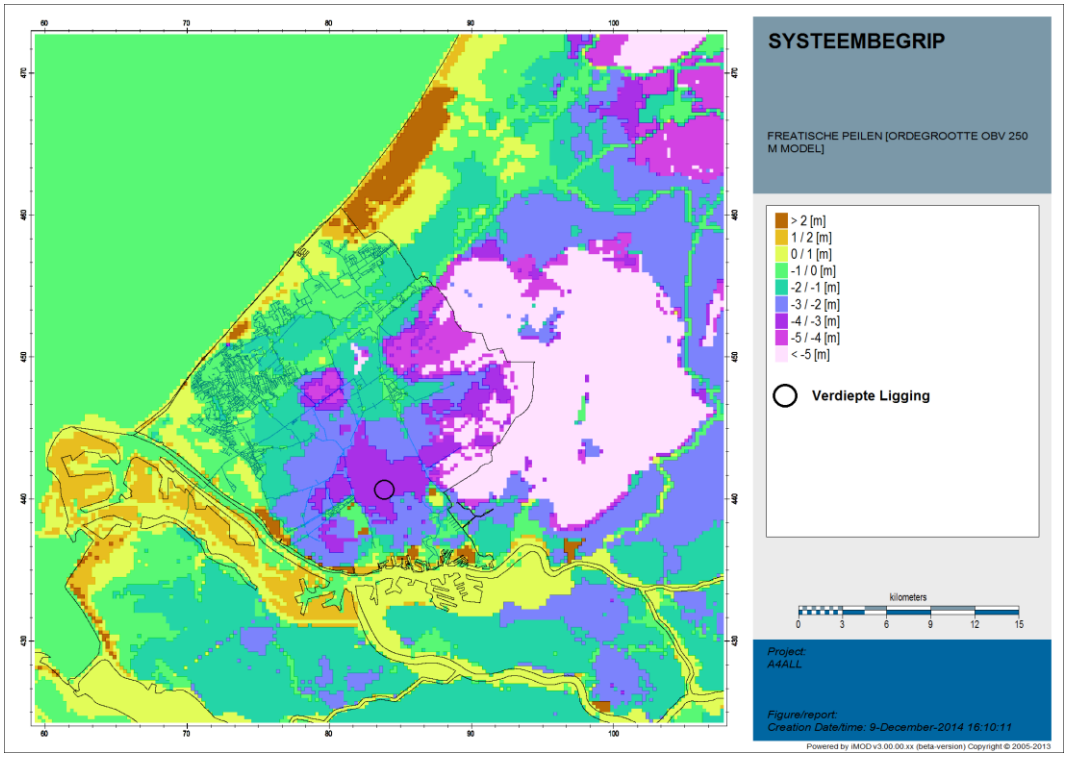
Tabel 3.1: Indeling lagen naar regionale geohydrologische schematisatie met globale parameterwaarden nabij HVL en VL

Globale geohydrologische schematisatie tpv HVL en VL	modellagen	parameterwaarde
Holocene deklaag, waterremmende laag 1 (WRL1)	7	c1=10.000 [d]
Formatie van Kreftenheije, watervoerend pakket 1 (WVP1)	3*2	kD1=700 [m^2/d]
Kleilaag Formatie van Waalre (Kedichem klei) (WRL2)	2	c2=4500 [d]
Formaties van Waalre en Peize (WVP2)	2	kD2=375 [m^2/d]
Diepere lagen	7	…

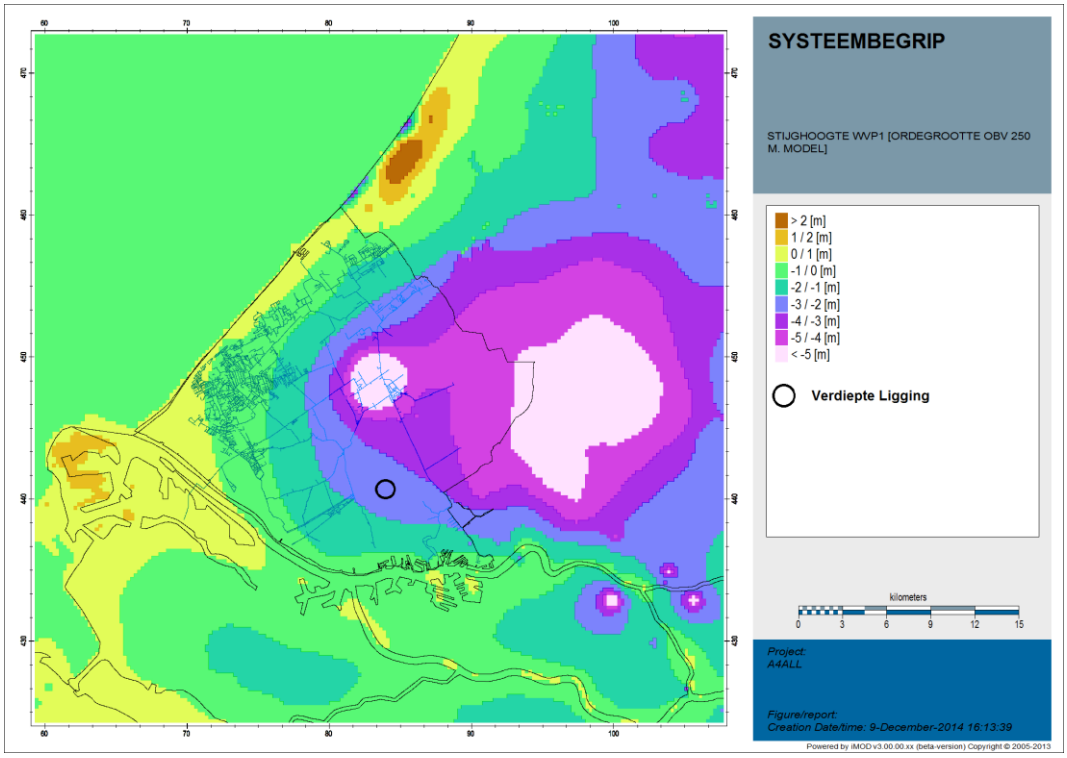
3.2 Grondwaterstanden

Het Delfland model is geijkt met freatische grondwaterstanden en stijghoogten in WVP1. De verdeling van de grondwaterstand en stijghoogte is aangegeven in Figuur 3.1 en Figuur 3.2.

[1] *Geotop is een geologisch model dat een gedetailleerd driedimensionaal beeld van de Nederlandse ondergrond geeft tot een diepte van ongeveer 50 meter onder maaiveld. GeoTOP is ontwikkeld door TNO op basis van beschikbare sonderingen en boringen in database Dino (Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond). Om vanuit beschikbare datapunten gebiedsdekkende informatie over de ondergrond te kunnen aanleveren is aan de data specialistische kennis over de Nederlandse geologie toegevoegd. De informatie in het Geotop model is vrij toegankelijk via www.dinoloket.nl*



Figuur 3.1: Freatische grondwaterstanden in de toplaag (in m t.o.v. NAP)
De ligging van de locatie A4-VL is aangegeven met de cirkel



Figuur 3.2: Verdeling van stijghoogte in WVP1 (in m t.o.v. NAP)
De ligging van de locatie A4-VL is aangegeven met de cirkel

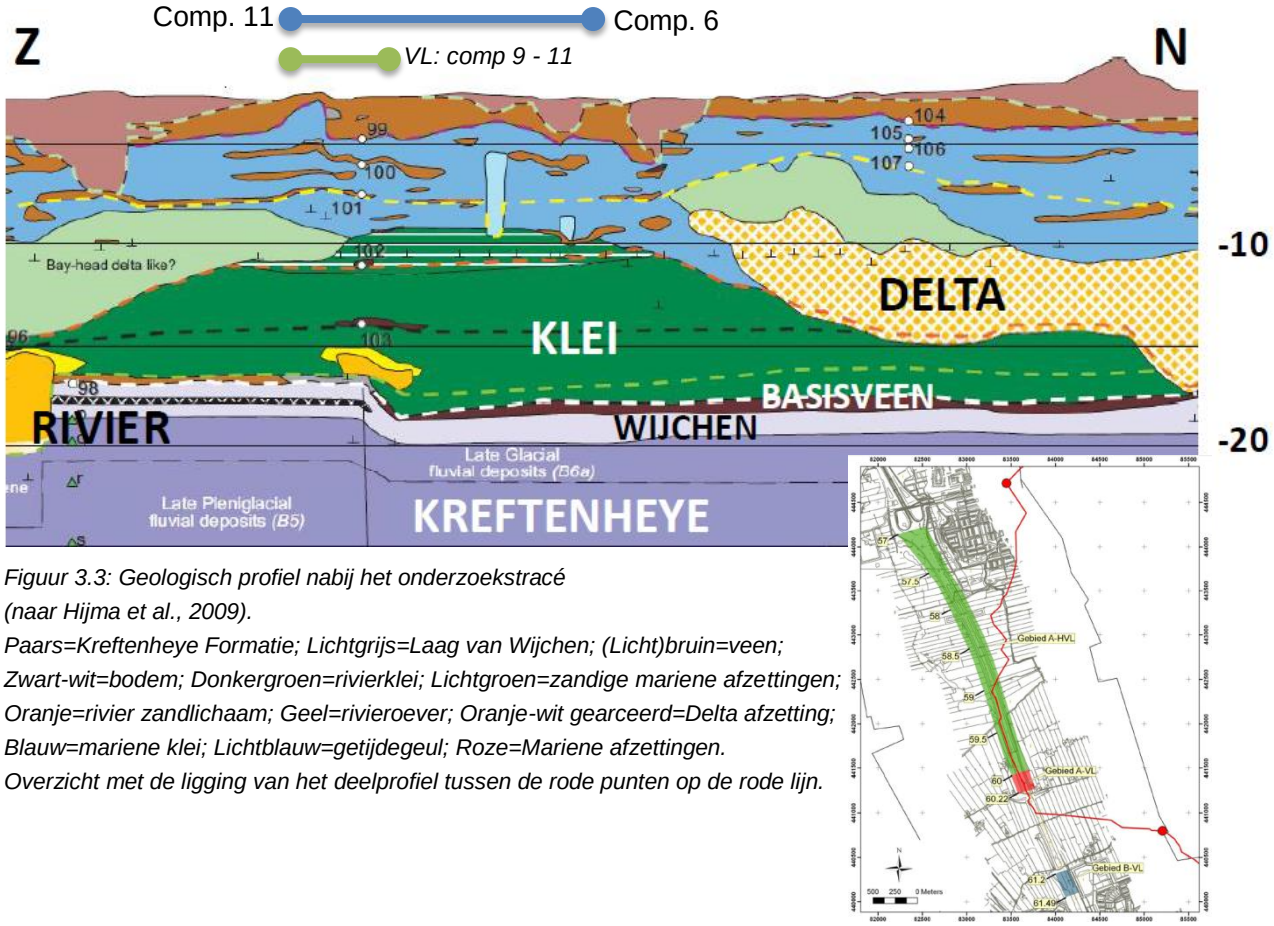
Uit beschouwing van Figuur 3.1 en Figuur 3.2 kan worden opgemerkt dat de grondwaterstroming ter plaatse van de A4 in noordoostelijke richting plaatsvindt. De stijghoogte verloopt van de hogere delen bij de haven van Rotterdam en het Westland en de kust naar de diepe polders bij Gouda.

Volgens stijghoogtemetingen en ondersteund door het Delflandmodel heerst er in het gebied rondom de A4 een kwelsituatie. De grondwaterstroming in dat gebied is voornamelijk verticaal omhoog gericht; vanuit het watervoerend pakket richting het freatische systeem.

3.3 Variatie van de weerstand van de holocene deklaag in het geohydrologische model

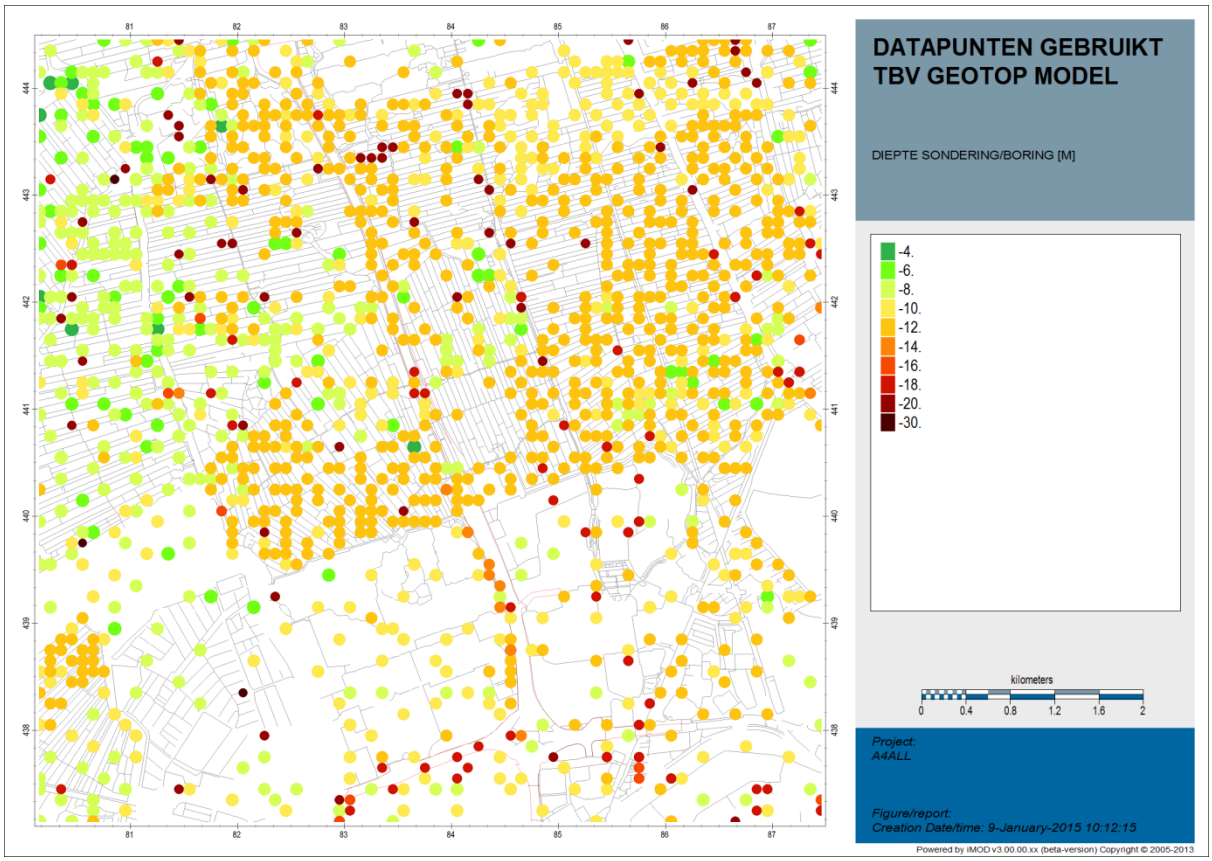
Voor de analyse van effecten in de omgeving is het belangrijk om na te gaan, in hoeverre inhomogeniteiten in de toplagen voorkomen die de weerstand van het holoceen bepalen. Als de weerstand kleiner is kan de doorwerking van grondwaterverlaging in het pleistocene watervoerende pakket naar freatisch niveau plaatselijk een sterker effect hebben. Inzicht over eventuele heterogeniteit is ontleend aan de hand van beschikbare geologische studies en het beschikbare grondonderzoek, waaronder een groot aantal sonderingen.

Een geologische toelichting op de bodemopbouw is te vinden in de promotiestudie van Hijma [Hijma, 2009]. In de thesis is op basis van alle ondergronddata uit DINO en REGIS een bodemprofiel samengesteld waarin de genese [vorming] is aangegeven. Een deel van dat profiel is overgenomen in Figuur 3.3. Let op, het profiel loopt in tegenstelling tot bovenstaande profielen van zuid naar noord en ligt niet volledig in het wegtracé.



Figuur 3.3: Geologisch profiel nabij het onderzoekstracé (naar Hijma et al., 2009).
Paars=Kreftenheye Formatie; Lichtgrijs=Laag van Wijchen; (Licht)bruin=veen; Zwart-wit=bodem; Donkergroen=rivierklei; Lichtgroen=zandige mariene afzettingen; Oranje=rivier zandlichaam; Geel=rivieroever; Oranje-wit gearceerd=Delta afzetting; Blauw=mariene klei; Lichtblauw=getijdegeul; Roze=Mariene afzettingen.
Overzicht met de ligging van het deelprofiel tussen de rode punten op de rode lijn.

De modelstudie voor de vernieuwde vergunningaanvraag is gebaseerd op het Delfland model uit 2008. Bij de bouw van dit model is gebruik gemaakt van GeoTop [TNO, zie Dinoloket]. Een overzicht van alle datapunten die zijn gebruikt om het GeoTop model voor dit gebied te vervaardigen, is getoond in Figuur 3.4.



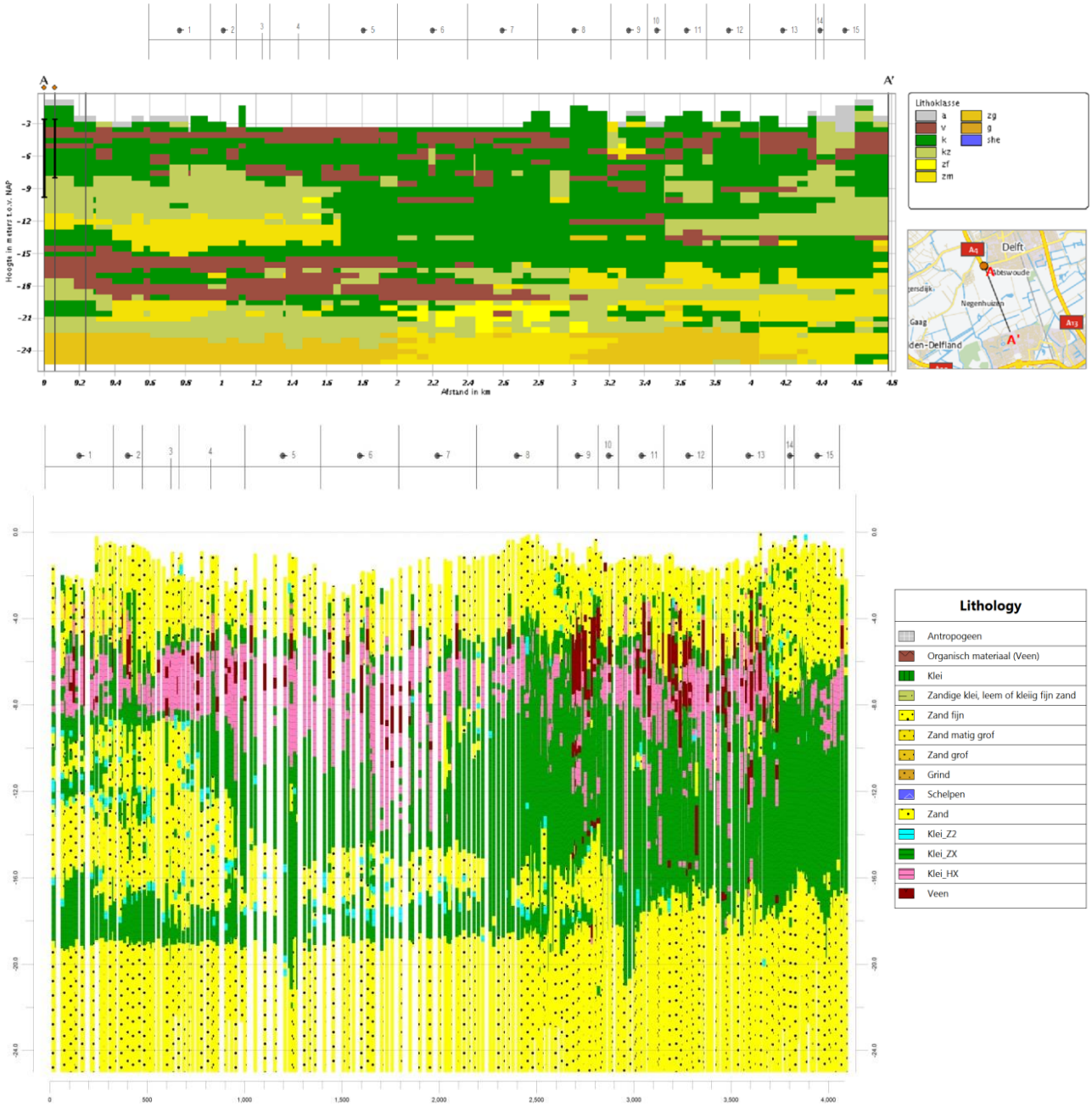
Figuur 3.4: Locaties van boor- en sondeeronderzoeken in het modelgebied die zijn gebruikt om GeoTop te maken.

De informatie in GeoTop die beschikbaar was bij de aanmaak van het Delfland model, was al gedetailleerd aangezien naast boorpunten uit het landelijk meetnet bovendien oude sondeerinformatie van rijksweg A4 (uit circa 1970) hierin is gebruikt. Met GeoTop is een doorsnede over het wegtracé gemaakt met meest waarschijnlijke lithoklassen (zie Figuur 3.5). Daaruit kan de opbouw van de ondergrond worden afgeleid.

Door A4All en Deltares zijn in 2013 in het kader van het ontwerp lengteprofielen van de bodemopbouw gemaakt op basis van de meest recente (tot 2013) circa 250 sonderingen die in het kader van het ontwerp en de aanleg van A4 Delft – Schiedam zijn gemaakt. Deltares heeft in rapport [Deltares, 2014] het geologische profiel opgesteld op basis van dit voor het ontwerp en aanleg uitgevoerde grondonderzoek.
In Figuur 3.5 is voor het hele tracé van Kruithuisweg bij Delft tot de landtunnel bij Schiedam de lithologische doorsnede uit GeoTop getoond waarop het Delfland model is gebaseerd, en daaronder een weergave getoond van het meest recente geotechnische profiel voor de HVL en VL (verkleind naar vergelijkbare lengte schaal).

Belangrijk verschil tussen de figuren is dat het meest recente profiel aangeeft dat ter plekke van de HVL kortsluitingen bestaan tussen holoceen tussenzand en pleistoceen zand. Ter plekke van de HVL komt tussen NAP – 15 en – 20 m een laag voor die bestaat uit de Wychen afzetting (zandige

klei) en een dunne Basisveenlaag, die lokaal doorbroken is door vroeg-holocene riviergeulen. Ter plaatse van de VL komt nauwelijks Basisveen voor en ligt het pleistocene zand hoger.



Figuur 3.5: Lengteprofiel met bodemopbouw onder de A4 HVL en VL volgens GeoTop en het profiel volgens aanvullende sonderingen van RWS/A4All [Deltares, 2014].
Boven de lengteprofielen zijn de locaties van de compartimenten HVL (1 t/m 8), toeritten (9 en 15) en VL (10 t/m 14) aangegeven.

Met betrekking tot de bodemopbouw in het tracé kan de situatie als volgt worden samengevat:

– In het gebied van de VL is sprake van een aaneengesloten kleivoorkomen in het holoceen en een top van pleistoceen zand met wisselend niveau, plaatselijk met een diepe tussenzandlaag in het holoceen ter plekke van de noordelijke toerit van de VL (compartiment 9 t/m 11). In het

holoceen komen in het gebied rond de VL geen ondiepe ingesneden zandige delen voor.

- Door de aanwezigheid van een laat-pleistoceen riviersysteem ligt de top van het pleistoceen in het zuidelijk deel van het tracé nabij de VL ten opzichte van de wijdere omgeving relatief hoog. In verband daarmee komt ter plekke van de VL en omgeving geen basisveenlaag voor.

- Meer naar het noorden, globaal ter plekke van A4 km 60 (in compartiment 10), bevindt zich onderin het Holoceen het zandlichaam van een Holoceen riviersysteem (zie nabij km 2,5 in Figuur 3.4). Dit zandlichaam is volgens ter plekke uitgevoerde sonderingen op korte onderlinge afstand circa 10 tot 30 m breed en heeft de top rond 14 m –NAP liggen. Hier is sprake van een kortsluiting tussen de holocene tussenzandlaag en het pleistoceen. Verder naar het zuiden toe (compartiment 10/11) komt aansluitend aan vermeld zandlichaam van het Holocene geulsysteem een tussenzandlaag voor. Dit zijn dunne lagen van zandige oeverafzettingen (resten van overstromingen) van het vroeg-holoceen riviersysteem. Dit tussenzandlaagcomplex heeft een breedte van enkele honderden meters.

- Na afzetting van de tussenzandlaag heeft het gebied altijd in een relatief rustig milieu gelegen tussen de twee grootste riviertakken van de Rijn en Maas (Hijma en Cohen, 2011) en is er voornamelijk klei afgezet waarop zich uiteindelijk een veenlaag vormde.

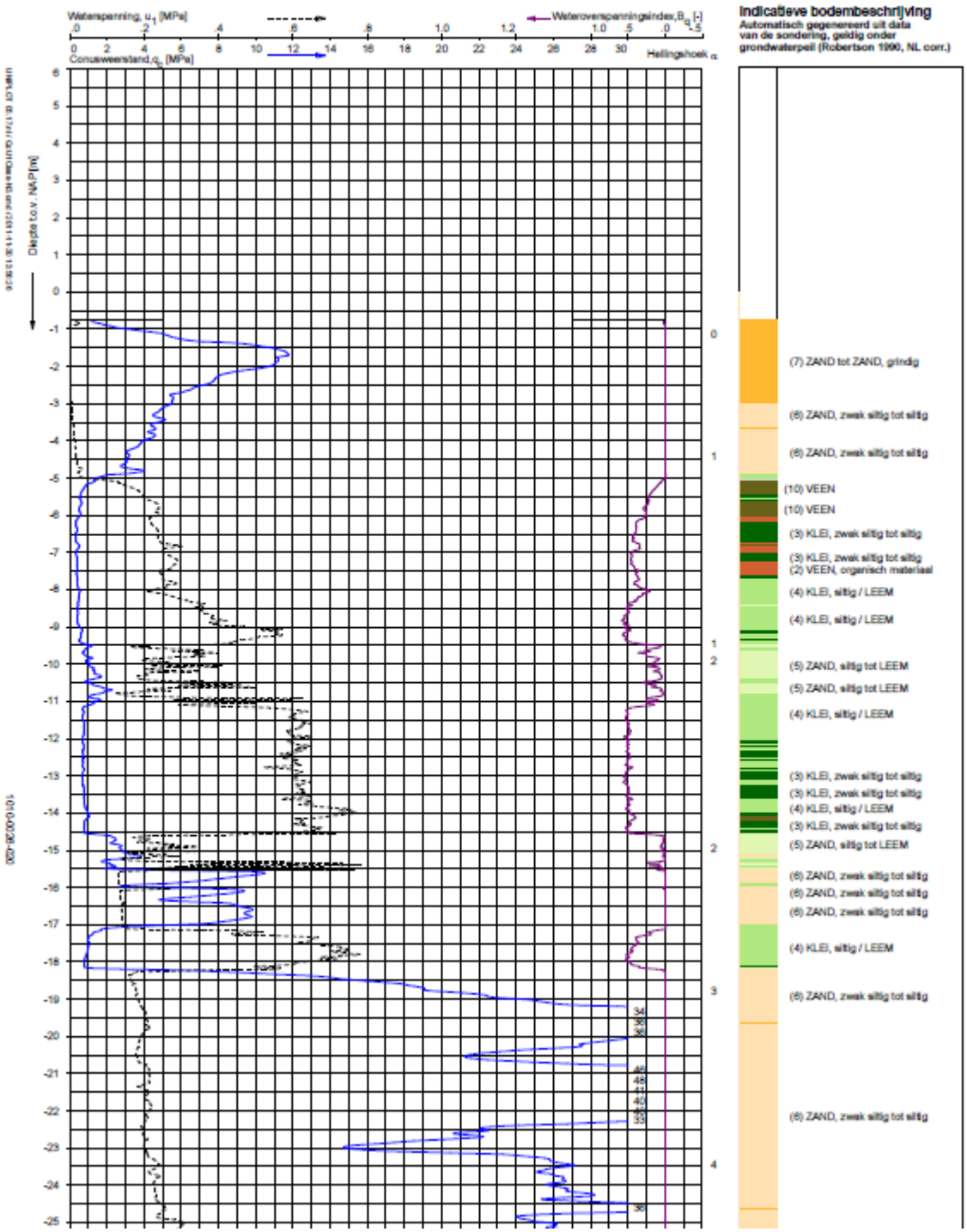
- Overeenkomstig met het proefschrift van Hijma [3] is met de sonderingen, die voor het ontwerp en de aanleg van de A4 Delft – Schiedam zijn uitgevoerd, vastgesteld dat er geen enkele aanwijzing is dat in het gebied rond de VL grote Holocene rivier- en/of getijdegeulen hebben gestroomd. Het voorkomen van ondiepe “zandige gaten” in de holocene afzettingen is in dit gebied vrijwel uitgesloten.

3.4 Geohydrologie van de tussenzandlagen

De geohydrologische situatie waar holocene tussenzandlagen voorkomen ter plaatse van de VL, kan worden toegelicht aan de hand van een sondering die uitgevoerd is met meting van de waterspanning.
Midden in compartiment 10 (noordzijde VL) is door Fugro in november 2011 sondering DKMP2010 gemaakt (volgens A4All genummerd S_VD_60300 met aanduiding van de afstand in meter langs de A4).

Uit de sondeerstaat is in Figuur 3.6 de grafiek van conusweerstand en waterspanning gekopieerd. Daarnaast is ook de geïnterpreteerde indicatieve bodembeschrijving weergegeven. Op een diepte van circa NAP – 15 m bevindt zich een overgang van holocene siltige klei naar zand. Daaronder komt tussen NAP – 17 en – 18,2 m weer siltige klei voor.
Het zand tussen NAP – 14,5 en – 17 m betreft de holocene tussenzandlaag.

Dat sprake is van een hydrologische kortsluiting tussen pleistoceen zand en holoceen tussenzand kan worden afgeleid uit het verloop van de waterspanning tussen NAP – 15 m en dieper. De stijghoogte van het grondwater in beide zandlagen die uit de meting van de waterspannning kan worden bepaald, lag tijdens de waarneming ongeveer op circa NAP – 2,5 m. De stijghoogten in de tussenzandlaag en het pleistoceen zijn volgens de omrekening uit de metingen vrijwel gelijk. Daaruit kan worden geconcludeerd dat er kortsluitingen bestaan tussen beide zandlagen. Dit houdt in dat de hydraulische weerstand tussen deze lagen zeer klein zou moeten zijn (slechts enkele dagen). Ook in de andere tussenzandlagen zijn sonderingen uitgevoerd met vergelijkbaar resultaat van het waterspanningsverloop.



Figuur 3.6: Weergave van waterspanningsverloop tegen de diepte in Sondering DKMP2010

3.5 Geohydrologische modelparameters voor holocene lagen

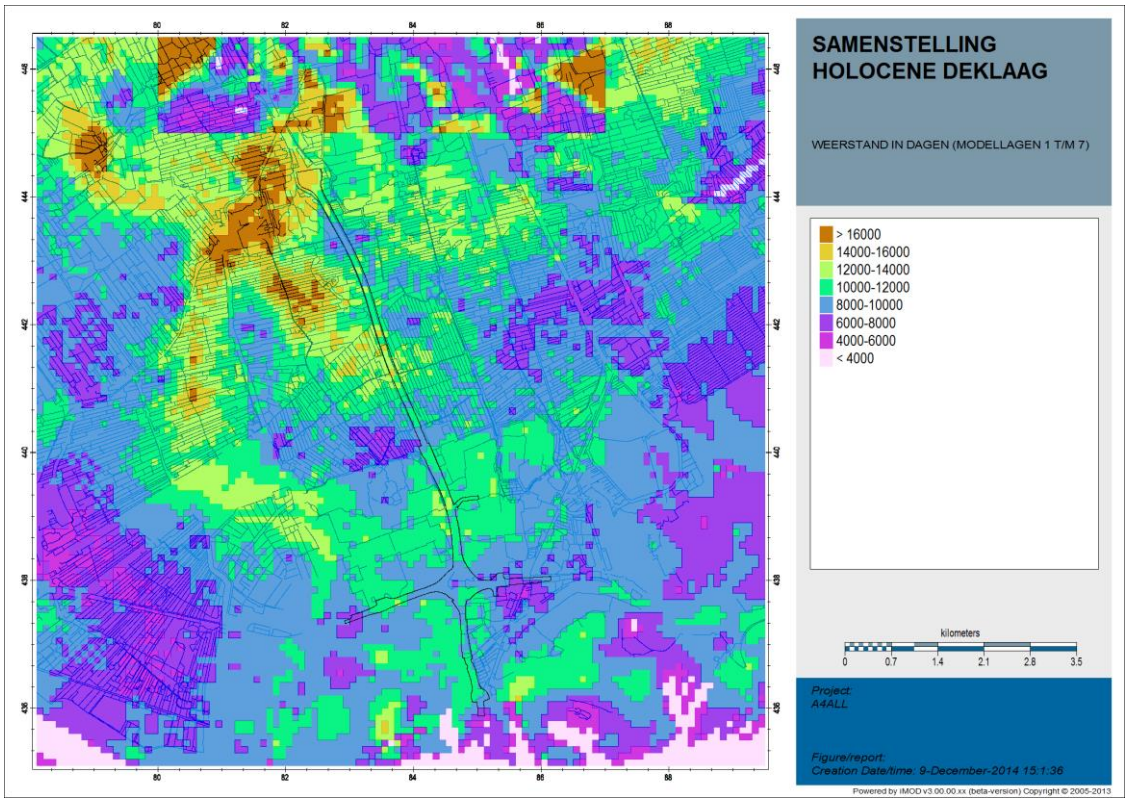
De parameterbepaling van de hydraulische weerstand van het holoceen is afgeleid uit de informatie over de lithologie (grondlaagtypering) in GeoTop waarmee de variatie in voorkomende grondlagen in het gebied wordt aangegeven. Informatie over doorlatendheden van verschillende lagen is te vinden in REGIS.

Bijvoorbeeld de doorlatendheid van de veel voorkomende siltige klei is gemiddeld 0,003 m/d. De range van de weerstand per meter laagdikte is echter groot: van 45 tot 15000 dagen. Dit is echter in de ijking van het Delfland model meegenomen.

Overal in het gebied van de VL komt boven NAP – 14 à – 15 m over een dikte van circa 7,5 m aaneengesloten zwak siltige klei voor. Daarboven ligt nog eens 2,5 m klei of veen met vergelijkbare doorlatendheid. De totale verticale weerstand van de Holocene deklaag volgens het geijkte Delfland model is aangegeven in Figuur 3.7.

Ter plekke van de VL is de verticale weerstand ongeveer 10.000 dagen.

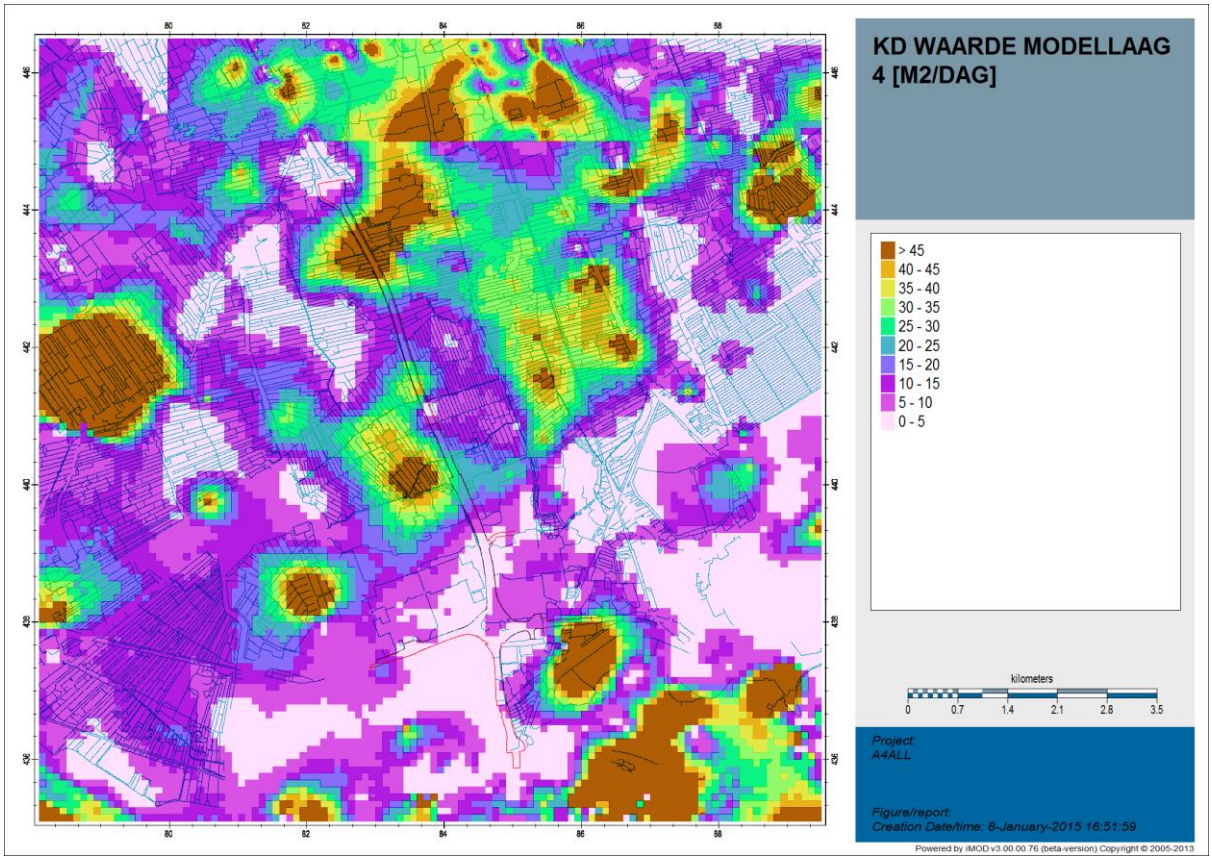
Ter plekke van de HVL is in het Delflandmodel volgens GeoTop sprake van behoorlijke variatie in de weerstandswaarde door de aanwezigheid van tussenzandlagen in het onderste deel van het Holocene dek. Het voorkomen van de delta-afzettingen in het holoceen, die geleid hebben tot de vorming van een holocene tussenzandlaag, is aangegeven in Figuur 3.8 [Hijma, 2009].



Figuur 3.7: Totale verticale weerstand van de modellagen voor de Holocene deklaag

Figuur 3.8: De verbreiding van de zandige delta afzettingen in groen (naar Hijma et al., 2009; Stafleu et al., 2013). De groene punten geven boringen weer waar de delta gevonden is. Het noordelijke deel van het wegtracé ligt vlak bij de westelijke rand van de delta.

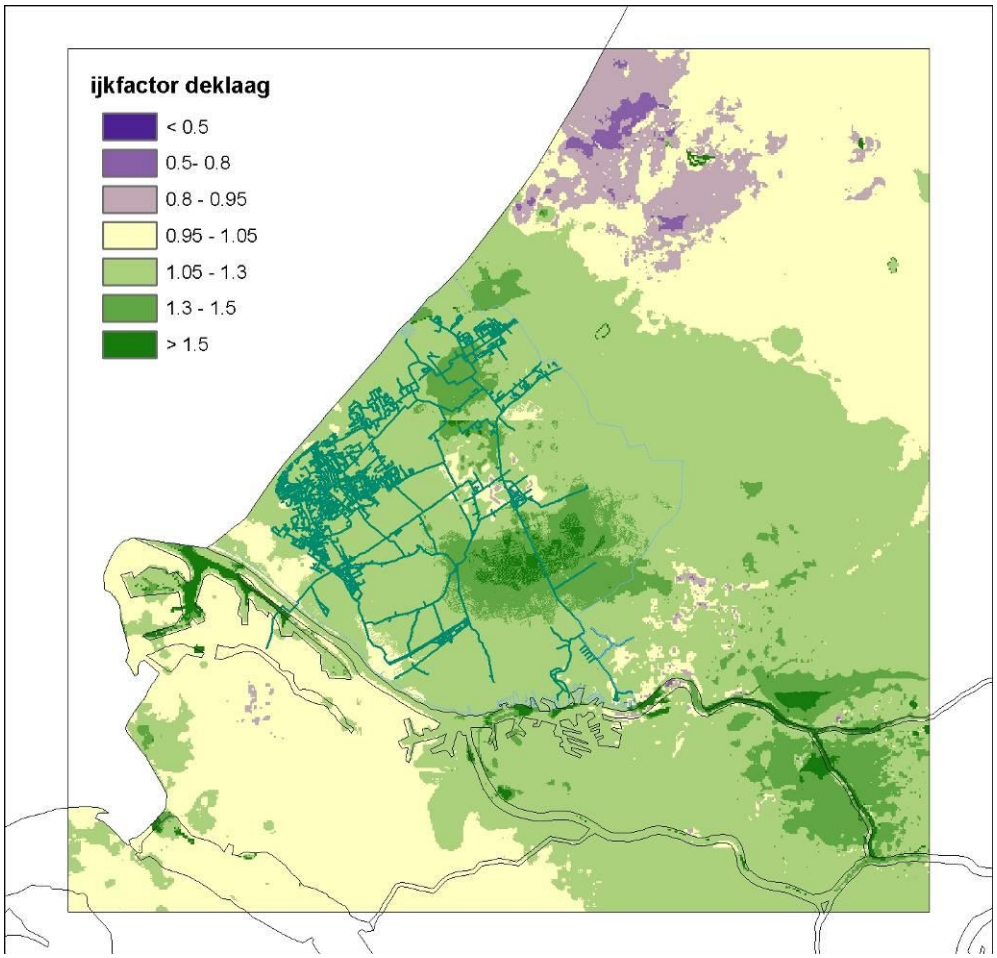
De doorlatendheden van de tussenzandlagen zijn in het Delflandmodel geclusterd in een doorlaatvermogen in laag 4. Vertaling van die informatie uit GeoTop naar het Delfland model heeft geleid tot het voorkomen van een gebied in modellaag 4 aan noordelijke en noordoostelijke zijde van het tracé van de A4 waar het doorlaatvermogen 10 tot 50 m^2/dag groter is dan de omgeving (zie Figuur 3.9).
Aan zuidoostelijke zijde van het tracé ligt de pleistocene top circa 2 meter hoger, ongeveer op NAP – 16m. Ter plekke (nabij compartiment 13, 14 en 15) is daarom een tot 20 m^2/d groter doorlaatvermogen aanwezig in modellaag 4. Omdat de hierboven liggende holocene deklaag circa 2 meter dunner is, is de weerstand daarvan ter plekke circa 2000 dagen kleiner (zie Figuur 3.7).



Figuur 3.9: Doorlaatvermogen in modellaag 4 (holoceen).

In het Delfland model representeert laag 5 het Basisveen. Volgens GeoTop komt overal in het gebied Basisveen of de laag van Wychen voor en dat is ook zo in het Delfland model terecht gekomen. De laag heeft indertijd bij de opzet van het Delfland model een uniforme weerstandswaarde meegekregen. Basisveen heeft volgens REGIS een doorlatendheid van circa 0,0004 m/d en per halve meter geldt daarvoor dus een weerstand van circa 1300 dagen (een halve meter is de gemiddelde laagdikte van Basisveen die uit de sonderingen in de omliggende regio volgt en in het Delfland model is aangehouden).
Uit het aanvullend onderzoek voor A4 is echter naar voren gekomen dat juist in het gebied van de VL vrijwel geen Basisveen voorkomt. Het is niet zo dat het Delfland model op die plek daardoor fout is. Het Delfland model is namelijk in 2007 geijkt met het oog op de variatie van de weerstand in dit gebied om passende grondwaterstanden te kunnen modelleren door onder andere de weerstandwaarde van de gehele holocene top lokaal aan te passen. Juist in het gebied van HVL is bij de ijking van het oorspronkelijke Delfland model de weerstandswaarde van de holocene deklaag

vergroot om goed bij de werkelijke stijghoogten passende grondwaterstanden in het pleistoceen te kunnen bepalen met het model (zie Figuur 3.10).



Figuur 3.10: Representatie van het ijkingsproces van het Delfland model ten aanzien van de weerstand van de holocene deklaag

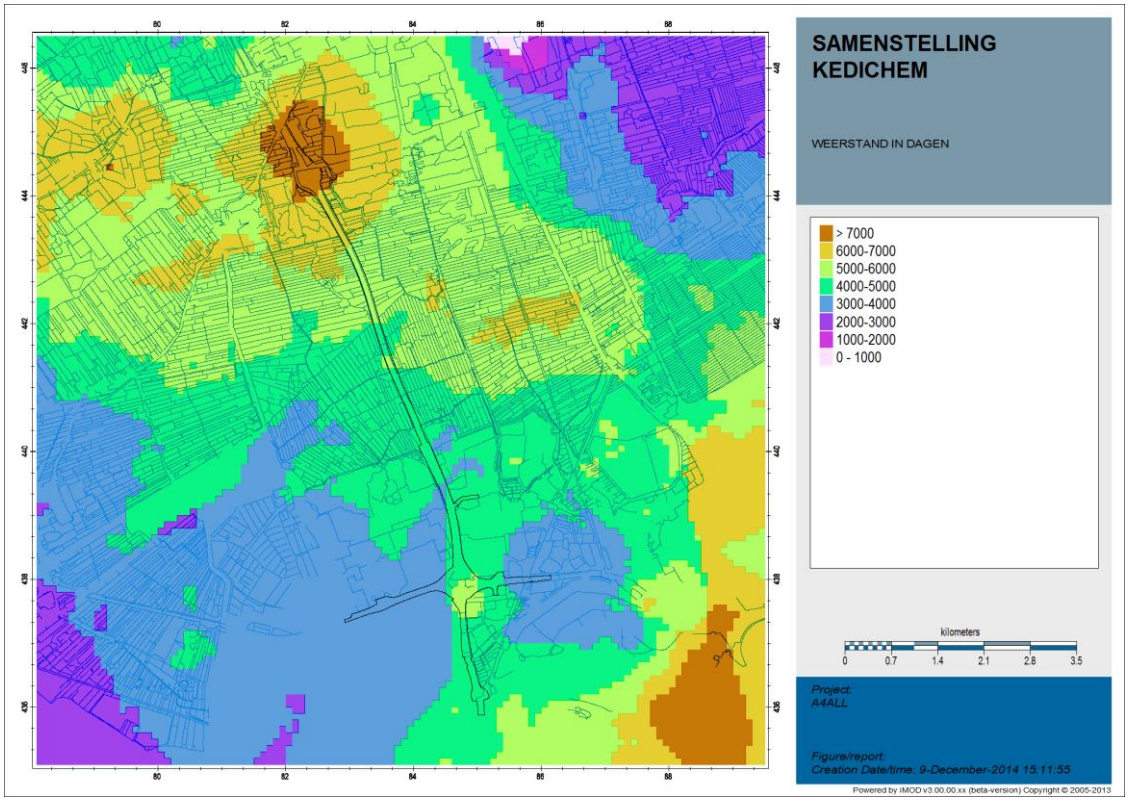
In het geijkte Delfland model is voor het gehele holocene pakket nabij de VL en omgeving een weerstand van ongeveer 10000 dagen aangehouden. Plaatselijk neemt in het model de weerstand af tot waarden van ongeveer 8000 dagen. Vanwege het beperkte aantal ijkpunten resulteerde de ijking in een beeld van de weerstand op regionale schaal. Op kleinere schaal kunnen nog variaties in de weerstand voorkomen die via de ijking niet zijn opgemerkt. Bij de studie van de lokale effecten rond de VL kan deze variatie van belang zijn. Daarom was het in het kader van voorliggende studie noodzakelijk om een gevoeligheidsanalyse te verrichten. Daarbij is vooral gekeken naar de weerstand die onderin het Holocene bodemprofiel voorkomt vanwege de lokale aanwezigheid van zandige tussenzandlagen, het opduiken van de top van de Pleistocene zandlagen en de afwezigheid van Basisveen.

In het Delfland model is laag 5 (“Basisveen”) als onderkant van het Holoceen met een weerstandswaarde van ongeveer 1300 dagen in het gehele gebied aanwezig. Dat betekent dat er in het model geen direct contact is tussen laag 6 t/m 8 (voor bovenkant pleistoceen) en laag 4 voor de holocene tussenzandlagen. Bij berekening van effecten van onttrekkingen met het Delfland model is daarom niet te verwachten dat ter plekke van de kortsluiting naar de tussenzandlaag bij de HVL een grote aanpassing van de stijghoogte in laag 4 wordt gevonden ten gevolge van een

verandering van de stijghoogte in het pleistoceen. Nagegaan moet worden of daarmee een onderschatting van effecten plaatsvindt. De verlaging van de stijghoogte in het pleistoceen ten gevolge van de drainage bij de VL is volgens eerder uitgevoerde modelberekeningen ongeveer 0,15 m ter plekke van de kortgesloten tussenzandlaag in de HVL (nabij A4km 57 – 58,5). Deze stijghoogteverlaging zal ten gevolge van de aanwezige kortsluiting doorwerken in de tussenzandlaag en grijpt ter plekke van de HVL dus niet aan op een diepte van NAP – 18 m maar op een diepte van circa NAP – 10 m.
Het effect van de te onderzoeken situatie is in een variatieberekening bepaald door een reductie van de weerstand in rekening te brengen.

3.6 Weerstand van de Kedichemkleilaag

De waterremmende laag onder de compartimenten van de verdiepte ligging wordt veelal aangeduid met de oude benaming als “Kedichem klei”. Om verwarring te voorkomen is deze benaming ook in dit memo aangehouden. Tegenwoordig wordt deze laag uit de betreffende geologische formatie benoemd als een kleilaag van de Formatie van Waalre.
De formatie is een rivierafzetting en bestaat uit meerdere klei- en (tussenliggende) zandlagen. De diepte van de laag is in het Delfland model overgenomen uit REGIS. Deze informatie komt overeen met de diepte die is vastgesteld in het grondonderzoek dat tijdens ontwerp en uitvoering voor de A4 is uitgevoerd. De totale verticale weerstand van de Kedichem kleilaag in het model is aangegeven in Figuur 3.11.

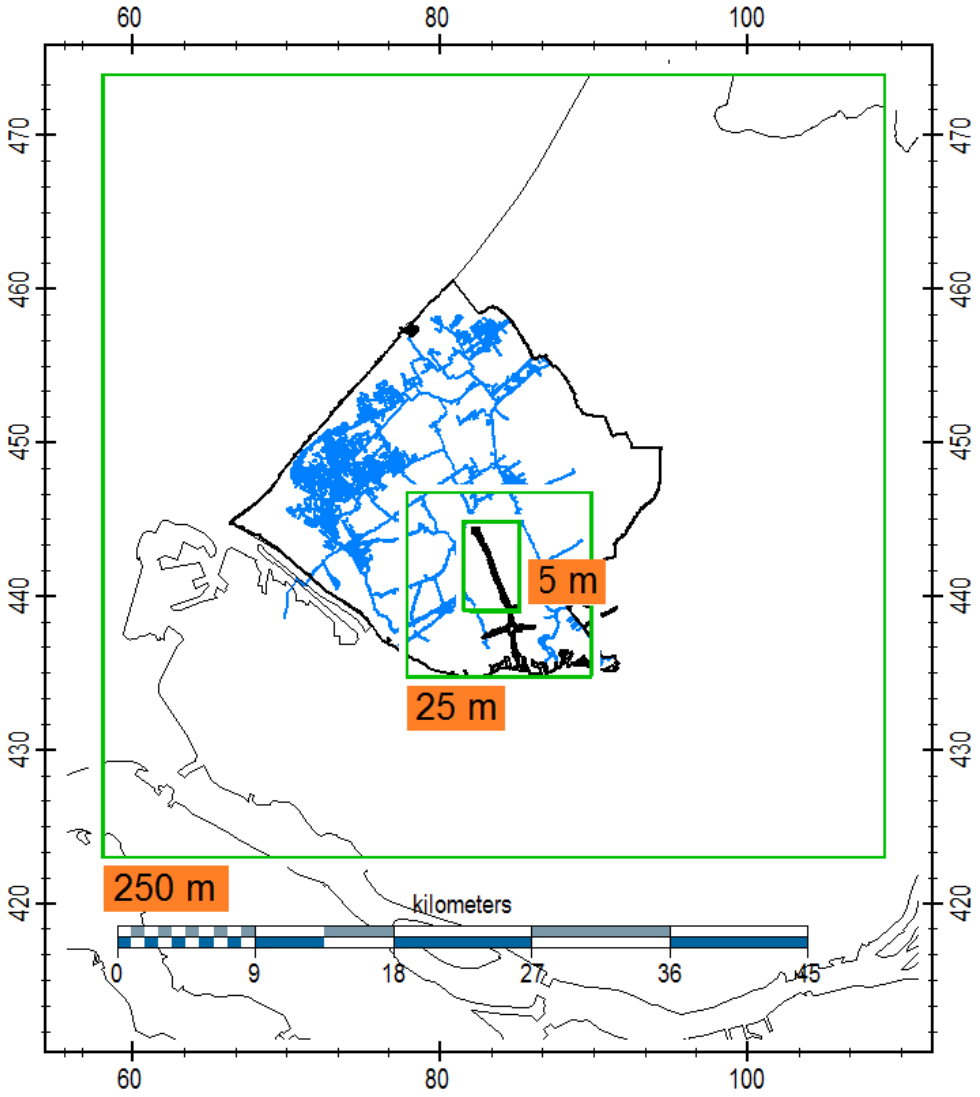


Figuur 3.11: Totale verticale weerstand van de modellagen voor de Kedichem kleilaag [incl. systeemgrens A4]

3.7 Aanpassingen van het model i.v.m. de aanwezigheid van de nieuwe A4

De beschrijving van de bouwmethode bij de wegconstructie is door A4All aangegeven.
De constructie van de nieuwe A4 tussen Delft en Schiedam is als volgt gemodelleerd:

- Het wegtracé bestaande uit 15 compartimenten is in het model geschematiseerd op 5 m resolutie. De resolutie van modelberekeningen is 5 m. De randvoorwaarden zijn overgenomen uit het Delfland model op 25 m en 250 m schaal zoals aangegeven in volgende figuur.



Figuur 3.12: Verschillende modelschalen tbv de verrichte studie voor A4 Delft - Schiedam

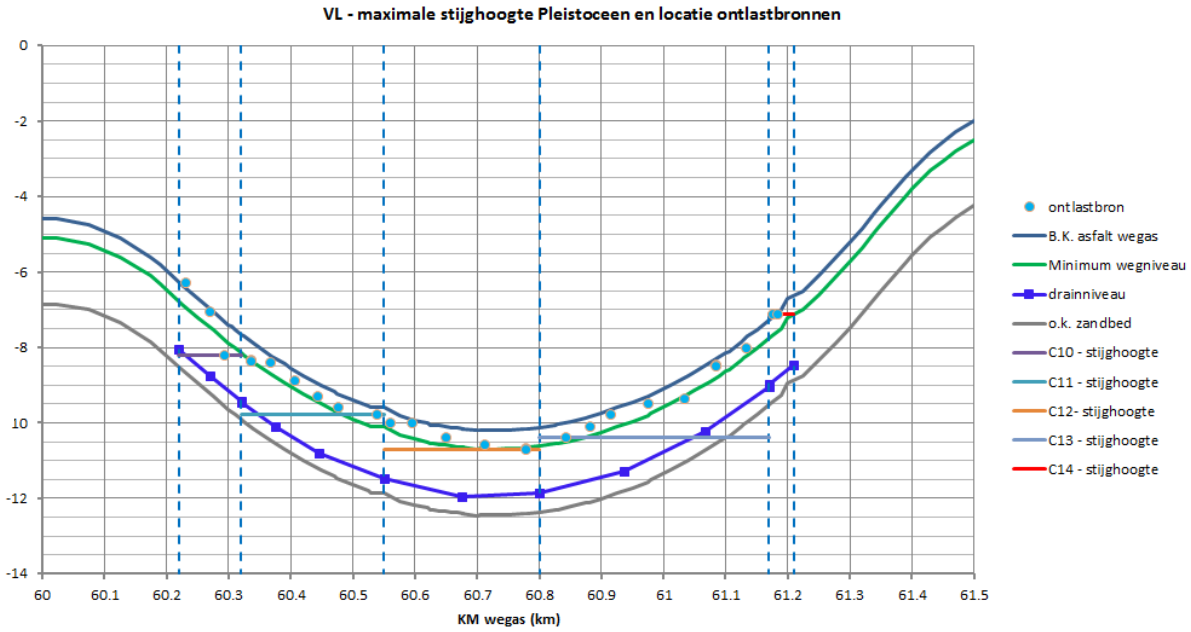
- Rondom de verdiepte ligging (compartimenten 10 tot en met 14 ofwel A4km 60,22 – 61,21) zijn cementbentonietwanden (CBwanden) aanwezig waarbinnen ook een damwand is afgehangen. De wanden zijn in Modflow geschematiseerd als Horizontal Flow Barrier. De CBwand rond de VL (gemiddelde diepte NAP – 44 m) is in het model aangebracht tot in de bovenste laag van de Kedichemklei. De geschatte weerstand is 1600 dagen volgens opgave van A4All, naar aanleiding van het door hen uitgevoerde materiaalonderzoek. De werkelijk in situ aanwezige wandweerstand is in het door Deltares uitgevoerde modelonderzoek geijkt aan de grondwatersituatie (zie hierna). In het holocene pakket is behalve de CB wand ook een damwand aanwezig. Daardoor is de weerstand van de wanden bovenin (over ongeveer de bovenste 20 m) veel groter dan in het watervoerende pakket. Zodoende heeft het bovenste deel van de wand in het model in modellagen 1 tot en met 5 een weerstandswaarde van 10.000 dagen meegekregen.

- De drainage in de verdiepte ligging vindt plaats met ontlastbronnen waarvan de filters in het pleistocene zand (het eerste watervoerende pakket) staan. De hoogte van de uitstroom-openingen van de bronnen zijn weergegeven in Figuur 3.13.
  De bronnen zijn gemodelleerd met de Drainage Package in Modflow als drains onderin de holocene deklaag zodanig dat de stijghoogte in WVP1, te realiseren door de ontlastbronnen, gelijk is aan het opgelegde drainagepeil. Dit is gemodelleerd door de verticale weerstand van de onderste modellaag van het Holoceen op 1 dag te zetten.

  De in het model op te geven bijbehorend drainagebasis is gekozen volgens de ontwerpwaarde van de grondwaterstand in de langsdoorsnede van de VL. Het overloopniveau van de ontlastbronnen is later tijdens ontwerp van A4All naar boven bijgesteld om het kweldebiet te reduceren en ligt nu op bovenzijde wegniveau.
  In het grondwatermodel zijn de gemeten debieten gebruikt. Eventuele verschillen met het werkelijke overloop- en drainageniveau of doorlatendheid van de wand zijn daarin verdisconteerd.

Tabel 3.2: Overloopniveaus van ontlastbronnen in de VL

Compartiment	**Overloopniveau** [m -NAP]	**Drainageniveau** [m -NAP]	**Gemeten debiet** [m^3/dag]
10	-8,2	-9,6	0,5
11	-9,8	-11,6	150
12	-10,7	-12,4	350
13	-10,4	-11,4	390
14	-7,1	-9,2	100
		Totaal:	990,5



Figuur 3.13: Overloopniveaus van ontlastbronnen en gemeten debieten in de VL [bron: A4All]

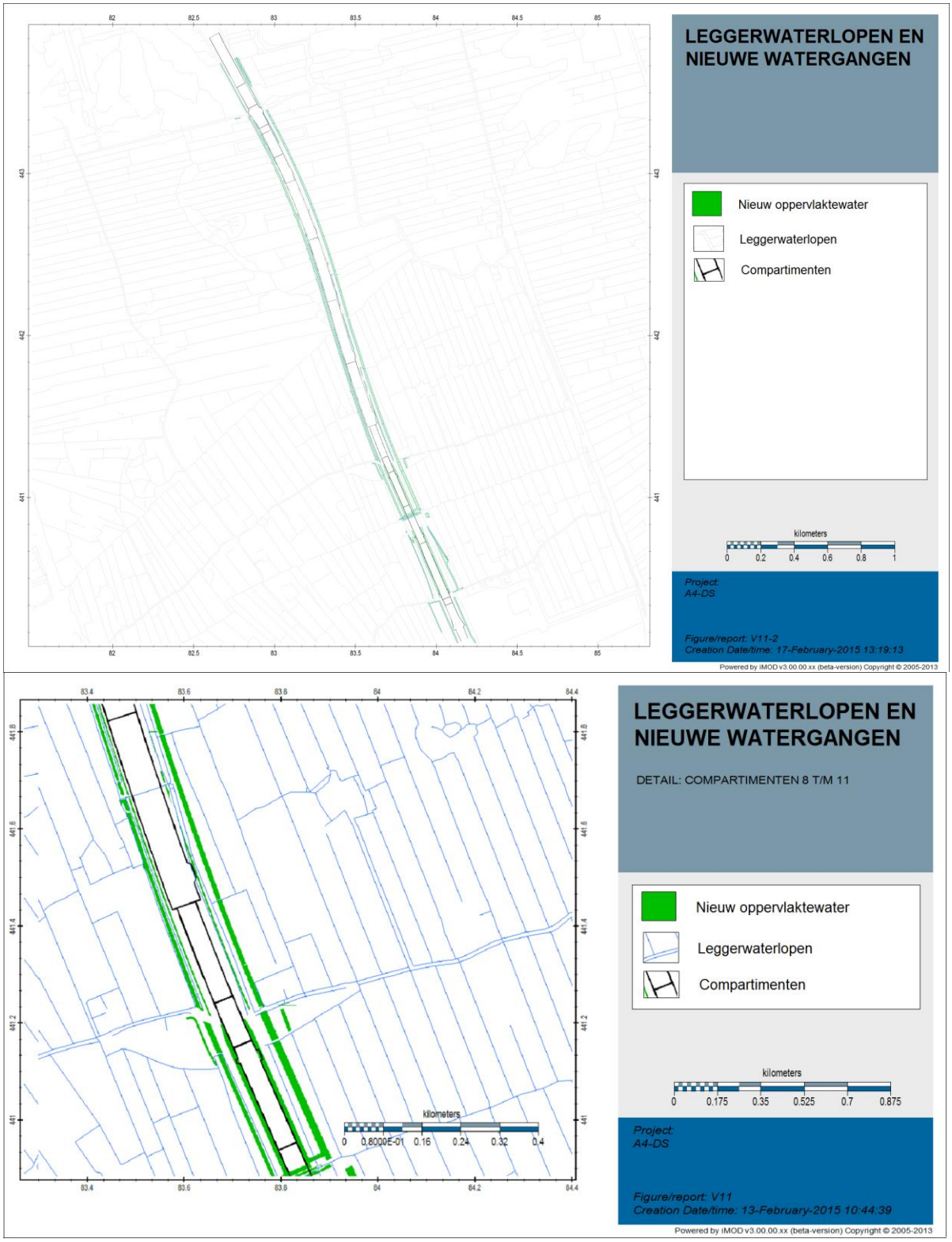
- De ontgraving t.p.v. de verdiepte ligging is gemodelleerd door de bovenste modellagen een verticale weerstand van 1 dag te geven. In de bovenste modellagen is de opgegeven grondwaterstand gelijk aan de waarden in de tabel met drainageniveaus. In de compartimenten

verzamelt een apart drainagesysteem de neerslag binnen de constructie. De bijdrage door neerslag in het model is binnen de constructie op nul gezet. Buiten de constructie is wel neerslag in het model meegenomen.

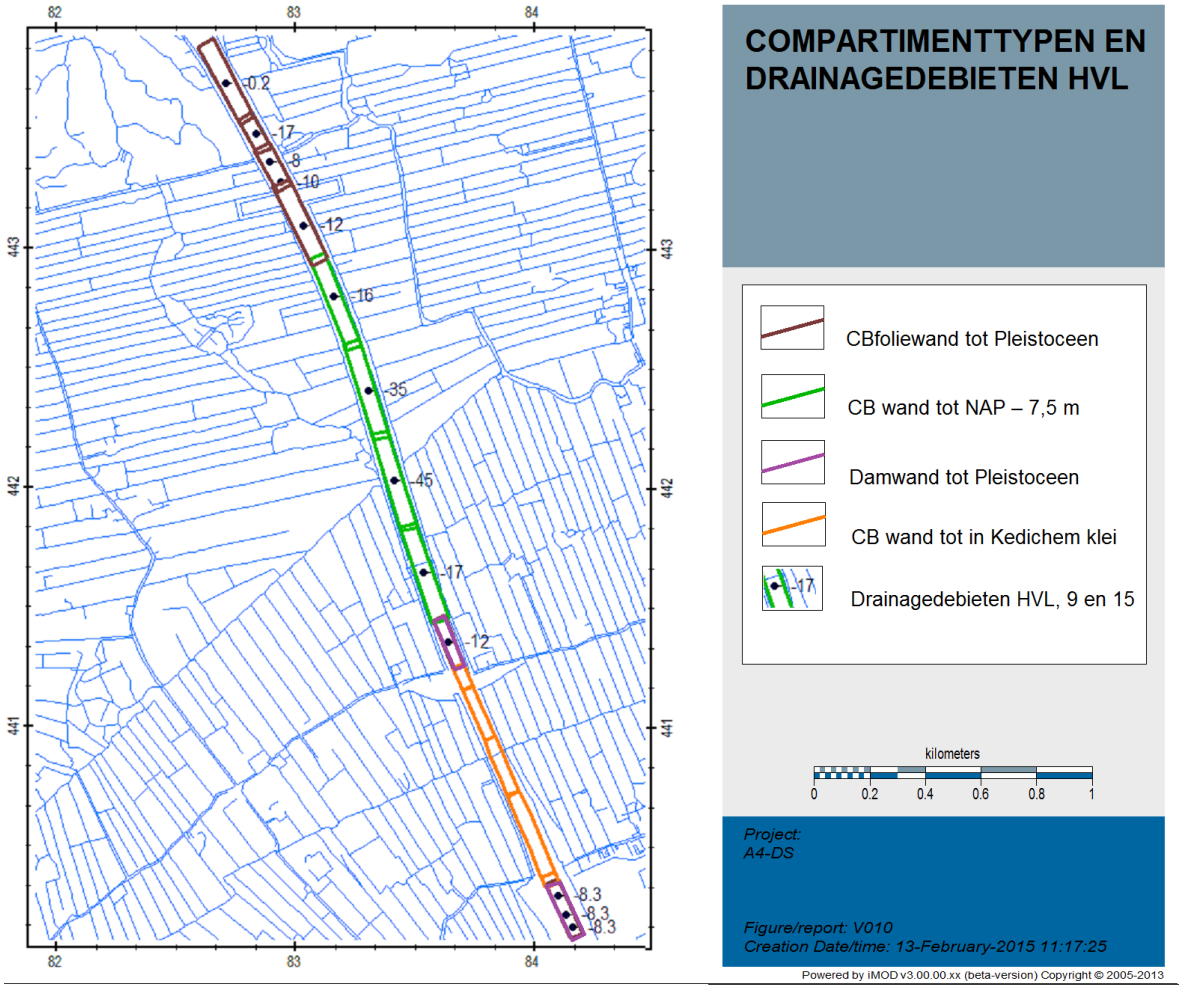
- Het aangebrachte extra oppervlaktewater langs de gehele A4 (zie detailgebied in Figuur 3.14) is gemodelleerd m.b.v. de RIV module in Modflow. Daarmee kan voeding van grondwaterhoudende lagen vanuit oppervlaktewater worden gemodelleerd. Daarbij is het polderpeil van deze regio als waterpeil aangehouden. De drainageweerstand is 1 dag en is gelijk aan de lekweerstand van de overige waterlopen in het Delflandmodel (zie hoofdstuk 4.2.1 in [Roelofsen, 2008]).

- Rondom de halfverdiepte ligging (compartimenten 1 t/m 8 en 9 en 15 overeenkomend met A4km 57,4 – 60,22 en 61,21 – 61,49) zijn damwanden of cementbentonietfoliewanden aanwezig. De diepte van de wanden varieert (zie Figuur 3.15).
  In compartimenten 1 t/m 4 staat de CB foliewand tot bovenin het pleistocene zand;
  in compartimenten 5 t/m 8 staat de CB wand tot NAP – 7,5 m;
  in compartimenten 9 en 15 staat een damwand tot bovenin het pleistocene zand.
  In Modflow is in het holocene pakket over de betreffende modellagen een wand aangebracht als Horizontal Flow Barrier met een hoge weerstandswaarde van 10.000 dagen.
  Bij dienstgebouwen 3 en 5 (compartiment 5 en 7-8) is over een korte afstand een diepere wand geplaatst; respectievelijk tot -12 m NAP en -15 m NAP. Deze zijn niet in het model opgenomen.

- De debieten van de drainage in de half verdiepte ligging zijn in het werk gemeten door A4All. Deze drainage is in het model geschematiseerd met onttrekkingsbronnen per compartiment bovenin het pleistoceen (modellaag 8) of hoger waar tussenzandlagen voorkomen. De werkelijk gemeten kweldebieten per compartiment zijn als onttrekkingen in het model opgegeven volgens onderstaande tabel (zie ook Figuur 3.15).



Figuur 3.14: Overzicht bestaande leggerwaterlopen en nieuw aangelegde watergangen rond A4 en in detail rond compartimenten 8 t/m 11.



Figuur 3.15: Overzicht typen compartimentwand en gemeten drainagedebieten voor HVL en compartiment 9 en 15.

Tabel 3.3 Gemeten drainagedebieten in HVL en compartiment 9 en 15 [bron: A4DS-W1.2-RAP-0397]

Compartiment HVL	Gemeten debiet [m^3/d]
1	0,2
2	17
3a	8
3b	10
4	12
5	16
6	35
7	45
8	17
9	12
15	25
totaal:	197,2

- Als de stijghoogte toeneemt (het ontwerppeil is gesteld op NAP -1,9 m) zal het drainagedebiet ook toenemen. Het opleggen van het debiet in het model bij de HVL betekent dat deze bij veranderende uitgangssituatie van de stijghoogte ook aangepast moet worden. Het huidige gemeten debiet geldt immers bij de huidige situatie en stijghoogte.

3.8 Modelopzet t.b.v. A4 voor tijdsafhankelijke berekeningen

Het doel van de tijdsafhankelijke berekening is om te bepalen wat het effect van de aanleg van de (half) verdiepte ligging is tijdens een droge periode op de laagste grondwaterstanden en daarmee op zettingen, maaivelddaling, opbrengstderving en wateraanvoer in droge perioden.
Om een dergelijke tijdsafhankelijke berekening correct te kunnen maken, is het model voor dit doel nader als volgt gemodificeerd:

- Polderwaterlopen zijn in het oorspronkelijke Delfland model op 25 m schaal gemodelleerd. Voor de freatische niet-stationaire berekening zijn de waterlopen verschaald naar een 5 m resolutie. Het polderpeil is ongewijzigd overgenomen.
- De niet-stationaire berekening is opgezet met een modelinvoer behorend bij een langdurig droge zomer.
- Het Hoogheemraadschap Delfland berekent de wateraanvoerbehoefte van grasland met een Sobek-model. Voor de droogste perioden in een droog jaar (2003) hanteert men een aanvoerbehoefte van 1,12 mm/dag. Het landelijk gemiddelde vochttekort is volgens het KNMI in dat jaar 1,24 mm/dag
- Als maatgevende droge periode in dit onderzoek is in overleg met het Hoogheemraadschap gekozen voor een 5% droog jaar zoals door het KNMI bepaald (zie Figuur 3.16). Het bijbehorende neerslagtekort van gemiddeld 1,74 mm/dag komt gemiddeld eens in de 20 jaar voor. Dit neerslagtekort is groter dan waar het Hoogheemraadschap mee rekent t.b.v. de wateraanvoer. De uitkomsten van deze berekening worden ook gebruikt om eventueel effect van zettingen te bepalen.

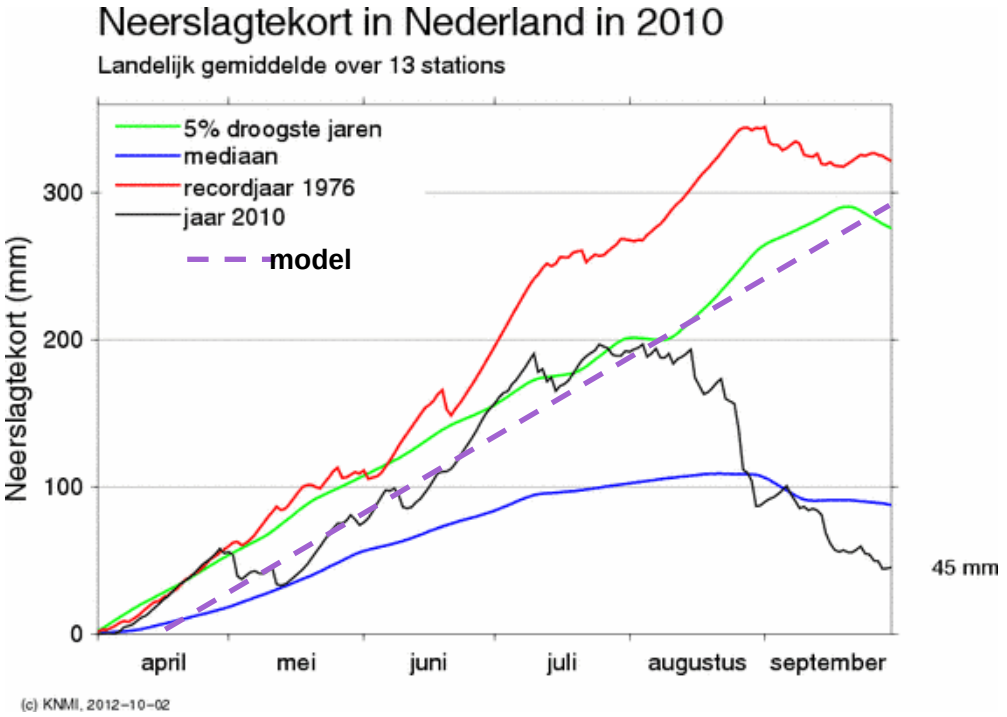
Hoogheemraadschap Delfland beschikt over data uit 2010 van de uitzakking van de freatische grondwaterstand bij hun meetpunt PB43. De modeluitkomsten worden in hoofdstuk 6 met deze reeks vergeleken.
Deze reeks dateert uit de periode voor aanleg van de nieuwe A4 Delft - Schiedam. Het meetpunt ligt op circa 1 km afstand van het wegtracé. De eerste maanden van 2010 ligt het neerslag tekort volgens data van KNMI (zie Figuur 3.16) iets onder het opgetreden neerslagtekort in het jaar 1976 waarin een droogterecord optrad. Tot halverwege augustus benadert de meetperiode 2010 het vochttekort van een 5% droog jaar.

3.9 Modelbetrouwbaarheid

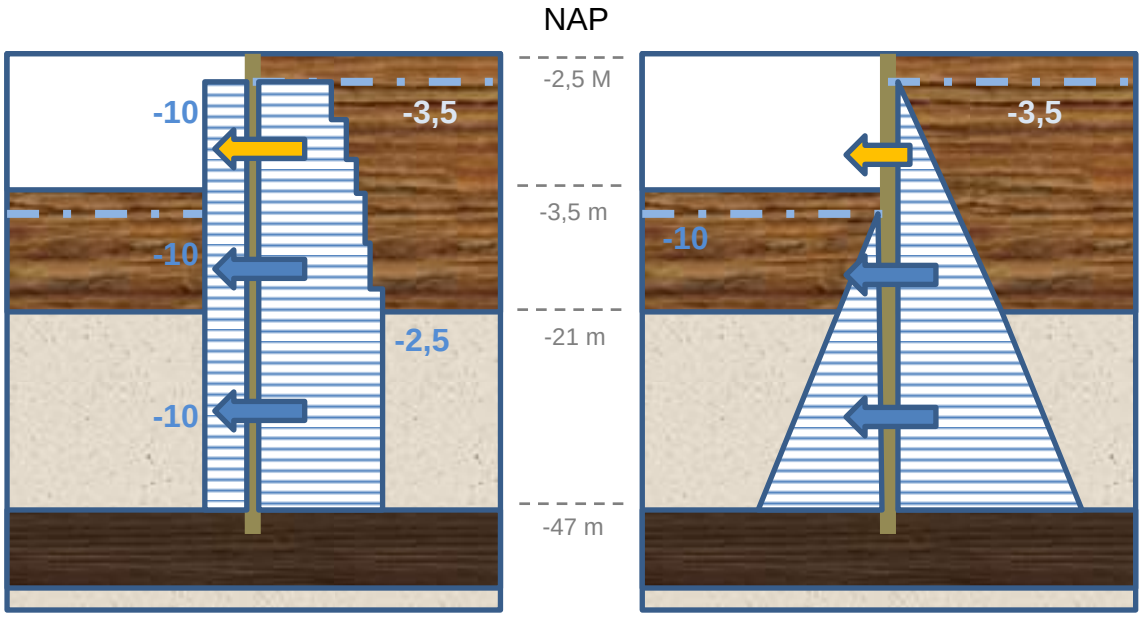
De volgende opmerkingen worden gemaakt over de betrouwbaarheid van het model:

- Het model is een geijkt grondwatermodel. Voor de resultaten van de ijking wordt verwezen naar Roelofsen, 2008.
- Er is sprake van een kleine afwijking in modelnauwkeurigheid door een verschil tussen wandlekberekening via Modflow (dat het rekenhart is van iMod) en de wandlek die in werkelijkheid optreedt. Dit verschil ontstaat, doordat het model een berekende stijghoogte aan de binnenzijde van de ontgraven CB-wanden hanteert, terwijl in werkelijkheid daar atmosferische druk heerst. Gezien de grote weerstand van de CB-wanden met stalen damwand ter hoogte van het holoceen (10000 d) is de invloed van dit verschil tussen model en werkelijkheid te verwaarlozen. De afwijking werkt bovendien in de richting van een worst case benadering (zie principeschets in Figuur 3.17).

- Ten opzichte van de totale wandlek is de fout in het debiet die met het model wordt gemaakt ten gevolge van de schematisatie en rekenwijze in Modflow niet meer dan 0,5 à 1 % teveel aan berekende lek door de wand.



Figuur 3.16: Identificatie van droogte in meetperiode 2010 ten opzichte van extremen.



Figuur 3.17: Principeschets. Links: Stijghoogteverschil over de wand in Modflow. Rechts: drukhoogteverschil over de wand in realiteit.

3.10 Aanpak van modellering van effecten door doorlatender plekken in het holoceen

In paragrafen 3.3 t/m 3.5 is de geologische en geohydrologische beschrijving gegeven inclusief mogelijk voorkomende variaties in de bodemopbouw. Naar aanleiding daarvan is aangenomen dat het deel van de VL met de tussenzandlaag in compartimenten 9/10/11 een doorlatender deel van de bodemopbouw in deze omgeving representeert. Uitgaande van de geologie van dit gebied nabij de VL kan men stellen dat dit dunne deel van het holocene dek, waar de tussenzandlaag onderin het holoceen voorkomt, zich aan beide zijden van de VL maximaal 600 m uitstrekt.
In de risicoanalyse die uitgewerkt is in hoofdstuk 7(betreffende de modellering van de mogelijke variatie in de effecten in de holocene deklaag) is nagegaan wat het effect is, als in een gebied naast de VL de weerstand van de deklaag kleiner is dan volgens de lagenschematisatie en parameterisatie is verondersteld op basis van het geijkte model op grond van beschikbare informatie.

4 Modelberekeningen naar de mogelijke oorzaak van het waterbezwaar ter plaatse van de Verdiepte Ligging

4.1 Berekeningsresultaten

De doelstelling van de eerste verkennende berekeningen was om na te gaan of met behulp van het model kon worden vastgesteld uit welke bodemlagen het opkwellende grondwater in de compartimenten afkomstig is. Het water kan horizontaal door de wanden lekken of door de bodem komen en van grotere diepte afkomstig zijn. Om dit te onderzoeken zijn variatieberekeningen gemaakt met verschillende hydraulische weerstanden van de wanden en de bodem van de compartimenten.
De berekeningen zijn gemaakt met een stationaire berekeningsmethode met het aangepaste Delfland model waarin de CB wanden als ook de drainage in de VL zijn meegenomen. De drainage in de HVL is meegenomen als onttrekkingen met vast debiet.
In overleg met betrokken partijen zijn vervolgens diverse scenario's doorgerekend om na te gaan waar de gevoeligheden liggen. Aan de hand van controle van de berekende waterbalans van de gemodelleerde bouwkuipen is een verdeling naar stromingscomponenten bepaald die klopt met het gemeten waterbezwaar van de bouwkuipen. Het grondwater kan met name naar de bouwkuipen toe kwellen door de wanden heen vanuit het eerste watervoerende pakket of door de onderliggende Kedichemklei. Vooral met de weerstanden van de CB wanden en de Kedichemklei is in de scenarioberekeningen gevarieerd.

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de uitkomsten van de diverse gemodelleerde situaties.

Tabel 4.1: Onttrekkingsdebieten in diverse situaties

Situatie	Drainagedebiet [m^3/dag]	Toelichting op bepaalde waterbalans
Gerapporteerd gemeten debiet A4all	*1.295**	*Meting in HVL en VL*
0. Gerapporteerd gemeten debiet A4all	1.026*	Meting in verdiepte ligging
1. Model: basis situatie tracé	544	14% bodem, 86% CB wand
2. Model: weerstand CB wand 25% (400 d)	1.048	7% bodem, 93% CB wand
3. Model: weerstand Kedichem 25% (1000 d)	839	41% bodem, 59% CB wand
4. Variant: gat Kedichem (30x30)	1.039	47% bodem, 53% CB wand
5. Variant: gat in CB wand (WVP1, 5x5 m)	2.328	3 % bodem, 97% CB wand

** bron: rapportage A4all oktober 2014*

4.2 Analyse van de modelstudie naar verdeling van debiet over constructiedelen

De volgende bevindingen zijn afgeleid uit de variatieberekeningen:

- Met het als basis gebruikte Delfland grondwatermodel en de invoer volgens opgave van A4All zijn de compartimenten van de VL gemodelleerd (situatie 1). Daarbij is een kweldebiet berekend van 544 m^3/dag. Dit is 50% van het in praktijk gemeten drainagedebiet.

- Om het gemeten debiet van 1026 m^3/dag met het model na te bootsen, zijn aanpassingen in de doorlatendheden van CB wand en Kedichem doorgevoerd. Er zijn uitersten berekend (nagenoeg al het grondwater stroomt door de wand toe, versus nagenoeg al het grondwater stroomt door de vloer toe). Daarmee is nagegaan wat de mogelijke grenzen in de parameterwaarden zijn:

- Een afname tot 25% van de weerstand van alle CB wanden (in het gebruikte model is deze verkleind tot 400 i.p.v. de initiële waarde van 1600 dagen) levert een verdubbeling van de kweldebieten door de wanden (situatie 2). De bouwputdrainage in het model draineert dan ongeveer het in de praktijk gemeten debiet.[2]
- Een reductie van de weerstand van de Kedichemklei in een zone ter plekke van en rondom het tracé tot 1000 dagen (=25% van het origineel) levert 82% van het gemeten drainagedebiet (situatie 3).

De werkelijkheid zal uiteraard bestaan uit een (minder extreme) combinatie van de gemodelleerde situaties.

- Naast vermelde situaties 2 en 3 zijn 2 bijzondere situaties doorgerekend als variant.
  - In een zone van 30x30m^2 is de weerstand van de Kedichem kleilaag onder compartimenten 12 en 13 sterk verlaagd (naar 20 dagen) om een lek in de vloer te simuleren. In die berekeningsvariant (situatie 4) benadert het drainagedebiet de werkelijk gemeten hoeveelheid: 1039 m^3/dag.
  - In de volgende berekeningsvariant (situatie 5) is op één plek in de wand in het model een lek gemaakt over 5x5 m^2 (modelschaal). Hierdoor ontstaat direct kortsluiting tussen de gedraineerde compartimenten en WVP1 met grote debieten tot gevolg. Het model berekent nu een drainagedebiet dat 2 keer zo groot is dan in praktijk wordt gemeten. Door halvering van het gat zal waarschijnlijk een beter bij de praktijk passende situatie worden bepaald.
    Hieruit concluderen we dat meerdere onvolkomenheden in de damwand in theorie het gemeten debiet kunnen veroorzaken.

Op basis van bovenstaande is geen eenduidige herkomst van het uit de compartimenten gedraineerde grondwater vast te stellen. Wel zijn nu de gevoeligheden bekend ten aanzien van parametervariatie bij de bepaling van de verdeling naar verschillende componenten in de herkomst van het kwelwater in de compartimenten.

4.3 Analyse van de verdeling van debiet over constructiedelen met andere methoden

Omdat alleen op basis van het kwelbezwaar van de compartimenten modelberekeningen niet leidden tot een definitief oordeel over de herkomst van het kwelwater, waren meer meetdata nodig. Er zijn andere meetdata uit het veld gezocht om duidelijkheid te krijgen welke beschouwde modelsituaties realistisch zijn.
A4All heeft waterkwaliteitsmetingen uitgevoerd op het grondwater in WVP1, in WVP2 rond de compartimenten en van het via de ontlastbronnen opkwellende water in de compartimenten van de VL. De samenstelling van het opkwellende water in de VL lijkt sterk op de waterkwaliteit in WVP1. Op basis van deze chemische analyse concludeert A4All dat het uit de compartimenten gedraineerde grondwater hoofdzakelijk door de wand de constructie in komt (gemiddeld 84%) en in veel mindere mate door de Kedichemklei heen kwelt.

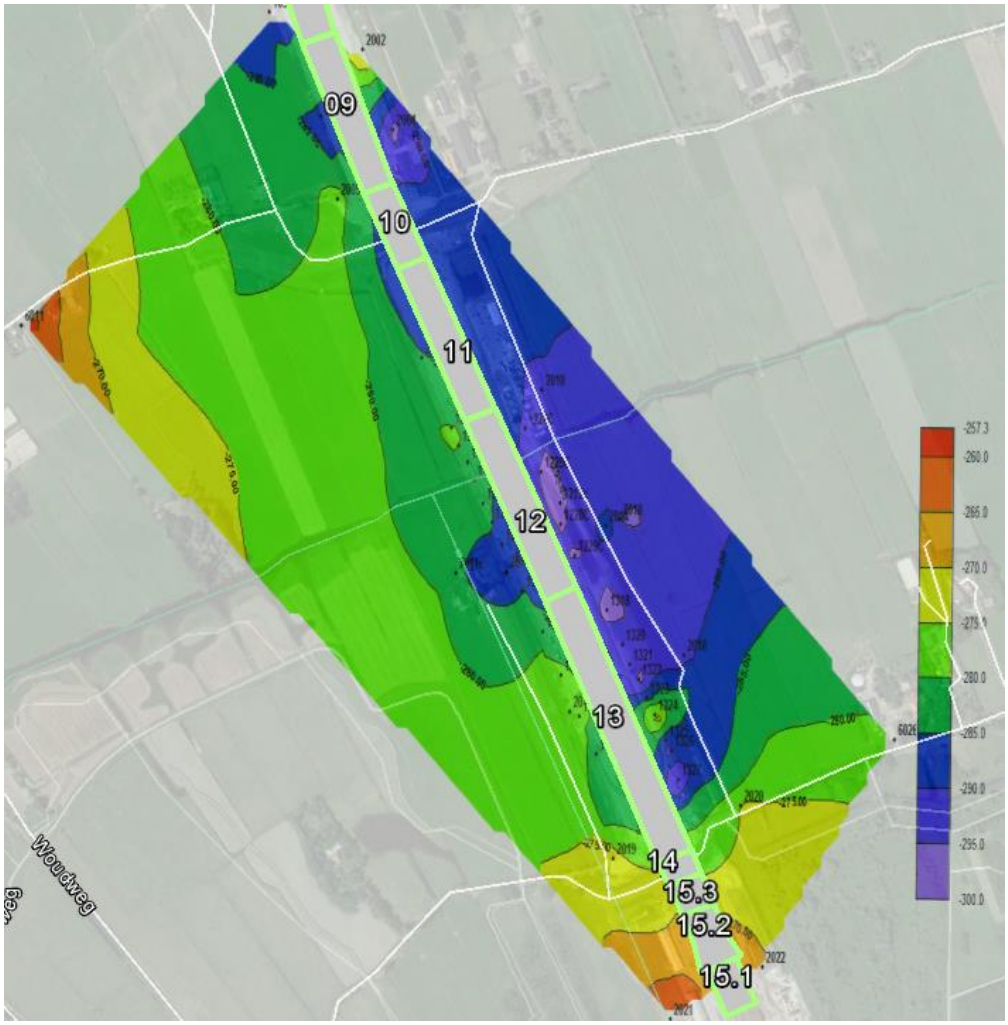
[2] *De in het model aangehouden wandweerstand is niet volledig het zelfde als de in werkelijkheid aanwezige wandweerstand. Aangezien het model uitgaat van een discretisatie van de rechte wand naar vierkante cellen is de wandomtrek in het model ongeveer 1,5 keer groter dan in werkelijkheid. Om hetzelfde drainagedebiet op te leveren moet de* rekenweerstand *ook 1,5 groter worden. Het model gebruikt een rekenweerstand van 400 dagen wat vergelijkbaar is met een werkelijke weerstand van circa 250 dagen. Aangezien het totale debiet als ijkpunt dient, is het verschil in wandomtrek of wandweerstand met de praktijk voor de beschouwing van de toestroming geen bijzonder punt van aandacht. De verhouding tussen wandweerstand en wandomtrek is gelijk.*

4.4 Conclusie over mogelijke herkomst van het kwelwater in VL en realistisch model

Op basis van de beschouwde varianten, het door A4all uitgevoerde onderzoek naar de oorzaak van de verhoogde debieten en de studie van de waterkwaliteit door A4All is afgeleid dat de modellering volgens situatie 2 met een sterk gereduceerde wandweerstand als het meest waarschijnlijke mechanisme voor de optredende kwel geldt. Omdat in die situatie het uit de compartimenten gedraineerde grondwater voor 93 % afkomstig is uit WVP1 (metingen: gemiddeld 84%) is deze situatie tegelijk ook de 'worst case' situatie voor de bepaling van de verlaging van de freatische grondwaterstand en de effecten in de omgeving.

4.5 Vergelijking van berekende stijghoogten met waarnemingen in WVP1

Door A4All zijn drukopnemers geplaatst in meerdere filters in WVP 1 om de stijghoogte buiten de constructie te meten. Figuur 4.1 laat het geïnterpoleerd beeld van de stijghoogteverdeling in WVP1 zien dat is gemeten op 29/10/2014.

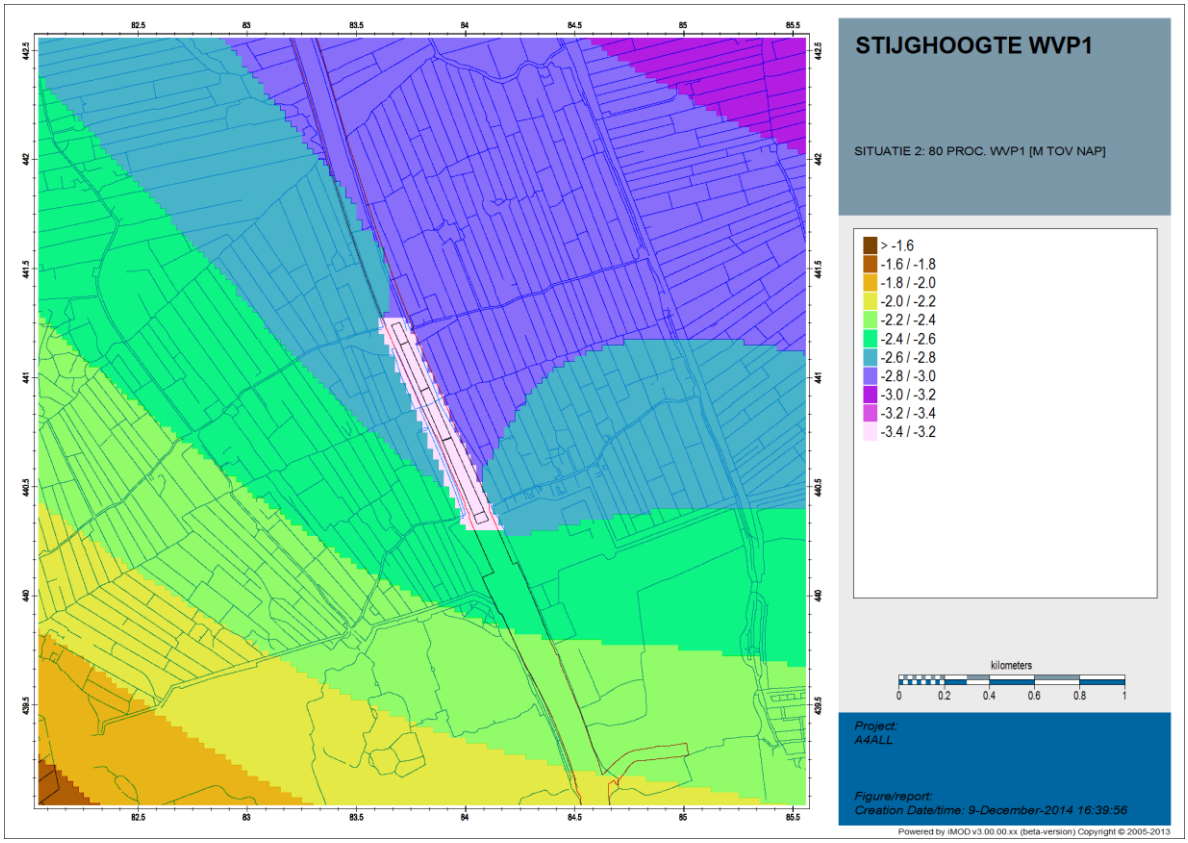


Figuur 4.1: geïnterpoleerd gemeten stijghoogtepatroon WVP 1 op 29 oktober 2014 (in cm t.o.v. NAP volgens interpolatie van metingen door A4All t.p.v. monitoringpunten die in de figuur zijn aangegeven)

Op basis van de grondwaterstandsverschillen kan worden vastgesteld dat de globale stromingsrichting noord-oostelijk is. Verder valt op dat het stijghoogtepatroon rond de wanden van de VL grillig is. Ook andere meetmomenten in het jaar, waaronder de nulmetingen van de peilbuizen, laten deze grilligheid zien. Alle geplaatste peilbuizen en geïnstalleerde divers zijn door

A4All nagemeten, gecontroleerd en correct bevonden. De grilligheid van het stijghoogtepatroon langs de wanden wijst op ruimtelijke variatie in lokale grondwaterstanden en stroming, mogelijk veroorzaakt door lokale grotere doorlatendheid van de CB wanden.

Figuur 4.2 laat de stijghoogten zien die zijn berekend met het grondwatermodel. Het weergegeven stijghoogtebeeld is berekend met het model van situatie 2, het scenario met de CB-wanden waarvoor de ontwerpwaarde van de wandweerstand tot 25% is gereduceerd. Duidelijk is te zien dat de regionale stroming in noord-oostelijke richting plaatsvindt en dat sprake is van een stuwende werking van de wanden rond A4-VL.
De gemodelleerde stijghoogte in WVP1 is vergeleken met de gemeten waarden in Figuur 4.1. Het model is gebaseerd op een gemiddelde van een langjarige meetreeks, de metingen zijn absoluut. Door variaties in jaren en seizoenen kunnen verschillen op treden
Ten westen van compartiment 12 berekent het model daar een stijghoogte van NAP - 2,62 m waar volgens de geïnterpoleerde metingen de isohypse van -2,75 m NAP ligt. En dergelijk verschil tussen metingen en een model in een WVP is niet groot. Tussen de isohypse van NAP – 2,80 m en – 2,75 m in Figuur 4.1 ligt ongeveer 200 m. Een zelfde gradiënt van 5 cm stijghoogteverschil over 200 m afstand treffen we ook aan in de berekende stijghoogteverdeling volgens situatie 2. In de metingen staan de isohypsen aan de oostzijde bijna haaks op de VL. Een zelfde patroon zien we terug in de berekende waarden.
Ondanks het grillige patroon van de metingen lijken de beelden in grote lijnen op elkaar.

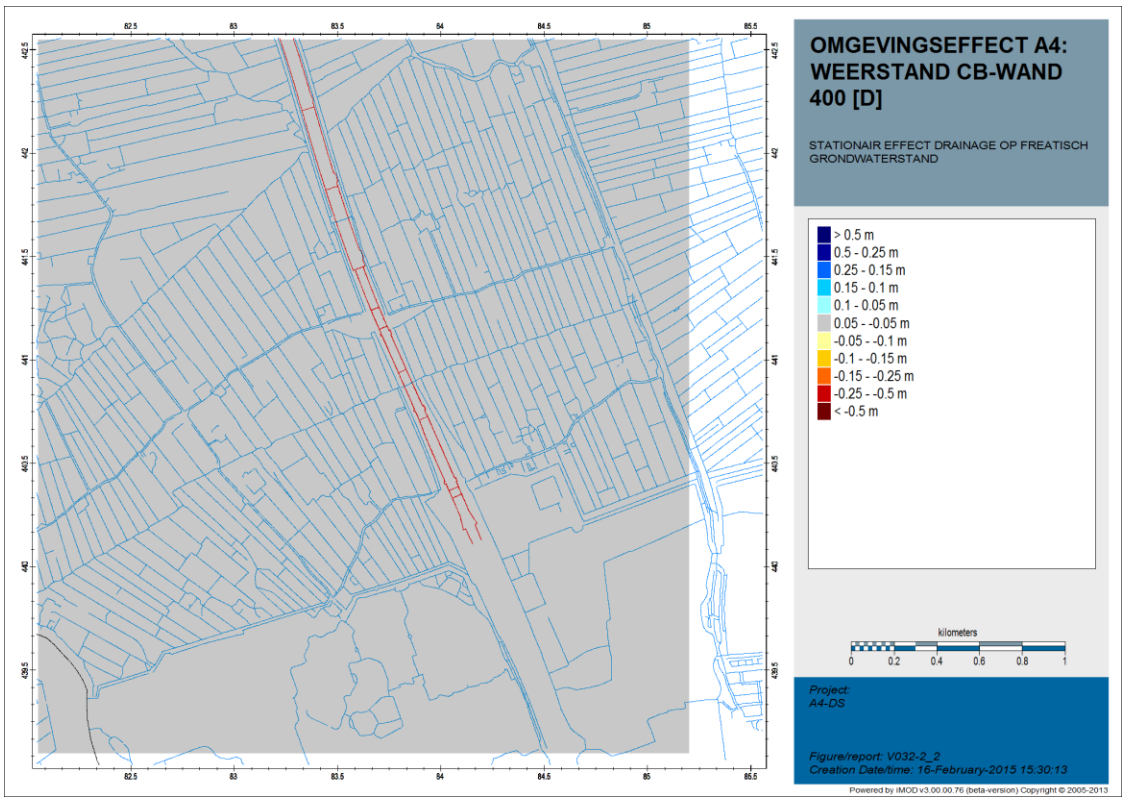


Figuur 4.2: gemodelleerd stijghoogtepatroon WVP 1 voor situatie 2 (weerstand CB wand in model 400 dagen, stationaire berekening) [rood: systeemgrens A4]

5 Stationaire berekening van omgevingseffect van A4 D-S

5.1 Verlaging van grondwaterstand buiten de constructie

Door middel van een stationaire berekening met het model zijn allereerst de gemiddeld optredende omgevingseffecten door de drainage in de VL en HVL bepaald. Het model van Situatie 2 is op basis van de huidige inzichten de meest waarschijnlijke werkelijke situatie. Omdat het meeste lekwater daarbij uit WVP1 afkomstig is, representeert deze modellering bovendien de 'worst case' situatie bij de bepaling van effecten in het ondiepe grondwater. De berekende omgevingseffecten voor de verschillende watervoerende pakketten zijn weergegeven in Figuur 5.1 t/m Figuur 5.4.

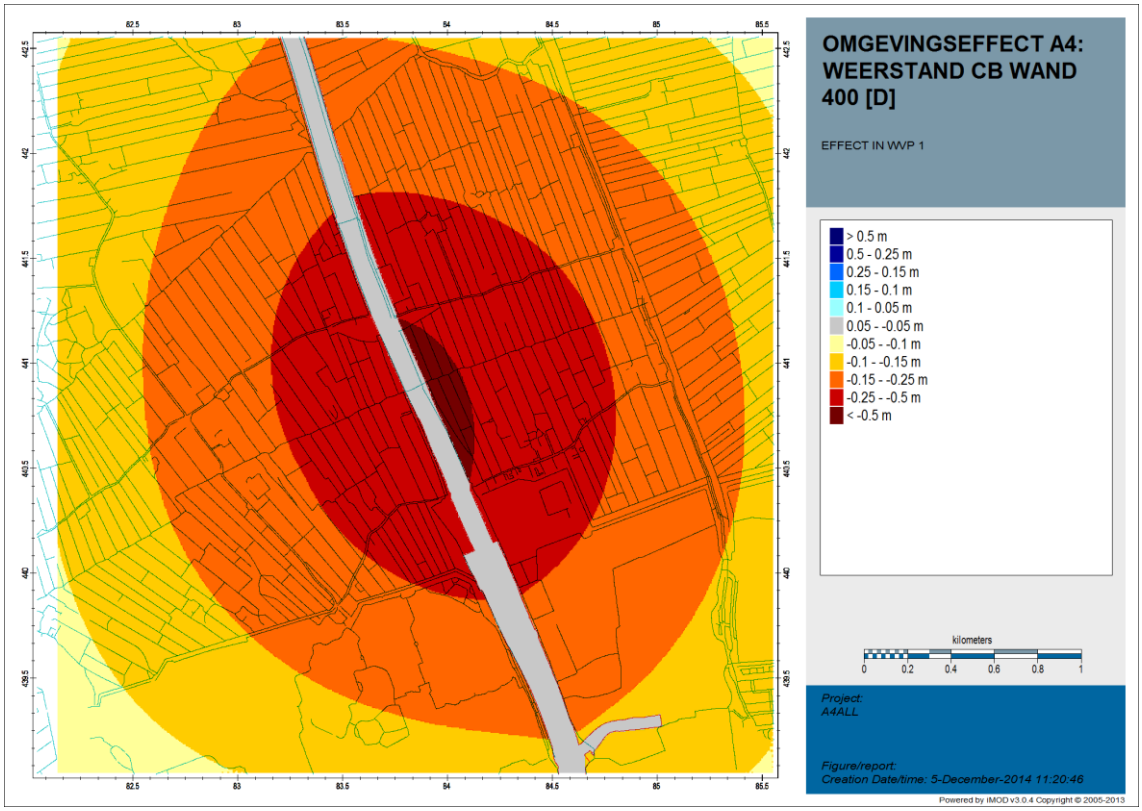


Figuur 5.1: Berekende stationaire effect van kwel in de HVL en VL op de freatische grondwaterstand. Model situatie 2 [rood: compartimenten A4]

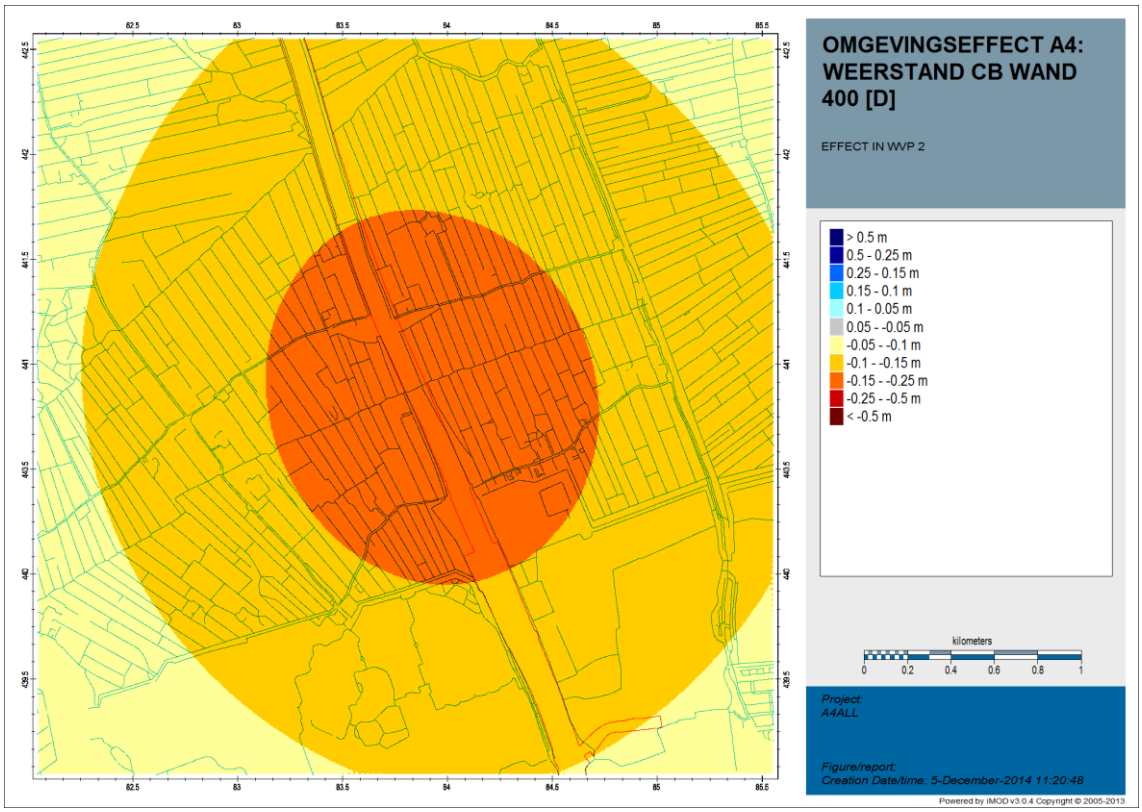
Volgens de *stationaire* modelberekening voor situatie 2 is het effect van de kwel in de HVL en VL op de freatische grondwaterstand kleiner dan de ondergrens van 5 cm (zie Figuur 5.1). Dit hangt samen met het feit dat de freatische grondwaterstand in de stationaire/gemiddelde situatie sterk wordt bepaald door het oppervlaktewater en het neerslagoverschot.

In deze modelberekening is alleen het effect beschouwd van drainage richting de HVL en VL. Door de aanleg van nieuwe watergangen wordt in de stationaire situatie (neerslagoverschot) de opbolling van de grondwaterstand tussen watergangen verminderd. Het water kan door het extra oppervlaktewater namelijk sneller afstromen. In het gebied met de nieuwe watergangen daalt in deze situatie de freatische grondwaterstand. Dit effect is in Figuur 5.1 niet meegenomen.

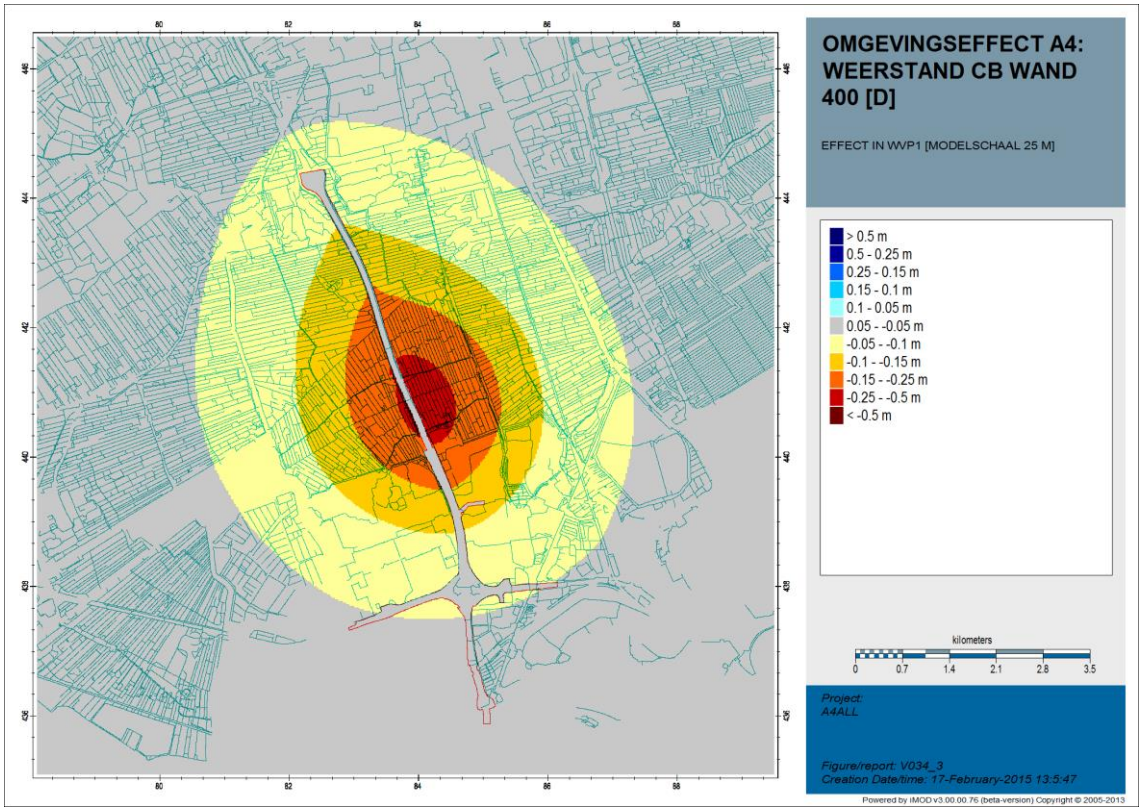
Hoofdstuk 6 gaat verder in op de freatische effecten bij een niet-stationaire modellering van een langdurig droge zomer. Dat is de situatie waarbij het effect van drainage in de HVL en VL maximaal doorwerkt op de freatische grondwaterstand.



Figuur 5.2: Berekende verlaging WVP1 rond de VL voor modelsituatie 2 [5 m modelgebied, rood: systeemgrens A4]



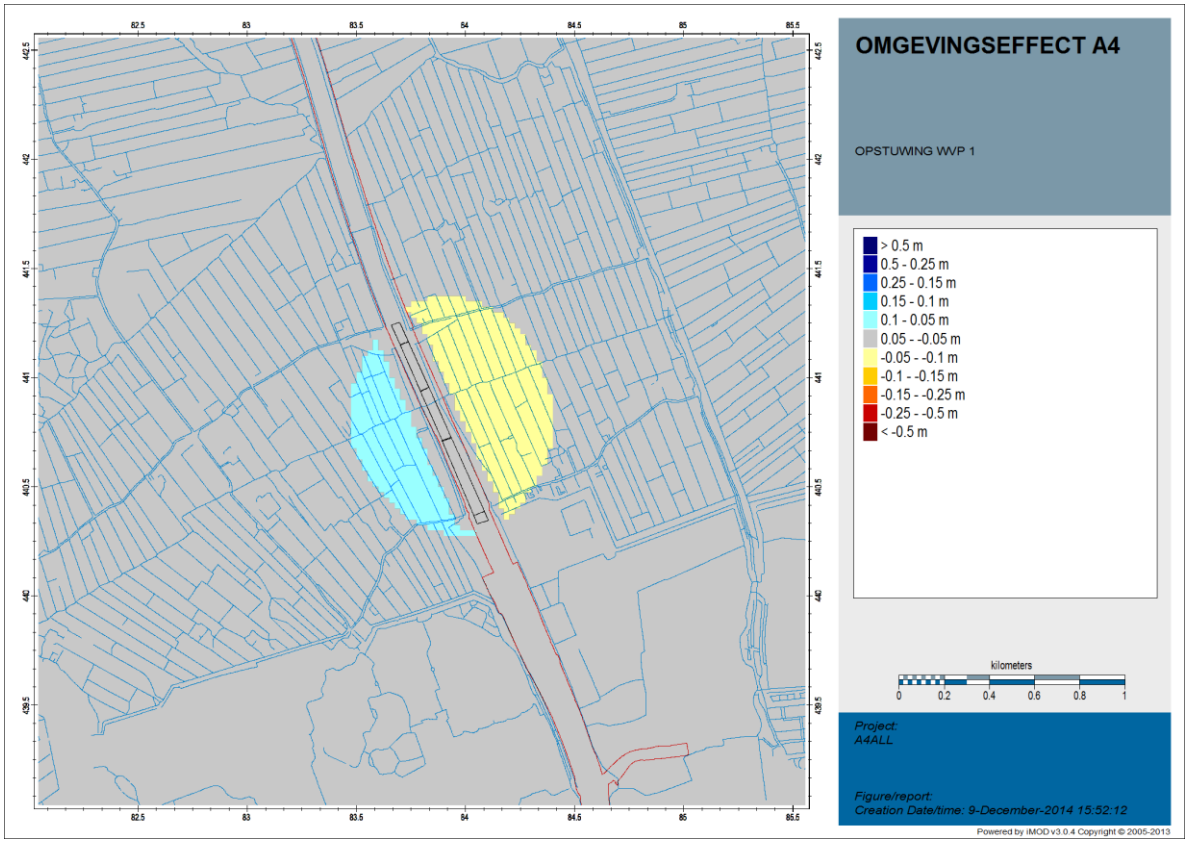
Figuur 5.3: Berekende verlaging WVP2 rond de VL voor modelsituatie 2 [5 m modelgebied, rood: systeemgrens A4]



Figuur 5.4: Berekende verlaging in WVP1 rond VL en HVL voor modelsituatie 2 inclusief verlagingscontour van 5 cm [25 m modelgebied, rood: systeemgrens A4]

Figuur 5.4 geeft het resultaat weer van een berekening op regionale schaal (met een model met 25 m celgrootte) van het effect van de VL en half verdiepte ligging. De invloedslijn met circa 5 cm verlaging van de grondwaterstijghoogte in het pleistocene watervoerende pakket reikt ongeveer van de aansluiting van de A4 met de Kruithuisweg tot het verkeersplein A20. De isoverlagingslijn van de invloedszone in het eerste watervoerende pakket met een verlaging van 5 cm bevindt zich op maximaal circa 3,2 km afstand van de VL.

In de berekende verlaging in WVP1 (Figuur 5.2 en Figuur 5.4) werkt ook het effect van de barrièrewerking door. Het separate effect van de barrièrewerking is aangegeven in Figuur 5.5. De barrièrewerking leidt tot een stijghoogtetoename aan westelijke zijde van circa 5 cm en een stijghoogteverlaging aan oostelijke zijde van circa 5 cm. Dit effect doet zich alleen voor over de lengte van de VL. De isoverhogingslijn van 5 cm grondwaterstandsverandering bevindt zich aan westelijke zijde volgens de stationaire modelberekening gemiddeld genomen op maximaal circa 400 m afstand van de VL en de isoverlagingslijn van 5 cm grondwaterstandsverandering bevindt zich aan oostelijke zijde op maximaal circa 550 m afstand van de VL. Dit effect is dus kleiner dan de berekende verlaging ten gevolge van de kwel naar de bouwkuipen.



Figuur 5.5: Effect van de barrièrewerking van de VL op de opstuwing en verlaging van stijghoogte in WVP1

5.2 Effect van de A4 op de waterbalans

De invloed van kwel in de compartimenten op de freatische grondwaterstand is klein, minder dan 5 cm. Daarom dient de vraag te worden beantwoord waar het grondwater dat naar de compartimenten toestroomt voornamelijk vandaan komt.

Belangrijk gegeven is dat in het gebied rond de A4 hoofdzakelijk een kwelsituatie heerst, zowel in de situatie zonder als met de A4 (zie paragraaf 3.2). Grondwater stroomt vanuit het watervoerend pakket omhoog naar het ondiepe grondwatersysteem. De aanleg van de A4 verlaagt de stijghoogte in het watervoerend pakket met als gevolg een verlaging van de kwelstroom richting de polder.

De totale afvoer van kwelwater over het A4 tracé bedraagt 1187,7 m^3/dag (november 2014). Om antwoord te kunnen geven op de vraag wat de herkomst is van het water is op basis van de modelresultaten op verschillende schaalniveaus (van de omliggende polder tot heel Delfland) een stationaire waterbalans opgesteld. De waterbalans dient gesloten te zijn. De afvoer van het kweldebiet vanuit de HVL en VL wordt in de omgeving als volgt gecompenseerd.

- Het tracé ligt voor het grootste deel in de Holierhoekse polder (3,5 x 3,0 km^2). Voor dat gebied is berekend dat er netto circa 300 m^3/dag minder wordt afgevoerd via de waterlopen en het drainagesysteem. De hoeveelheid kwel naar de polder neemt af.
- Voor een schaalniveau hoger, het gehele beheergebied van Delfland, wordt netto een verminderde afvoer vanuit het topsysteem berekend van circa 900 m^3/dag. Daarmee is de waterbalans bijna sluitend.
- Het resterende debiet is afkomstig van het topsysteem van omliggende waterschappen en deels uit de vaste randen van de Nieuwe Waterweg en in mindere mate de Noordzee.

Bovenstaande waterbalansen zijn berekend voor een stationaire situatie met een neerslagoverschot. In werkelijkheid met een winter- en zomerdynamiek zal het aandeel water dat vanuit de (freatische) berging afkomstig is, groter zijn. Daardoor zal het gebied waarvandaan het in de verdiepte wegligging opkwellende grondwater afkomstig is, kleiner zijn. Uitgaande van een dynamisch systeem is de verwachting dat in realiteit (anders dan in de met het model berekende 900 m^3/dag) vrijwel al het kwelwater in de VL en HVL afkomstig zal zijn uit het beheersgebied van het Hoogheemraadschap.

5.3 Effect van de A4 op het waterbeheer

De hoeveelheid kwelwater richting het A4 tracé bedraagt 1187 m^3/dag en komt in mindering op de waterbalans van het beheersgebied van Delfland. Voor de beschouwing van de gevolgen daarvan op het waterbeheer in Delfland onderscheiden we twee perioden: een winterperiode met gemiddeld gesproken een neerslagoverschot en waterafvoer, en een zomerperiode met neerslagtekort en wateraanvoer.

De kwelstroom naar de HVL en VL is een debiet het gebied uit. In de winterperiode met een neerslagoverschot en waterafvoer hoeft deze hoeveelheid minder te worden uitgeslagen uit de polders. In een droge zomerperiode met een neerslagtekort en wateraanvoer zal dit debiet in principe extra moeten worden ingelaten om de kwel richting de HVL en VL te compenseren. Overigens is de verhouding tussen de hoeveelheid kwel naar het tracé en het totale bemalingsdebiet van Delfland (76 miljoen m^3 in 1996 volgens referentie [2]) zo klein dat de datum waarop wordt overgegaan op het inlaten van water niet zal worden beïnvloed. Oftewel de periode van uitlaten en inlaten veranderen hierdoor niet.

Bij de analyses in dit rapport gaan we uit van het kweldebiet uit november 2014 (1187 m^3/dag). In bovenstaande alinea wordt echter gesproken over debieten in de winter en de zomer. In dat licht kan men zich afvragen wat een maximaal en een minimum debiet zou zijn in gemiddeld jaar. In de volgende alinea volgt een eerste orde inschatting van dergelijke debieten.

De stijghoogte in het watervoerend pakket bepaalt de grootte van het debiet naar de HLV en VL. Daarom zijn gemeten stijghoogtes in de omgeving van het tracé geanalyseerd. Daaruit is afgeleid wat de gemiddelde stijghoogte een droge en in een natte periode zou kunnen zijn. Op basis van de beschikbare gegevens is afgeleid dat in een zomerperiode stijghoogte gemiddeld 7,5 cm lager is dan in november 2014. De stijghoogte in de winterperiode wordt geschat op gemiddeld 32,5 cm hoger dan in november 2014. Bijbehorende debieten zijn berekend met dezelfde methodiek als in paragraaf 7.4 is gebruikt om een maximaal debiet af te leiden uit de debieten van november 2014. De conclusies uit de berekening van de waterbalans in genoemde situaties zijn als volgt:

- In de winterperiode van een gemiddeld jaar is de kwel richting de HVL en VL circa 1266 m^3/dag. Dezelfde hoeveelheid oppervlaktewater hoeft minder te worden afgevoerd uit het waterschap om het peil in de polders constant te houden. Het debiet bij het tracé is klein t.o.v. de bemalingsdebieten in Delfland (< 1%).
- De extra benodigde inlaat van oppervlaktewater tijdens de zomerperiode van een gemiddeld jaar bedraagt circa 1169 m^3/dag. Dit is de extra benodigde inlaat per dag in de zomerperiode waarbij water moet worden ingelaten in het totale beheersgebied.

Over verlagingseffecten wordt nader gerapporteerd in hoofdstuk 6.

5.4 Conclusies over de omvang van het invloedsgebied van de drainage van kwelwater in de VL en de herkomst van het toestromend grondwater

De conclusie uit de uitgevoerde stationaire berekeningen met het Delflandmodel is als volgt:

- Het gebied met een gemiddelde invloed op de stijghoogte in het pleistocene watervoerende pakket (WVP1) door een verandering van 10 cm of meer, strekt zich volgens een worst case berekening uit tot een afstand van circa 2 km van het tracé. De isoverlagingslijn van 5 cm (die meestal wordt aangehouden als de begrenzing van het invloedsgebied) in het WVP1 bevindt zich op een afstand van circa 3,2 km van het tracé.
- Volgens de stationaire modelberekening voor situatie 2 is de verlaging van de freatische grondwaterstand ten gevolge van kwel in de HVL en VL kleiner dan 5 cm. Dit hangt samen met het feit dat de freatische grondwaterstand sterk wordt bepaald door het oppervlaktewater.
- Op basis van een analyse van de waterbalans is de verwachting dat de hoeveelheid kwelwater uit de HVL en VL afkomstig zal zijn uit het beheersgebied van Delfland.
  Dat betekent dat in een gemiddelde winterperiode met neerslagoverschot het Hoogheemraadschap minder water zal hoeven uitslaan uit de polders. In een gemiddelde zomerperiode met een neerslagtekort en wateraanvoer zal extra water moeten worden ingelaten om de (grond)waterpeilen gelijk te houden.

6 Tijdsafhankelijke berekeningen van freatische effecten

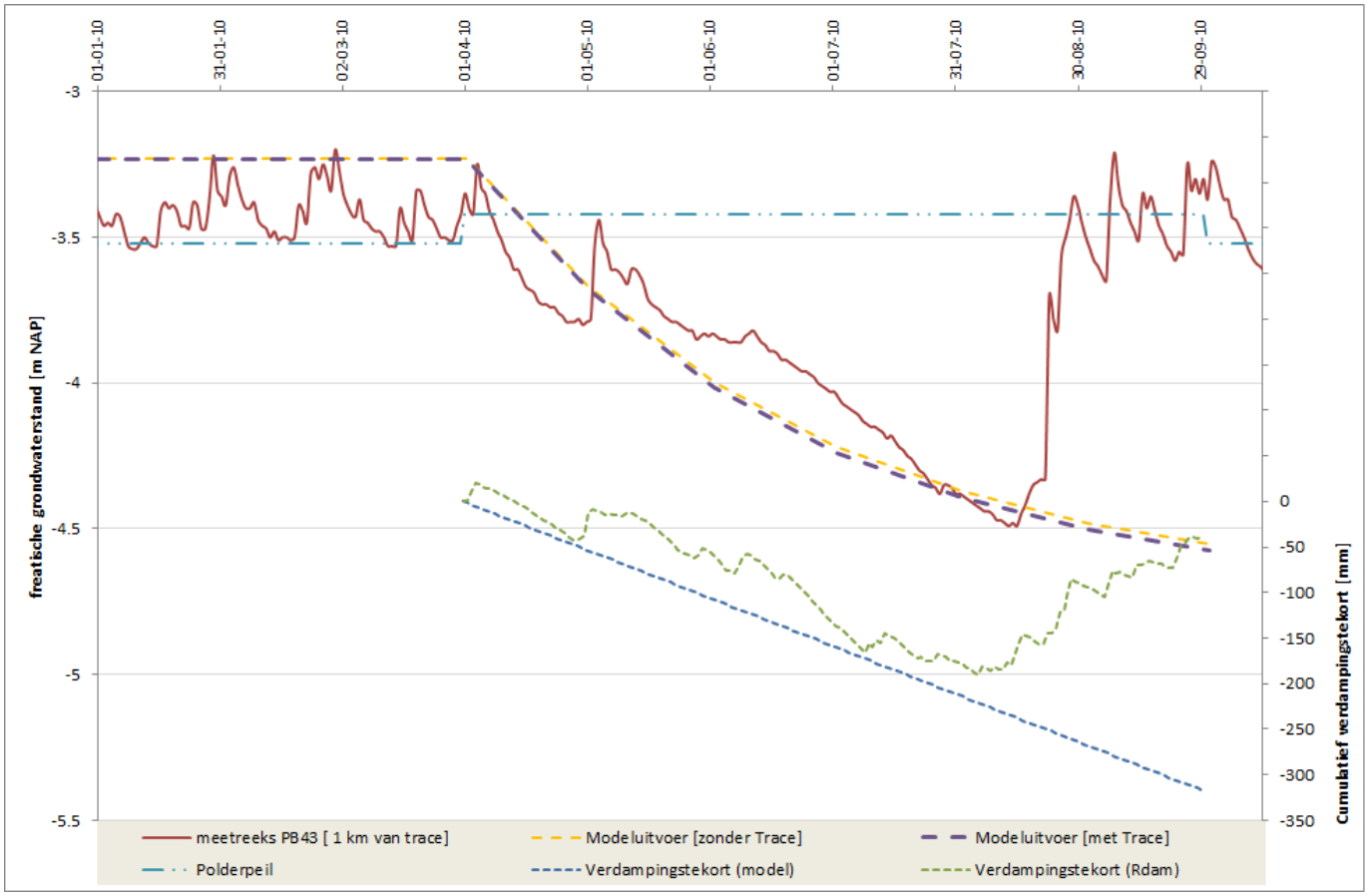
Zoals hiervoor is aangegeven is het van belang om met name het eventuele effect van de verlaagde stijghoogte in het pleistocene watervoerend pakket te bepalen op het uitzakken van de freatische grondwaterstand in droge periodes. Dit effect wil men nagaan in verband met mogelijk benodigde inlaat van oppervlaktewater en om na te gaan of omgevingseffecten optreden zoals verlaging en zettingen.
Met een tijdsafhankelijke berekening met het grondwatermodel is een ‘worst case’ situatie doorgerekend: een lange periode met een groot neerslagtekort die eens in de 20 jaar voorkomt (zie voor de modelinvoer paragraaf 3.8). De grondwaterstand zal daardoor uitzakken en ten gevolge daarvan zal aanvulling vanuit het oppervlaktewater toenemen. Voor de berekeningen is uitgegaan dat een droge periode optreedt van 1 maart tot 1 oktober.

6.1 Controle van uitzakking van de freatische grondwaterstand in een droog jaar in een tijdsafhankelijk model

Het gevraagde beeld van het uitzakkingsverloop is gemodelleerd op basis van de eerder beschreven invoer voor een langdurig droge zomer (eens per 20 jaar) dat nat begint maar vanaf 1 april 12 maanden droogte simuleert. Dit is gedaan om de werking van het systeem te kunnen verklaren. Het model is gemaakt met 5 m resolutie met gedetailleerde invoer over de locatie van oppervlaktewater waardoor de bij het meetpunt berekende grondwaterstand niet onnodig aan het oppervlaktewater ‘hangt’.
Om na te gaan of het tijdsafhankelijk model de werkelijkheid goed representeert, zijn de meetresultaten van een controlepunt van het Hoogheemraadschap beschouwd. Het betreft peilbuis PB43 (zie Figuur 6.1). Het berekende verloop van de freatische grondwaterstand voor dit punt in een droog jaar is uitgezet naast het verloop dat in 2010 is gemeten.

Figuur 6.1: Locatie van controlepunt peilbuis PB43

De geregistreerde grondwaterstand van peilbuis PB43 is aangegeven in Figuur 6.2. De eerste helft van 2010 was redelijk droog. Te zien is dat de gemeten reeks sneller uitzakt dan de gemodelleerde grondwaterstand. Dat is deels te verklaren doordat het verdampingstekort in die eerste weken hoger is dan in het model. Uiteraard zullen de lokale omstandigheden (o.a. doorlatendheid van de toplaag, bergingscoëfficiënt) anders zijn dan waar het grondwatermodel vanuit gaat. Anderzijds begint de berekende lijn wel vrij hoog omdat in de berekening is uitgegaan van een nat voorjaar.
De berekende daling van de freatische grondwaterstand is veel vloeiender dan de metingen omdat in het model in de droge periode geen tussentijdse aanvulling door neerslag is meegenomen. Rekening houdend met de hoge start van het uitzakkingsverloop is het verschil tussen metingen en berekening op 1 augustus kleiner dan 5 cm.
Op 1 oktober heeft de modelberekening nog geen evenwicht bereikt. In het model, dat na 1 oktober nog een paar maanden droogte simuleert, zakt de gemodelleerde grondwaterstand nog verder uit. In werkelijkheid zal de grondwaterstand na oktober niet veel verder uitzakken omdat daarna nieuwe aanvulling plaats zal vinden vanuit de neerslag.



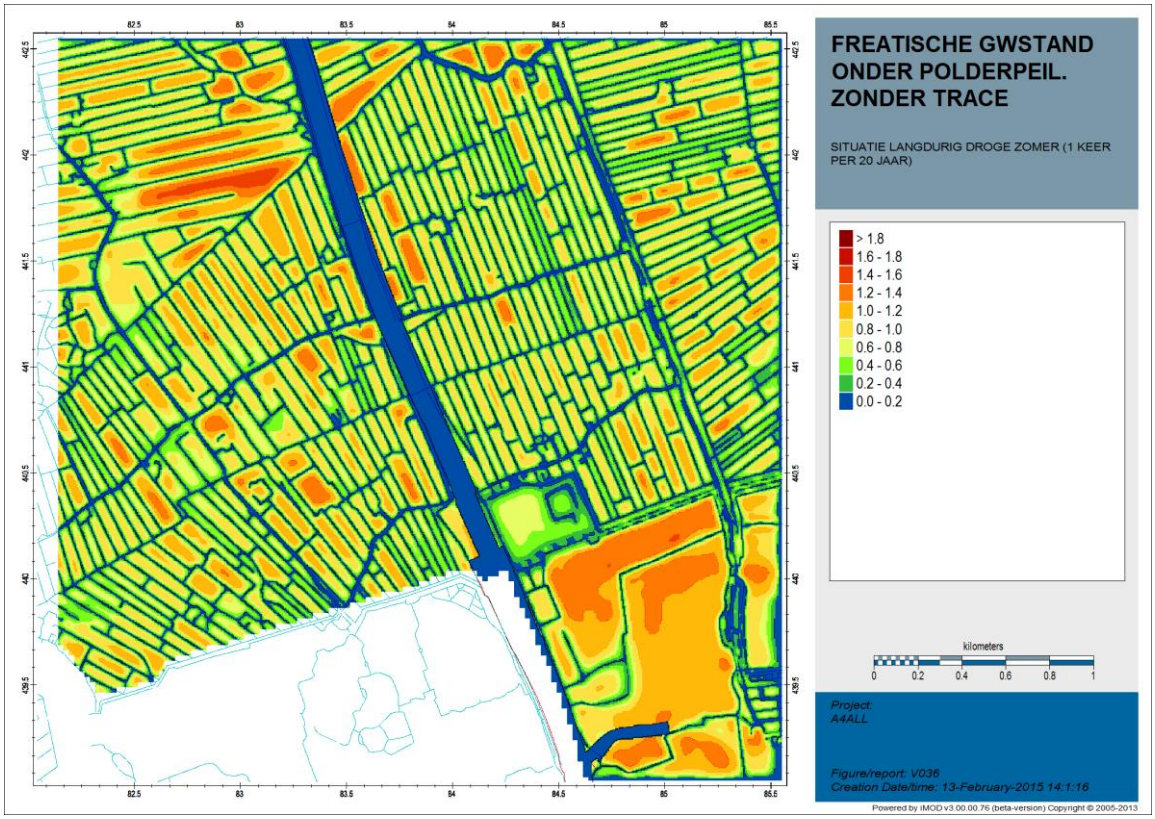
Figuur 6.2: Verloop freatische grondwaterstand in buis PB43 en de berekende reeks tijdens een 5% droog jaar met een tijdsafhankelijk model

6.2 Uitzakken freatische grondwaterstand in een langdurig droge zomer (eens per 20 jaar)

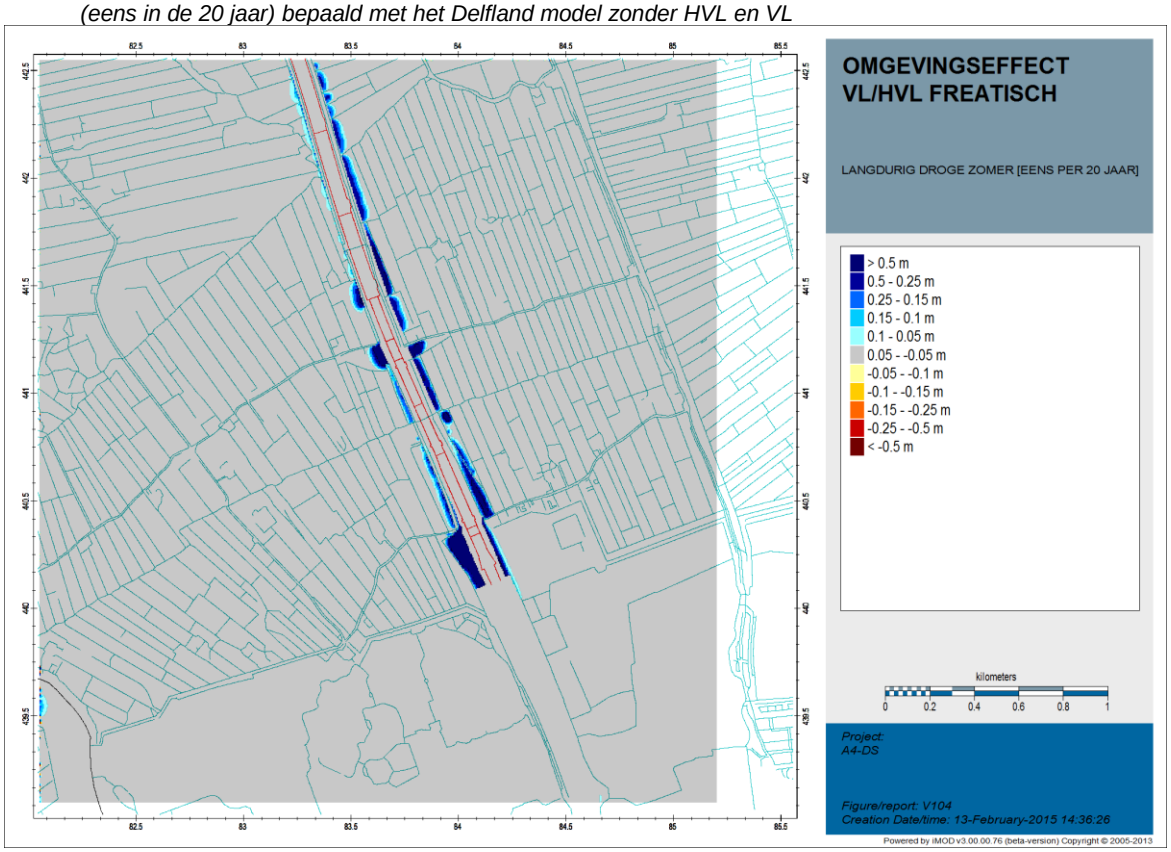
Figuur 6.3 toont de met het model berekende ruimtelijke verdeling van de verlaging van de freatische grondwaterstand ten opzichte van het heersende polderpeil aan het eind van een langdurige droge zomer. Dit is een modelrepresentatie van de oorspronkelijke of onbeïnvloede situatie voorafgaand aan aanleg van de A4 Delft – Schiedam die is berekend met het Delfland model waarin de A4 constructies HVL en VL niet zijn opgenomen. De freatische verlaging is berekend voor de situatie aan het eind van de droge periode op 1 oktober.

Figuur 6.4 toont de berekende optredende verlaging van de freatische grondwaterstand als gevolg van de optredende stijghoogteverlaging van het grondwater in WVP1 ten gevolge van de aanleg van A4 HVL en VL. Deze is bepaald aan het einde van een droog half jaar ten opzichte van de hiervoor vermelde gesimuleerde uitzakking van de freatische grondwaterstand in de onbeïnvloede situatie.

Voor deze situatie zijn geen effecten berekend groter dan 5 cm buiten de systeemgrens van de A4. Wel is duidelijk het positieve effect van de nieuw aangelegde waterlopen op de freatische grondwaterstand te zien.



Figuur 6.3: Berekend verlagingsbeeld (t.o.v. polderpeil) van freatische grondwaterstand in een langdurig droge zomer (eens in de 20 jaar) bepaald met het Delfland model zonder HVL en VL



Figuur 6.4: Effect extra freatische verlaging door aanleg VL/HVL (einde langdurig droge zomer) [rood: compartimenten]

6.3 Conclusies uit de tijdsafhankelijke berekeningen

De conclusies uit de tijdsafhankelijke berekeningen met het model inclusief HVL en VL zijn als volgt:

- Met het Delfland model is het effect op de van de freatische grondwaterstand berekend van de verlaging van de stijghoogte van het grondwater in het pleistocene WVP1 als gevolg van de aanleg van de A4 tijdens een langdurig droge zomer (eens in de 20 jaar). Er treedt volgens de modelberekening geen effect op groter dan een ondergrens van 5 cm.
- Het aandeel van de kwel dat vanuit de pleistocene watervoerende laag toestroomt naar het oppervlaktewatersysteem in een gebied ter grote van de Holierhoeksepolder is volgens het model aan het einde van een langdurig droge zomer circa 0,08 mm/dag (0,11 mm/dag zonder A4). Deze hoeveelheid is klein ten opzichte van de wateraanvoer vanuit het oppervlaktewatersysteem naar de freatische grondwaterstand die volgens het model 1,20 mm/dag bedraagt.

7 Risicoanalyse ten aanzien van effect en waterbezwaar

7.1 Invloed weerstand Holocene Deklaag

In het kader van de analyse van de gevoeligheid van de modelresultaten in relatie tot onzekerheden in de aangenomen bodemopbouw of in de geohydrologische eigenschappen van de ondergrond, is nagegaan of er in de omgeving lokale risico's kunnen optreden.
Het risico zou kunnen worden omschreven als het optreden van grotere verlagingen van grondwaterstanden en zettingen dan verwacht volgens een regionaal geohydrologisch model. Het risico zou zich kunnen voordoen als nabij de VL geen Basisveen aanwezig is en meer zandlenzen voorkomen in de holocene deklaag dan op basis van al het beschikbare grondonderzoek is verondersteld en de weerstand van de deklaag dientengevolge mogelijk tot 25% lager is dan in het model aangenomen.

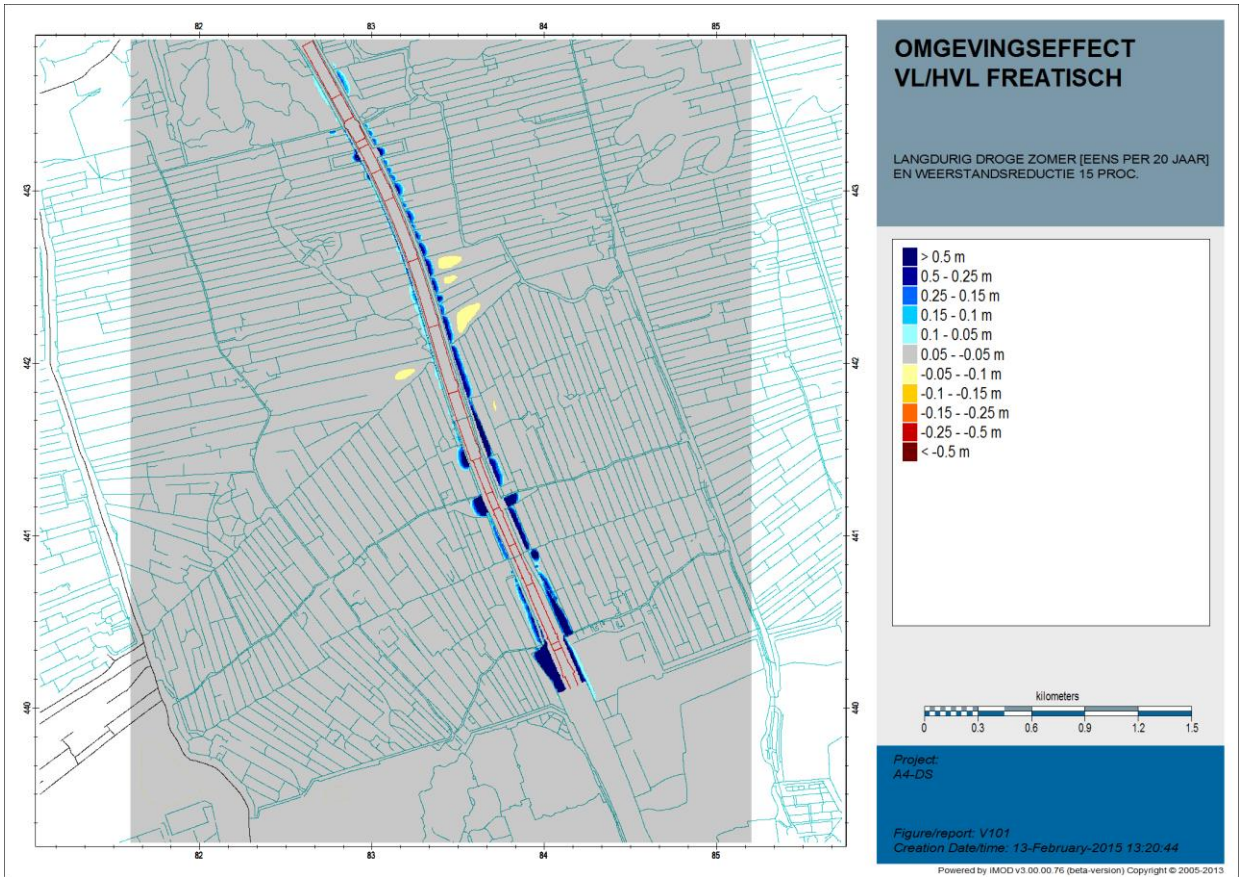
Om de afwijking van de veronderstelde grondslag te bepalen is al het beschikbare grondonderzoek bij de VL nogmaals grondig bestudeerd en is de informatie besproken met een geologisch specialist. In de beschrijving in paragrafen 3.3 t/m 3.5 met betrekking tot de basisinformatie over de holocene lagen is vastgesteld dat er met name aan de onderzijde van het holocene afdekkende pakket zand kan voorkomen waar de top van het pleistoceen hoog ligt en waar restanten van geulafzettingen en aansluitende tussenzandlagen voorkomen. Bij de beschouwing van de sonderingen is vastgesteld dat de top van deze afzettingen maximaal op NAP – 13 m voorkomt. Daarboven bevindt zich tot maaiveld op circa NAP – 3 m nog ongeveer 10 m klei en veen.
De berekeningen zijn gemaakt met als uitgangspunt de situatie met een langdurig droge periode die een keer per 20 jaar optreedt.

7.2 Berekening met Holoceen zonder Basisveen

Om de gevoeligheid van omgevingseffecten voor de waarde van de weerstand van de Holocene deklaag vast te stellen, is allereerst een modelberekening gemaakt waarbij de weerstand in een zone van enkele honderden meters breedte rond de VL is gereduceerd door de weerstand van de onderste laag in de holocene deklaag in het model weg te laten. In het originele Delfland model is voor de gehele holocene deklaag ter plekke van de VL een weerstand van gemiddeld 10.000 dagen aangenomen. Het in het model uitschakelen van de weerstand van de onderste laag in het holocene pakket leidt tot een reductie van de totale weerstand van de toplagen van maximaal circa 15%. Dit is de maximale afwijking voor deze parameterwaarde die in dit gebied volgens de deskundige geoloog op basis van grondonderzoek zou kunnen optreden. Deze reductie is aangebracht in een variatieberekening met het model in een zone van 1,2 km breedte over een lengte van 1,6 km (waar de VL in ligt).

Uit deze variatieberekening voor een langdurig droge zomer met het tijdsafhankelijke model om het mogelijke risico te kwantificeren volgt het beeld van de mogelijk optredende maximale verlaging van de freatische grondwaterstand zoals dat in de volgende Figuur 7.1 is aangegeven. De verlaging is bepaald door de uitkomst van de berekening met tracé af te trekken van de uitkomst van de berekening voor de originele situatie zonder tracé. Ten opzichte van de eerder uitgewerkte Figuur 6.4 blijkt dat er in deze situatie nu enkele percelen zijn waar de grondwaterstand in een langdurige droge periode verder uitzakt maar nooit meer dan 10 cm.

Ook uit deze berekening blijkt dat het aanwezige oppervlaktewater de grootte van de effecten sterk dempt. De in Figuur 7.1 aangegeven verhoging van de grondwaterstand (blauwe lijnen) komt voort uit de aanleg van openwater langs de VL dat niet in het originele Delfland model voorkwam. Deze toename is echter niet relevant voor het te beoordelen negatieve effect.

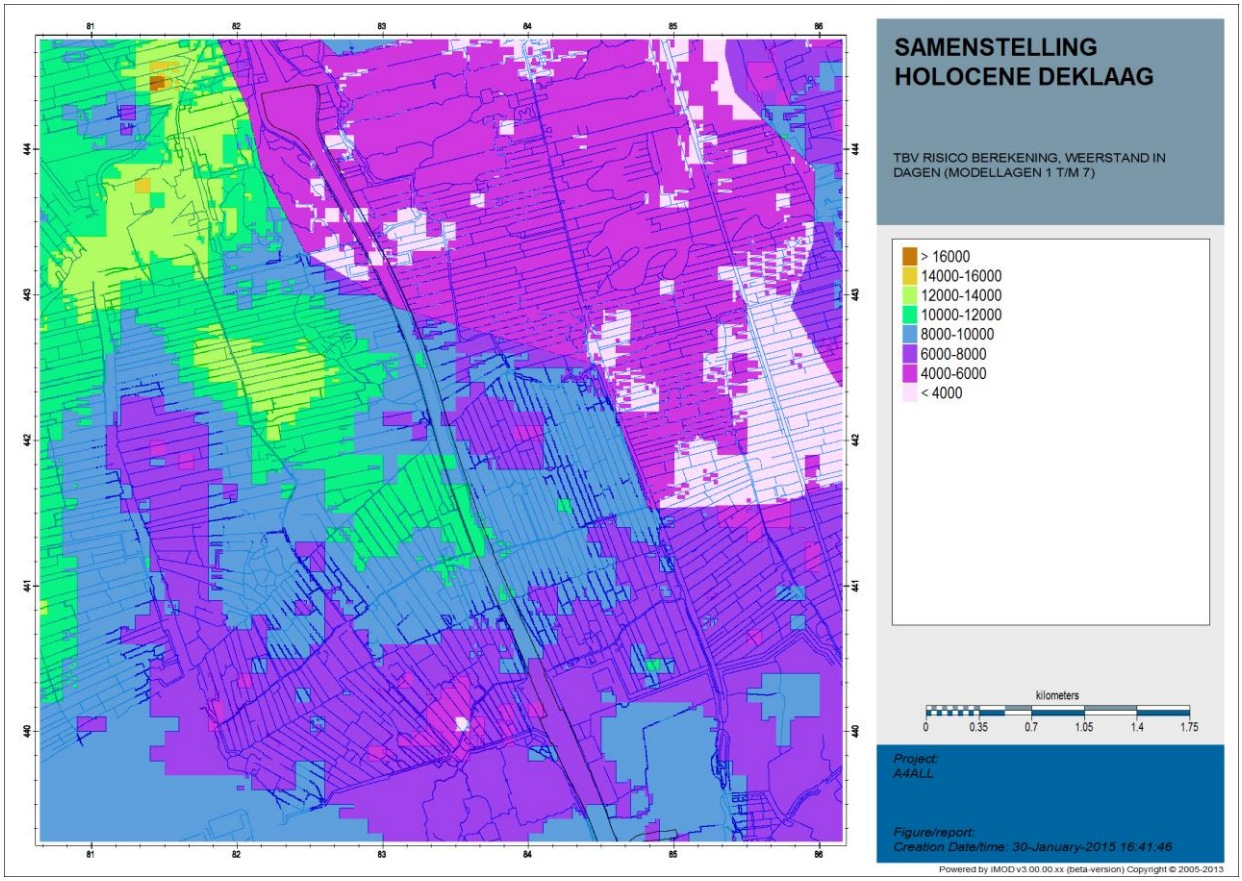


Figuur 7.1: Uitkomst van variatieberekening van verlaging freatische grondwaterstand met 15% gereduceerde weerstand van de Holocene deklaag [rood: compartimenten]

7.3 Risicobeschouwing bij de langdurig droge periode

Aangezien lokaal een verminderde weerstand van de deklaag voor zou kunnen komen is in het model is voor het hele gebied met de tussenzandlaag de weerstand gereduceerd met 50%. Hiervoor is in een deelgebied waar een zandige tussenzandlaag voorkomt (volgens de studie van [Hijma 2009] Delta-afzettingen genoemd) de weerstand gereduceerd. De resterende weerstand boven de Delta-afzetting is bepaald op 5.000 dagen. In het noordelijke deel is de contour van de ligging van de Delta afzetting (zoals weergegeven in Figuur 3.8) gevolgd.
Voor het totale omliggende resterende gebied is de weerstand gereduceerd met 75% (worst case benadering). De weerstandsverdeling voor deze risicobeschouwing is weergegeven in Figuur 7.2. Daarin is duidelijk de contour van de Delta-afzetting uit Figuur 3.8 te zien.

De berekeningen zijn gemaakt met als uitgangspunt de situatie met een langdurig droge periode die een keer per 20 jaar optreedt.



Figuur 7.2: Modelgebied met 50% gereduceerde weerstand tot 5000 dagen voor gebied met Holocene tussenzandlaag (Delta-afzettingen) en tot 75% gereduceerde weerstand voor omliggend gebied.

Figuur 7.3 geeft de effecten van deze variant op de freatische grondwaterstand. In deze situatie is de weerstand van de holocene deklaag lager dan de variant uit de vorige paragraaf. Vergeleken met Figuur 7.1 zijn de effecten dan ook groter.

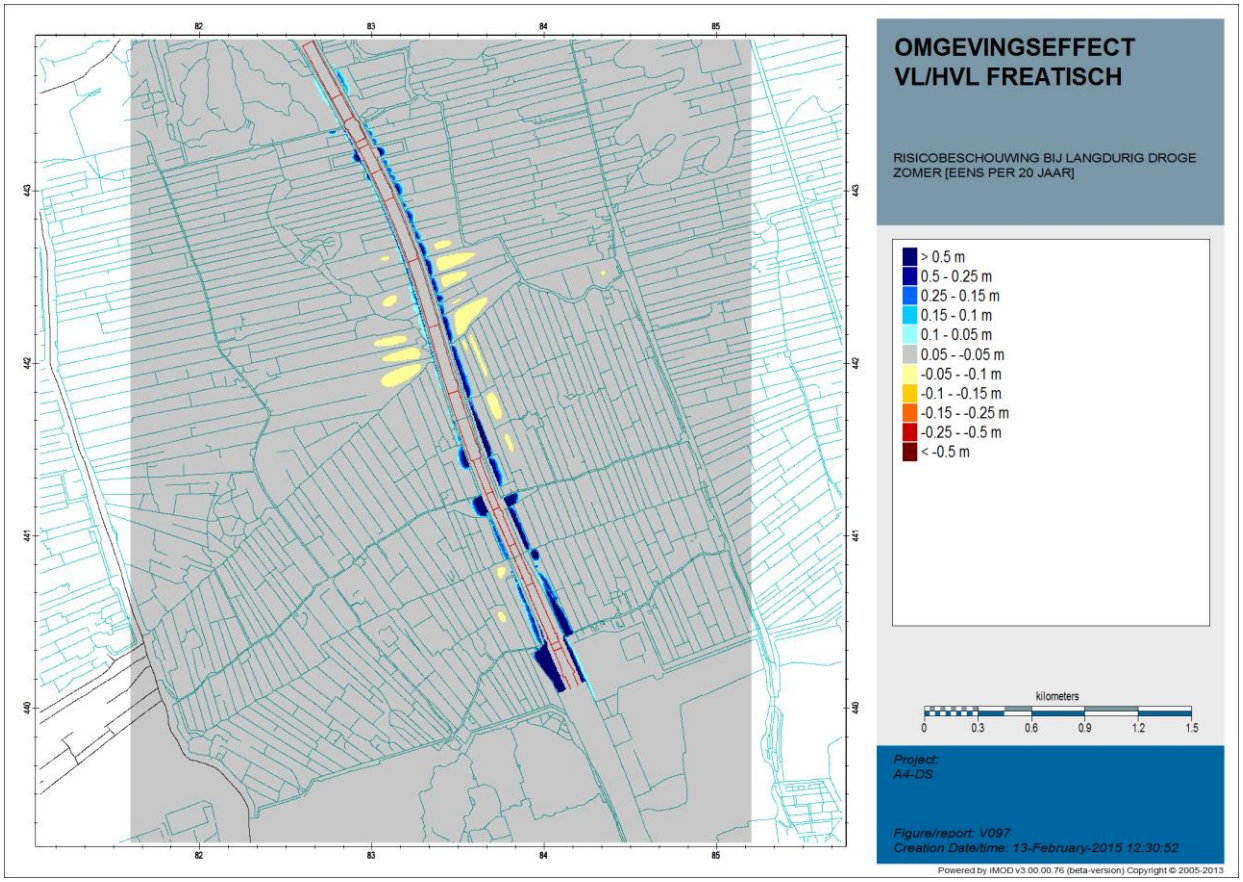
De effecten treden vooral op ter plaatse van de HVL langs de compartimenten 5 t/m 8. De wanden van deze compartimenten steken minder diep dan elders, tot een diepte van -7,5 m NAP. Daardoor is er verbinding met de tussenzandlaag. De berekende effecten zijn kleiner dan 10 cm in het midden van de grotere percelen, tussen de sloten.

Duidelijk is te zien dat (nieuw aangelegd) oppervlaktewater juist een positief effect heeft op de stijghoogte (blauwe zones langs het tracé).

De effecten boven de zandige Delta-afzetting (Figuur 7.2) zijn zeer beperkt. Dit is het gevolg van de lagere uitgemalen debieten en de diepte van de wanden (tot in WVP 1).

Deze variant is een risicobeschouwing. De kans dat deze situatie zich voordoet is naar verwachting klein. De variant is gebaseerd op een aantal aannames:

- Het opgelegde kweldebiet richting de constructie is het gemeten debiet in september 2014. In een langdurig droge zomer (eens per 20 jaar) is het debiet lager.
  Hierdoor wordt het berekende effect overschat.
- het opgelegde kweldebiet richting de constructie is 90% van het gemeten debiet in september 2014. Op basis van waterkwaliteitsanalyse is een debiet van gemiddeld 84% de meest waarschijnlijke verdeling.
  Door deze keuze wordt het berekende effect overschat.
- De niet stationaire som geldt voor een langdurig droge zomer die gemiddeld 1 keer per 20 jaar voorkomt.
- De weerstand van de deklaag is gereduceerd tot 75% van de oorspronkelijke waarde.
  Hierdoor wordt het berekende effect hoger.



Figuur 7.3: Uitkomst van variatieberekening van verlaging freatische grondwaterstand met 50% gereduceerde weerstand tot 5000 dagen voor gebied met Holocene tussenzandlaag (Delta-afzettingen) en tot 75% gereduceerde weerstand voor omliggend gebied

7.4 Maximaal te verwachten drainagedebiet

Het grootste drainagedebiet is te verwachten in een winterperiode, een periode met de hoogste stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. In die situatie is het drukverschil van de stijghoogte van het grondwater in het eerste watervoerend pakket met het vaste peil binnen de constructie het grootst. Een niet-stationaire som met het gedetailleerde grondwatermodel om zo het maximale drainagedebiet te bepalen over een lager periode is in dit stadium te omvangrijk. Er is voor gekozen om een worst case benadering te volgen. De aanpak is als volgt.

De grootte van het kweldebiet is recht evenredig met het drukverschil over de wand. Monitoring levert gegevens over het huidige drukverschil over de constructie en het bijbehorend kweldebiet. Het maximaal te verwachten kweldebiet is door lineaire extrapolatie te bepalen wanneer een maximaal te verwachten (ontwerp) drukverschil bekend is.

Deze berekening is uitgewerkt in Tabel 7.1. In de volgende alinea's volgt een toelichting op de berekening.

- Als uitgangspunt is genomen dat het in dit rapport gehanteerde kweldebieten uit Tabel 3.2 en Tabel 3.3 representatief zijn voor een langdurig droge zomer (1 keer in de 20 jaar). Dit is een conservatieve aanname. Immers, een lagere stijghoogte in de zomerperiode leidt tot en lager kweldebiet.
- Bij het ontwerp van het A4 tracé is een maximale stijghoogte bepaald waarbij de constructie moet voldoen; een hoogste te verwachten stijghoogte. Als maximum ontwerpwaarde is door RWS een stijghoogte van NAP - 1,9 m opgegeven waarbij men rekening houdt met de eventuele sluiting van DSM, een hydrologisch nat jaar en toekomstverwachtingen zoals zeespiegelstijging, bodemdaling en bijbehorende verandering van het oppervlaktewaterpeil. Het meenemen van deze waarde voor de gehele constructie is een overschatting omdat deze waarde slechts voor een deel van het tracé geldt.
- De grondwaterstijghoogte buiten VL en HVL zijn minimale waarden zoals gemeten in het watervoerend pakket.
- Op basis van Figuur 3.13 is de waterstand in de constructie bepaald op -8,50 m NAP. Dit betreft het 75% hoogste niveau van de ontlastbronnen in de grootste compartimenten (11 t/m 13). Dat is een conservatieve schatting wat tot een hoger kweldebiet leidt. De situatie binnenin de HVL is uit bouwtekeningen afgeleid.

Tabel 7.1: Bepaling maximaal drainagedebiet voor VL en HVL bij toename van de stijghoogte in WVP1 door beëindiging van de onttrekking van DSM in Delft

Verdiepte Ligging	**Binnen de VL [m NAP]**	**Buiten de VL [m NAP]**	**Drukverschil [m]**	**Debiet [m^3/d]**
huidige situatie [zomer]	-8.50	-3.40	5.10	990
ontwerp maximum	-8.50	-1.90	6.60	1281
Half Verdiepte Ligging	**Binnen de HVL [m NAP]**	**Buiten de HVL [m NAP]**	**Drukverschil [m]**	**Debiet [m^3/d]**
huidige situatie [zomer]	-6.83	-2.85	3.98	197
ontwerp maximum	-6.83	-1.90	4.93	244
			debiet huidige situatie	*1187*
			Ontwerpmaximum	*1525*

Met behulp van het Delfland model (Roelofsen 2008) is het effect van de sluiting van DSM bepaald. Ter plaatse van de VL is het effect gemiddeld 25 cm. De HVL ligt noordelijker en ondervindt een gemiddeld effect van 50 cm. Op dezelfde wijze als in Tabel 7.1 is door lineaire extrapolatie in te schatten wat het effect van sluiting op het kweldebiet zal zijn. De nieuwe peilen voor de situatie dat DSM sluit worden in Tabel 7.1 ingevuld op de plek van het 'ontwerp maximum buiten de constructie'.
Uit die berekening volgt dat het kweldebiet door sluiting van DSM maximaal 75 m^3/dag toeneemt, een stijging van 5%.

7.5 Conclusies uit de risicoberekeningen

De conclusies uit de risicoanalyse op basis van aanvullende berekeningen met het model inclusief HVL en VL zijn als volgt:

- Het effect van drainage richting de HVL en VL van de A4 Delft Schiedam op de uitzakking van de freatische grondwaterstand in een langdurig droge zomer (1 keer per 20 jaar) is nergens buiten de systeemgrens groter dan een ondergrens van 5 cm. De nieuw aangelegde waterlopen zorgen in die omstandigheden voor een toename van de freatische grondwaterstand.
- Bij variatieberekeningen met een 15% reductie van de weerstand van de holocene deklaag (verwijderen basisveen), een langdurig droge zomer én een hoge schatting van het drainagedebiet neemt de verlaging van de freatische grondwaterstand toe. De maximale verlaging treedt in die situatie op langs de HVL ter hoogte van compartimenten 5 t/m 8. Het effect strekt zich uit over een deel van enkele percelen en is kleiner dan 10 cm.
- Bij de risicobeschouwing met een verdere reductie van de weerstand van de holocene deklaag (weerstand 50%-75%, langdurig droge zomer, hoge schatting drainagedebiet) blijven de verlagingen van de freatische grondwaterstand kleiner dan 10 cm maar neemt het aantal percelen waarover dat optreedt toe.
  De kans dat deze situatie zich voordoet is zeker kleiner dan eens per 20 jaar omdat genoemde aannames conservatief zijn en in deze berekening samenkomen.
- De gemeten hoeveelheid kwel (november 2014) in de VL en HVL is aangenomen als zijnde representatief voor een langdurig droge zomer. Uit extrapolatie is afgeleid dat in maatgevende omstandigheden (een nat jaar, beëindiging van de onttrekking van DSM en zeespiegelstijging en bodemdaling) het debiet van de drainage in VL en HVL van de A4 toe zal nemen tot 1525 m^3/dag. Wanneer DSM niet sluit zal het maximale debiet naar schatting 1450 m^3/dag bedragen.

8 Literatuurlijst

1 A4DS-W1.2-RAP-0397, Toets aan eisen watervergunning, versie 4.0, 2015.
2 Roelofsen, F.J. et al. 2008. Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht). Onderzoek naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft - Hoofdrapport. TNO Rapport 2008-U-R0960/A, 102 pg.
3 Roelofsen, F.J. et al. 2008. Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht). Onderzoek naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft - Technisch rapport. TNO Rapport 2008-U-R1084/A, 196 pg.
4 Hijma, M.P., Cohen, K.M., Hoffman, G., Van der Spek, A.J.F. en Stouthamer, E., 2009. From river valley to estuary: the evolution of the Rhine mouth in the early to middle Holocene (western Netherlands, Rhine-Meuse delta). Netherlands Journal of Geosciences 88-1: 13-53
5 Hijma, M.P. en Cohen, K.M., 2011. Holocene transgression of the Rhine river mouth area, The Netherlands/Southern North Sea: palaeogeography and sequence stratigraphy. Sedimentology 58-6: 1453-1485
6 Stafleu, J., Maljers, D., Busschers, F.S., Gunnink, J.L., Schokker, J., Dambrink, R.M., Hummelman, H.J. en Schijf, M.L., 2013. GeoTop modellering. TNO-rapport 2012 R10991

BIJLAGE 9 Drainage en afvoersysteem TD2 & TD3

Inhoud

1. Inleiding 2
2. Gescheiden systeem 2
2.1 Hemelwaterafvoersysteem 2
2.2 Kwelwaterafvoersysteem 3
2.2.1 Tracédeel 2 3
2.2.2 Tracédeel 3 3
2.3 Drainage systeem middenberm 4
2.4 Persleiding 5
2.4.1 Overstort voorziening 6
3. betrouwbaarheid / toekomstvastheid 7
3.2 Kwelwaterafvoersysteem 7

1. INLEIDING

In deze bijlage wordt een toelichting gegeven op het gescheiden opvang- en afvoersysteem van het kwelwater en het hemelwater van de halfverdiepte (TD2) en verdiepte (TD3) ligging. Aan bod komen de uitgangspunten waarop het systeem is ontworpen, de toekomstvastheid en de onder houdbaarheid hiervan.

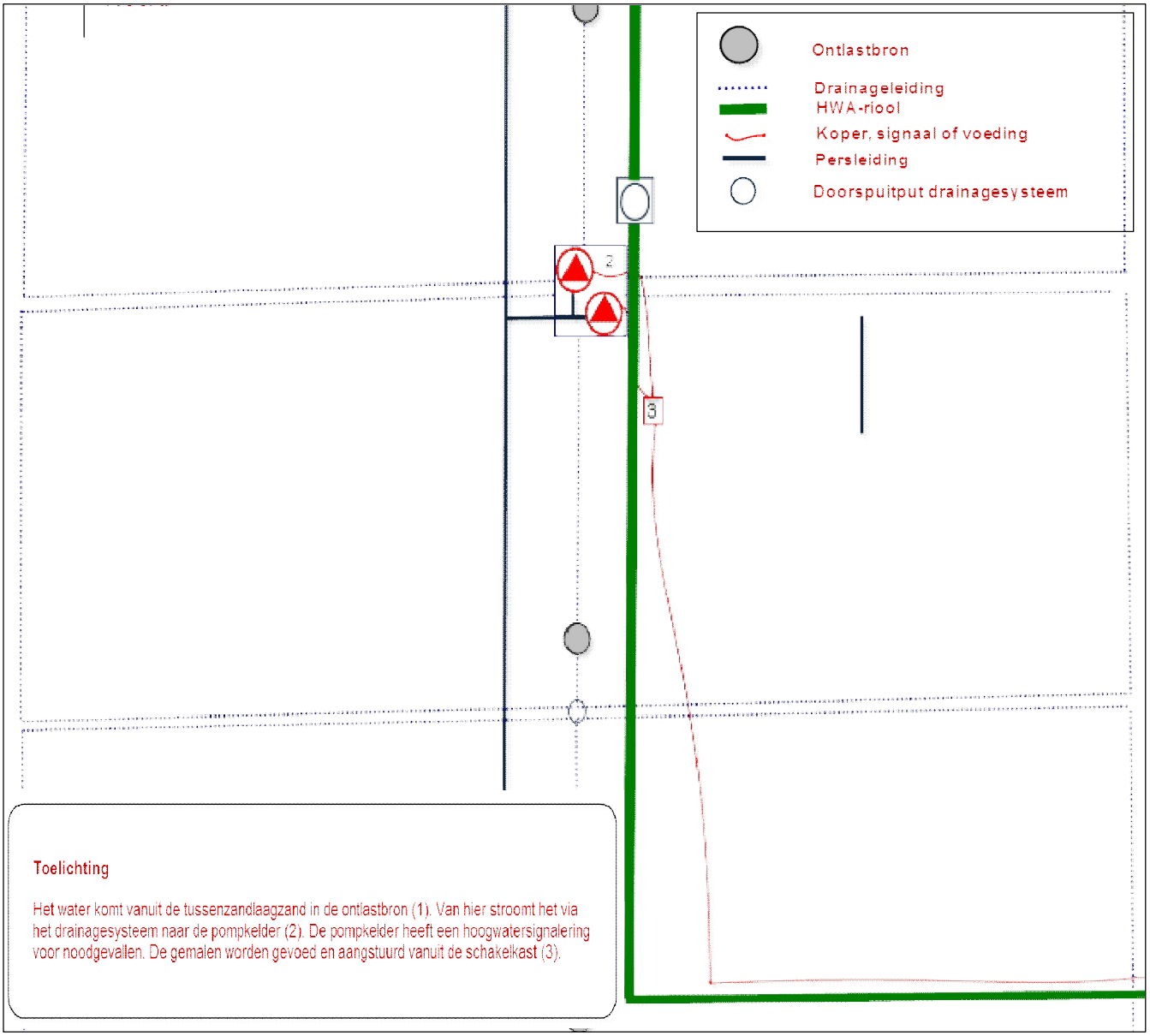
2. GESCHEIDEN SYSTEEM

Het watersysteem is gescheiden in twee systemen, het hemelwaterafvoersysteem en het kwelwaterafvoersysteem.

2.1 Hemelwaterafvoersysteem

Voor het hemelwater zijn er twee verschillende manieren waarop het water wordt opgevangen.

- Middels de asfalt verharding, goot en kolken
- Middels een drainkoffer in de middenberm



Deze beide systemen wateren af naar de dichtstbijzijnde put. De putten zijn met een leidingsysteem aangesloten op de bergingsriolen en deze zijn aansluitend op de waterkelders aangesloten. Vanuit daar wordt het water de half,- verdiepte ligging uitgepomp richting de wadi's. Middels de wadi zal het water worden gezuiverd, voordat het uiteindelijk geloosd wordt op het oppervlaktewater.

2.2 Kwelwaterafvoersysteem

In zowel tracédeel 2 als 3 is er voor de opvang van het kwelwater in de onderzijde van het zandbed 3 drains parallel aan elkaar gelegd. Aan iedere buitenberm één en één in de middenberm. Deze drains vervullen de volgende functies:

- ontwatering van het zandbed;
- voorkomen van vorstschade ;
- afvoer van kwelwater.

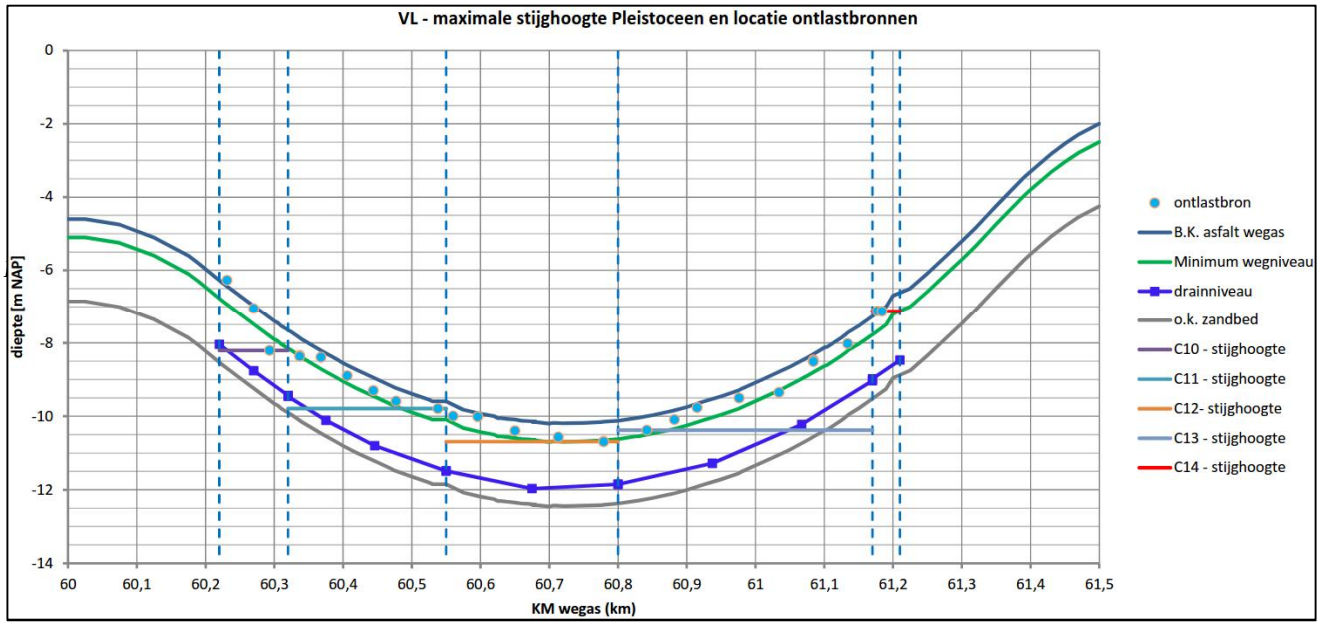
2.2.1 Tracédeel 2

Alleen in de compartimenten 1 t/m 4 zijn er ontlastbronnen aangebracht ter voorkoming van het opbarsten van de holocene tussenzandlaag. Deze bronnen staan direct in verbinding met een horizontaal drainsysteem. De ontwateringsdiepte wordt door de draindiepte bepaald.

In de compartimenten 5 t/m 8 zal het kwelwater enkel middels de horizontale drains worden afgevangen, welke zijn aangesloten op de pompputten. In figuur 1 zijn beide systemen weergegeven in een bovenaanzicht.

2.2.2 Tracédeel 3

Alleen in de compartimenten 10 t/m 14 zijn er ontlastbronnen aangebracht zowel in de middenberm en buitenberm. Doordat het debiet hoger is dan vooraf bekend is besloten dit ontwerp aan te passen en is er gekozen voor een gesloten separaat systeem om het kwelwater via de ontlastbronnen direct af te voeren naar de pompput, zie figuur 3.

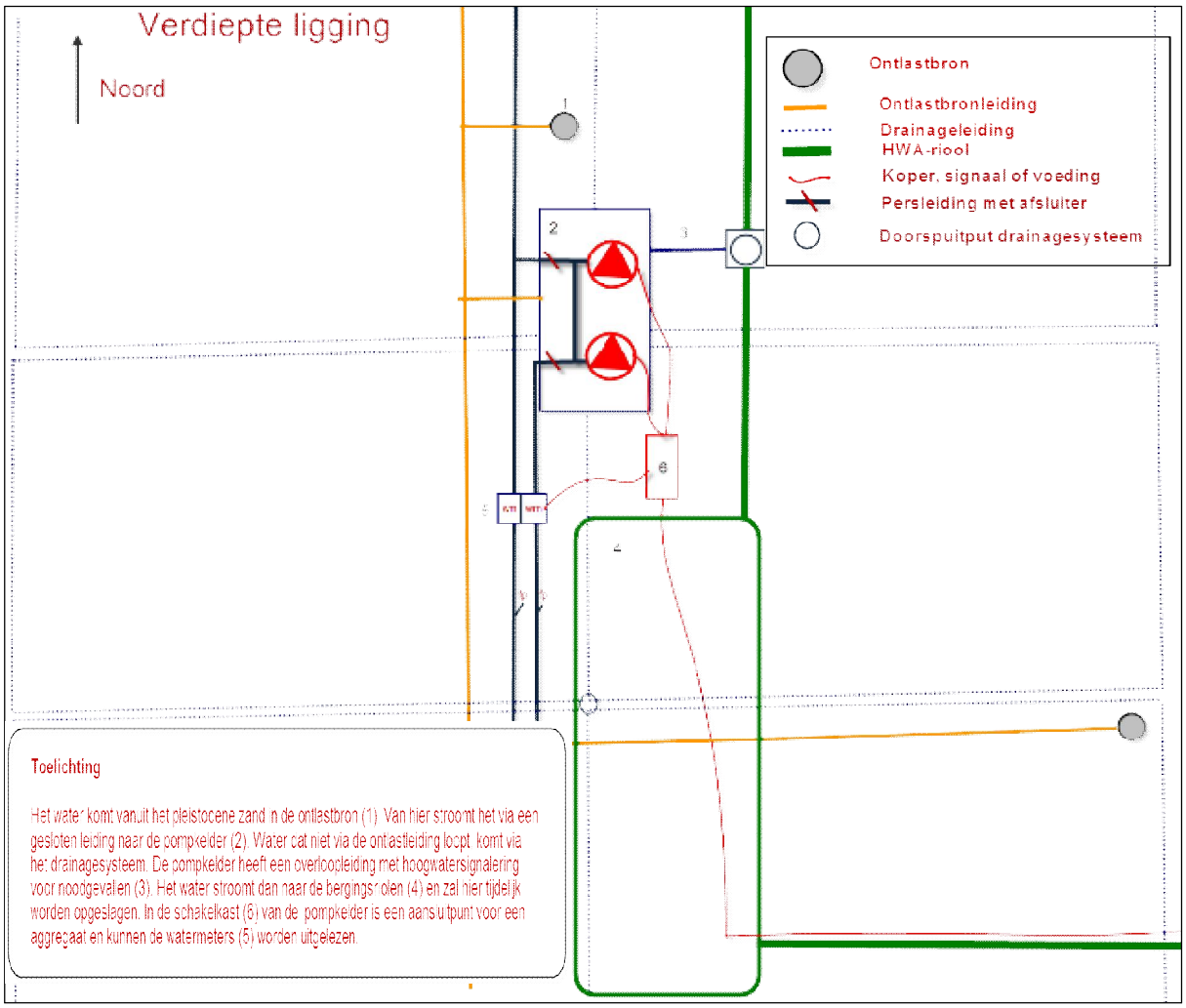


Figuur 2: Stijghoogten in de compartimenten TD3

De ontwateringshoogte wordt hierdoor door de ontlastbron bepaald, zie figuur 2, en staat niet in verbinding met het horizontale drainsysteem. De drains zullen hierdoor beperkt, het resterende, kwelwater afvangen.

In de compartimenten 9 en 15 zal het kwelwater enkel middels de horizontale drains worden afgevangen welke zijn aangesloten op de pompputten.

Al het kwelwater zal via een persleiding worden afgevoerd naar de Nieuwe Waterweg. Hiertoe staan er in de Halfverdiepte ligging een drietal pompputten en in de Verdiepte Ligging één pompput. Aan de zuidzijde van het Kethelplein staat een pompput die al het water doorpompt naar de Nieuwe Waterweg.



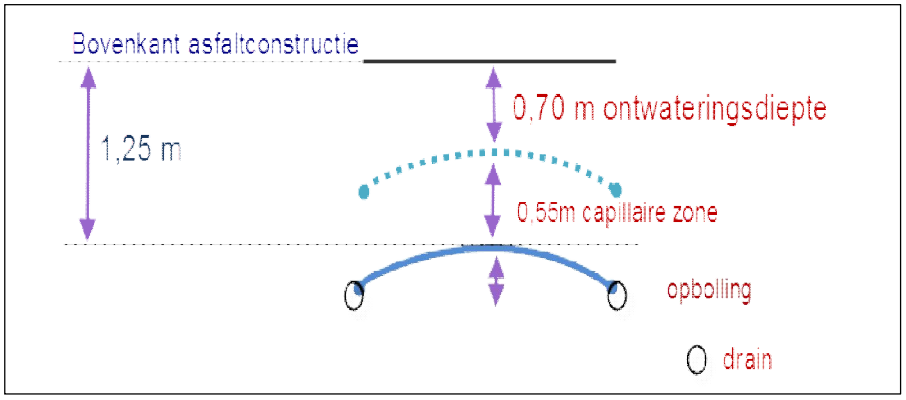
Figuur 3: gescheiden systeem verdiepte ligging (TD3)

2.3 Drainage systeem middenberm

Vanuit het contract tussen Rijkswaterstaat en A4all zijn er een aantal uitgangspunten voor het ontwerp vastgelegd. Dit zijn de volgende:

- Ontwateringsdiepte minimaal 0,70 m
- Definitie ontwateringsdiepte afstand tussen bovenkant capillaire zone bovenkant weg
- Capillaire werking vastgesteld op 0,55 m
- Berekening opbolling o.b.v. formule van Hooghoudt

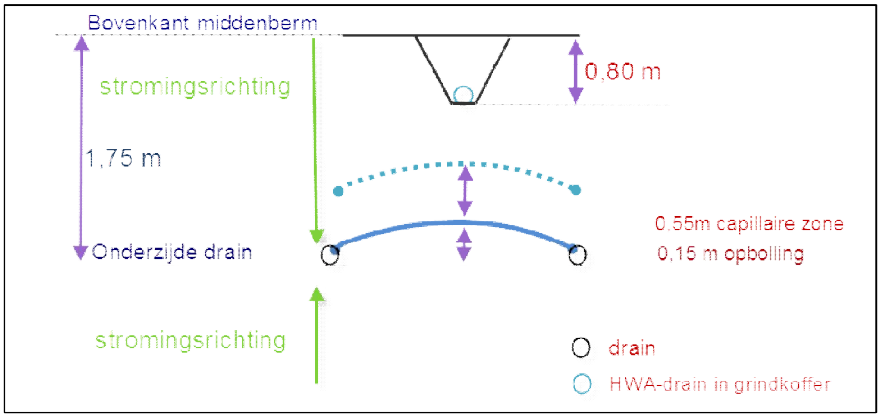
Het figuur 4 geeft de definitie van de ontwateringsdiepte weer.



Figuur 4: definitie ontwateringsdiepte, contract

Kwel water → Hemelwater

De capillaire zone van het ontwerp is ruimer gedimensioneerd op 0,55 m is een waarde die in praktijk niet wordt gehaald, hierdoor zal de ontwateringsdiepte nog groter zijn dan in het figuur 5 is aangegeven. Op deze manier zal het kwelwater gescheiden worden van het hemelwater in de drainkoffer.



Figuur 5; drainage kwel en HWA middenberm

HWA → Kwel water;

Het hemelwater wat in de middenberm valt zal voor het grootste deel verdampen en niet intreden in de middelberm. Het resterende deel zal de drainkoffer bereiken. Op deze manier zal het hemelwater worden afgevangen en gescheiden van het kwelwater.

2.4 Persleiding

Als rekenwaarde van het kweldebiet voor het ontwerp van de afvoerleiding is 1525 m³/dag aan drainage/kwelwater aangehouden. Uit veiligheid is hier bovenop nog een factor van circa 1,20 gezet. Na verrekening van de factor 1,20 komt de pompcapaciteit uit op 1800 m³/dag.

Over de 1800 m^3 is nogmaals een veiligheidsfactor van 1,25 gezet. Hierdoor komt er bij de 1800 m^3/dag nog een keer 450 m^3/dag. De totale ontwerpwaarde voor de afvoerleiding wordt hierdoor 2250 m^3/dag .

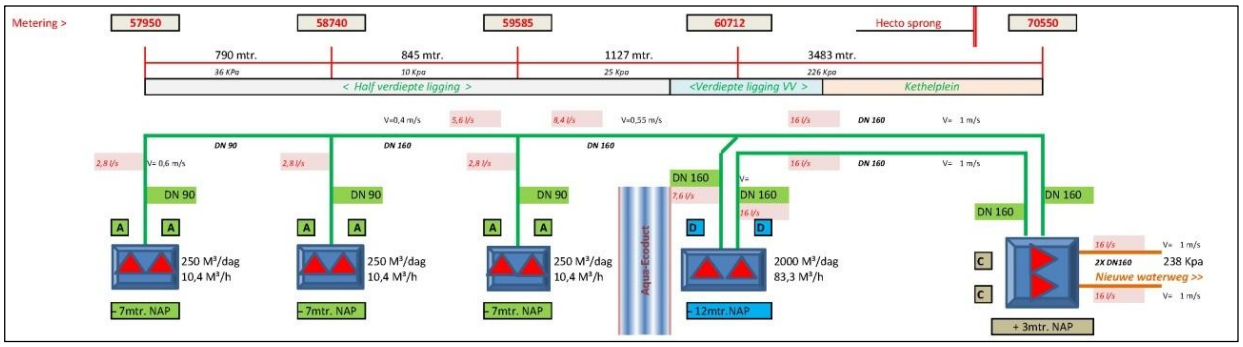
Op de totale ontwerpwaarde is een buffer van 500 m^3 gezet. De maximum afvoercapaciteit van de afvoerleiding komt hierdoor op een totaal van 2750 m^3/dag aan drainage/kwelwater uit.
In onderstaande tabel zijn de bovenstaande getallen verwerkt ter verduidelijking.

Aangenomen rekenwaarde bijstop zetten DSM :	1.525 m³
Bij stopzetting DSM + veiligheidsfactor 20%:	275 m³
Totaal:	1.800 m³
Veiligheidsfactor + 25%:	450 m³
Totale ontwerpwaarde:	2250 m³
Totale ontwerp waarde +500 m³	500 m³
Max capaciteit leiding	2750 m³

Max. capaciteit leiding: 2750 m³ (o.b.v. huidige pompcapaciteit)

Daarnaast zijn de volgende uitgangspunten vastgesteld:
- Alle pompputten worden dubbel uitgevoerd en zijn elkaars reserve;
- De pompputten worden gemonitord in de dienstgebouwen;
- De persleiding wordt uitgevoerd van gelast HDPE;
- Er worden invoerpunten voor foampigs aangebracht voor het regulier onderhoud en opschonen van de persleidingen.

De persleiding loopt door de middenberm van het tracé en zal vanaf het Eco-aquaduct dubbel uitgevoerd worden. De dubbele leiding ø160 mm zal aan de Schiedamse zijde (oostzijde) van de Landtunnel lopen. Hierna zal het Kethelplein en de A20 onderlangs gekruist worden en komen de leidingen uit in de verzamelpompkelder ten zuiden van het Kethelplein. De dubbele persleiding ø160 mm komt hierna wederom in de middenberm van de A4 te liggen tot aan de uitstroomlocatie middels een taludbak in de Nieuwe Waterweg. In figuur 6 het persleidingsysteem schematisch weergegeven inclusief de rekentechnische debieten en de benodigde pompen.



Figuur 6; schematische weergave van de afvoerleiding

2.4.1 Overstort voorziening

Wanneer er, om wat voor een reden dan ook, beide pompen in de pompput uitvallen zal de pompput vollopen. Deze put heeft een overstort voorziening naar de dichtbij zijnde put van het HWA welke op het bergingsriool is aangesloten. Deze overstort voorziening heeft een hoogwatermelding welke is gekoppeld is aan de HWA pomp in de pompkelder.

3. BETROUWBAARHEID / TOEKOMSTVASTHEID

3.2 Kwelwaterafvoersysteem

Voor het kwelafvoersysteem van de Halfverdiepte en Verdiepte Ligging gelden dezelfde faalmechanismen. Voor het afvoersysteem van de ontlastbronnen kunnen de volgende faalmechanismen voorkomen en beschouwd worden:

a. Verstopping/ overmatige afzettingen;
b. Graafschade;
c. Zettingen;
d. Uitval pompsysteem;
e. Ongeval op/nabij de hoofdrijbaan;
f. Toekomstvastheid gescheiden systeem.

Opgenomen beheersmaatregelen zijn;

a. Aansluitingen/doorspuitvoorzieningen zijn gemaakt, zodat periodieke reiniging mogelijk is om verstopping door afzetting te voorkomen
b. Afvoerleiding, waar deze in de rijstrookreservering ligt, op 1,20 m – MV leggen. Hierdoor is het mogelijk om in de toekomst de extra rijstrook aan te leggen, zonder de leiding te verleggen en te beschadigen;
c. Waar mogelijk zijn de veenlagen verwijderd, waar deze niet is verwijderd wordt deze niet ontwaterd om zettingen te voorkomen.
d. Als de pompen uitvallen, om welke reden dan ook, zullen de ontlastbronnen water blijven leveren. In dit geval zal de pompput van het kwelwaterafvoersysteem snel overstromen. Bij deze calamiteit is er een overloopconstructie voorzien naar het bergingsriool. De inhoud van het bergingsriool is 670 m³ en kan circa een halve dag kwelwater bergen. Hoe in dit geval wordt gehandeld wordt in het beheer- en onderhoudsplan opgenomen.
e. Ontlastbronnen zitten op een veilige diepte en zijn afgeschermd middels geleiderailconstructies, waardoor deze geen gevaar voor aanrijding vormen. Eventuele vloeistoffen vrijkomende bij een ongeval of calamiteit kunnen in het hemelwatersysteem en uiteindelijk in de wadi terecht komen. N.a.v. een calamiteit zal de wadi tijdelijk dichtgezet moeten worden om afwijkende vloeistoffen te mobiliseren en uiteindelijk te verwijderen. Dit zal in het calamiteiten- en bestrijdingsplan worden opgenomen.
f. Het bergingsriool voor het hemelwater bevindt zich in het grondwater. De zorg is geuit dat er in de loop van de tijd kwelwater kan intreden in het bergingsriool. Dit is niet aan de orde. Intreding van water vindt enkel plaats t.g.v. zettingen van het riool of ingroeien van wortels. Beide komen niet voor in zandbaan van de nieuwe A4. De gehele constructie heeft een ontwerplevensduur van 100 jaar. Hiermee is de robuustheid van de constructie geborgd.

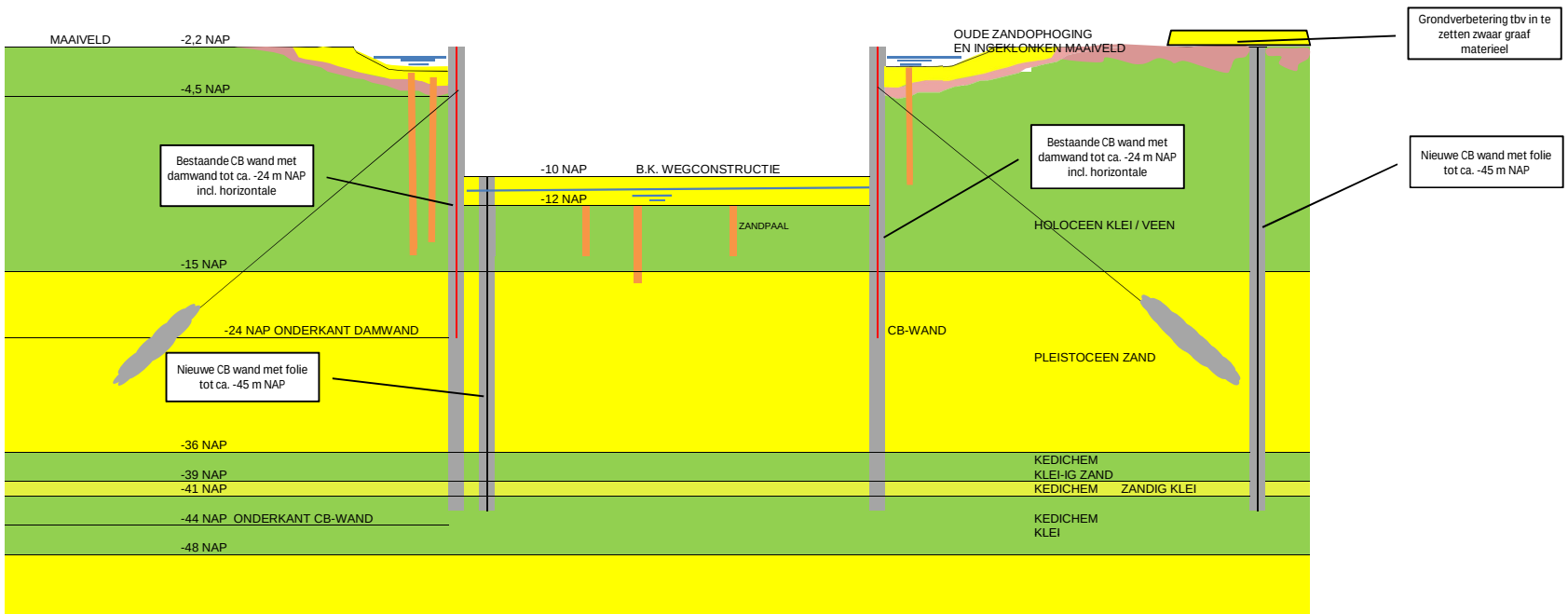
BIJLAGE 10 Maatregelenmatrix

Variant 1a

Wand: CB met folie aan binnenzijde compartiment

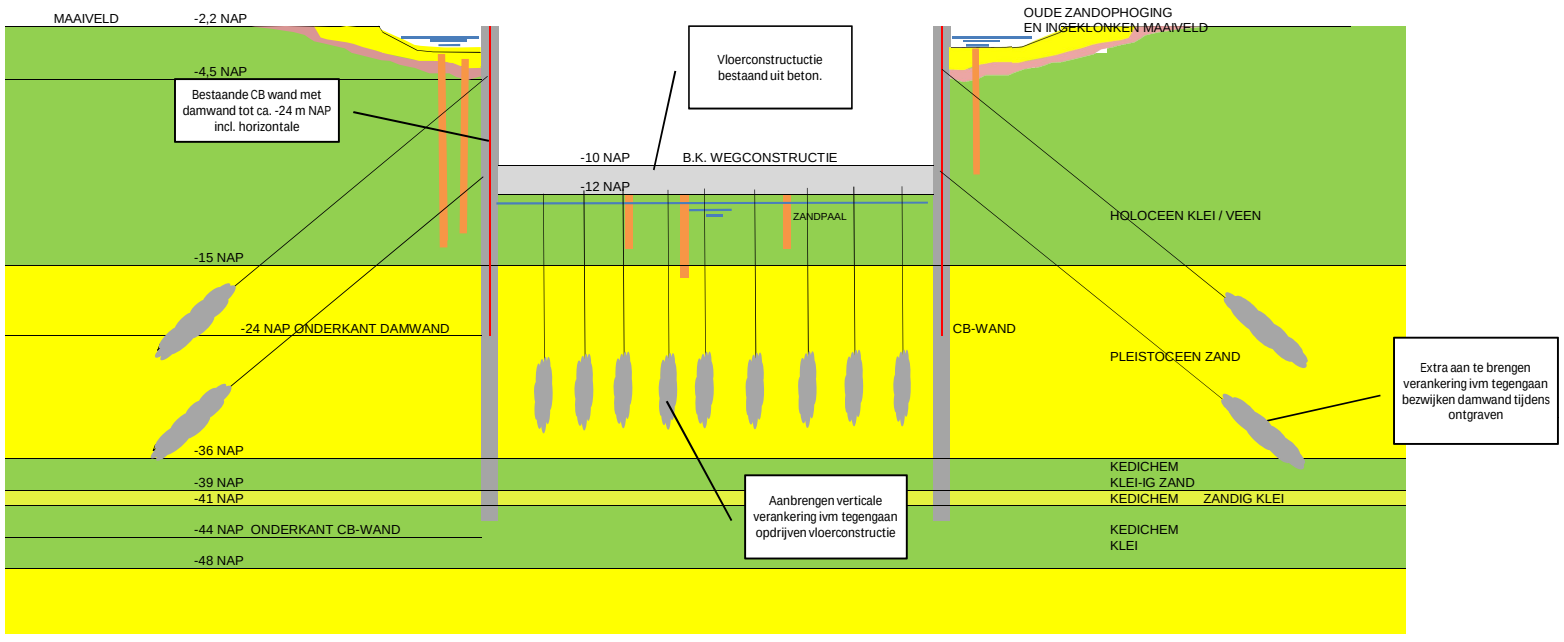
Variant 1b

Wand: CB met folie aan buitenzijde compartiment



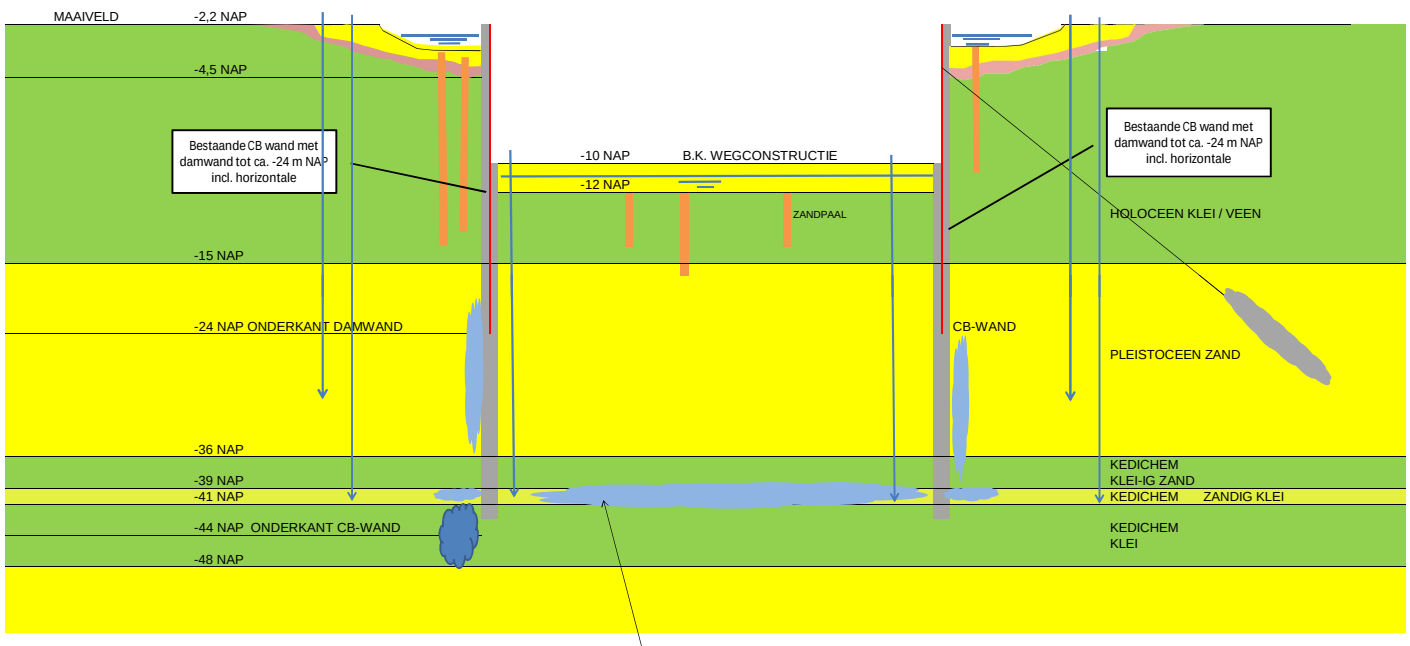
Variant 2

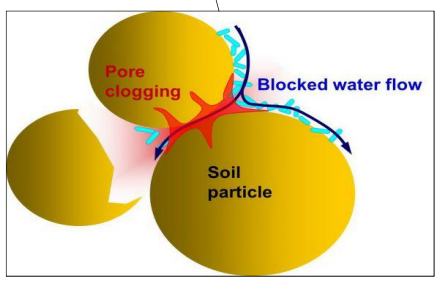
Vloerconstructie



Variant 3

Biosealing





Trade-off formulier

Realisatie A4 Delft - Schiedam

Opdrachtnemer: A4all | Datum: 09-12-2014 | Opsteller: Michiel Bosman

Onderwerp: **Maatregelen wand**

			CONSTRUCTIEVE MAATREGELEN		CONSTRUCTIEVE MAATREGELEN			
			Wand maatregelen. Uitgangspunt: kedichem is "dicht". Lekkage komt 100% door de wand in het pleistoceen		Wand maatregelen. Uitgangspunt: kedichem is "dicht". Lekkage komt 100% door de wand in het pleistoceen			
			Variant 1a: N IET MOGELIJK	*Variant 1b* NIET MOGELIJK	*Variant 1c*	*Variant 1d*	*Variant 1e*	*Variant 2*
			Wand: CB met folie aan binnenzijde compartiment	**CB wand zonder folie aan de buitenzijde compartiment**	**Wand: CB met folie aan de buitenzijde compartiment**	**Damwand tot in Kedichem**	**Diepwand tot in Kedichem**	**Vloerconstructie**
	Omschrijving variant		Aan de binnenzijde van het compartiment wordt een nieuwe CB wand met folie aangebracht tot in Kedichem (ca.van - 10 tot ca. - 45 m NAP).	Aan de buitenzijde van het compartiment wordt een nieuwe CB wand zonder folie constructie aangebracht. Deze dient buiten het invloedsgebied van de aanwezige wandverankering te worden aangebracht. De nieuwe wand zal dus buiten de huidige systeemgrens aangebracht worden en zal zoals de bestaande wand tot in Kedichem (- 2 tot -45 m NAP) worden aangebracht.	Aan de buitenzijde van het compartiment wordt een nieuwe CB wand met folie constructie aangebracht. Deze dient buiten het invloedsgebied van de aanwezige wandverankering te worden aangebracht. De nieuwe wand zal dus buiten de huidige systeemgrens aangebracht worden en zal zoals de bestaande wand tot in Kedichem (- 2 tot -45 m NAP) worden aangebracht.	Aanbrengen van stalendamwanden tot in Kedichem (binnenzijde of buitenzijde bestaande wand	Aanbrengen (graven) van diepwanden tot in Kedichem	Door het aanbrengen van een vloerconstructie (beton) wordt een waterdichte laag aangebracht. Dit zal in de compartimenten 10 t/m 15 worden uitgevoerd.
	Criteria							
1	Effectiviteit	Debiet	Reductie van ca. 30-40% op het huidige debiet van de VL `+	Reductie van ca.20-30 % op het huidige debiet van de VL `+	Reductie van ca. 30-40% op het huidige debiet van de VL `+	Reductie van ca. 10% op huidige debiet van de VL `+	Reductie van ca. 30% op huidige debiet van de VL 0/+	Door het aanbrengen van een betonnen vloer wordt de lekkage door de ondergrond vrijwel nihil. Tevens is er een reductie van de wandlengte (diepte) tot ca. 1/3 van de aanwezige hoogte waardoor deze minder m3 doorlaat. ++
2		Stijghoogte	Door een reductie van factor 2 op het huidige debiet zal ook het huidige stijghoogte verschil verminderen `+	Door een reductie van factor 2 op het huidige debiet zal ook het huidige stijghoogte verschil verminderen `+	Door een reductie van factor 2 op het huidige debiet zal ook het huidige stijghoogte verschil verminderen `+	Door een reductie op het huidige debiet zal ook het huidige stijghoogte verschil verminderen `+	Door een reductie op het huidige debiet zal ook het huidige stijghoogte verschil verminderen `+	Door een reductie van factor 2 op het huidige debiet zal ook het huidige stijghoogte verschil verminderen ++
3	Duurzaamheid	Kwaliteit	Kwaliteit van de CB wand is gelijk aan de bestaande wand. De folie die afgehangen wordt tot in Kedichem. Dit is een complexe opgave. Op deze schaal en tot op deze diepte (- 10 tot - 45 m NAP) is deze methode nog niet uitgevoerd. `+	Kwaliteit van de CB wand is gelijk aan de bestaande wand met het verschil dat de dikte van de wand ook met een factor 2 vermeerderd (1600mm ipv huidige 800mm). `+	Kwaliteit van de CB wand is gelijk aan de bestaande wand. De folie die afgehangen wordt tot in Kedichem zal voor mogelijke uitdaging zorgen. Op deze schaal en tot op deze diepte (- 42 tot - 45 m NAP) is deze methode nog niet uitgevoerd. `+	`+	`+	Zeer duurzaam en kwalitatieve oplossing ++
		Onderhoud	Wandconstructie benodigd geen onderhoud ++	Wandconstructie benodigd onderhoud. Door verschilzettingen en verschillende stijghoogtes aan de binnenzijde en buitenzijde van de wand bestaat de kans dat de wand op de overgang van het holoceen naar het pleistoceen kan scheuren. Hierdoor zou de functie van de wand niet meer afdoende zijn om de reductie van het debiet te behouden. `-	Wandconstructie benodigd geen onderhoud ++	`+	`+	Benodigd geen onderhoud aan de betonnen vloer constructie ++
4			Risico: Conflict met onderhoud aan wegconstructie van de A4 DS. De wand zal onde de wegconstructie van de A4 DS komen te staan. Onderhoud aan de wegconstructie zal dus een raakvlak hebben met de wand.					
5	Techniek	Ervaring (bewezen techniek)	CB wand met folie is een bewezen techniek. Behalve het afhangen van de folie tot Kedichem (- 10 tot -45 m NAP) is nog niet eerder uitgevoerd. `--	CB wand graven is een bewezen techniek ++	CB wand met folie is een bewezen techniek. Behalve het afhangen van de folie tot Kedichem (- 2 tot -45 m NAP) is nog niet eerder uitgevoerd. `--	`-	`+	Bewezen techniek ++
			Risico: Door aan de binnenzijde een wand aan te brengen wordt de passieve druk verwijderd waardoor je bestaande wand zal bezwijken. Deze variant is niet uitvoerbaar.		Risico: - Het niet op diepte krijgen van de folie in de wand - Folie loopt uit het "slot" (onderlingen verbinden is niet dicht)	Risico: Damwanden met deze lengtes worden niet aangebracht		
6	Uitvoerbaarheid	Complexiteit	Door aan de binnenzijde een extra wand aan te brengen dient wordt de passieve druk zijde verwijderd. Hierdoor zal de bestaande wandconstructie bezwijken. `----	`- Grondgesteldheid die de op/buiten de systeemgrens aanwezig is (veen-weide gebied) `- Grondverbetering uitgevoeren om het mogelijk te maken om het CB materieel (graafkranen en hijskranen tbv de folie) het werk uit te laten voeren `- Aankoop grond buiten systeemgrens `- Door het aanbrengen van een extra wand zal de waterstand tussen de wanden verlaagd worden omdat de toestroom van grondwater wordt afgesneden. Hierdoor zal er zetting optreden n waardoor de ankers mogelijk kunnen bezwijken. `----	`- Grondgesteldheid die de op/buiten de systeemgrens aanwezig is (veen-weide gebied) `- Grondverbetering uitgevoeren om het mogelijk te maken om het CB materieel (graafkranen en hijskranen tbv de folie) het werk uit te laten voeren `- Aankoop grond buiten systeemgrens `- Geen ervaring met folie aanbrengen tot -45 NAP `- Door het aanbrengen van een extra wand zal de waterstand tussen de wanden verlaagd worden omdat de toestroom van grondwater wordt afgesneden. Hierdoor zal er zetting optreden n waardoor de ankers mogelijk kunnen bezwijken. `----	`- Lengte damwand is niet standaard `- Aanbrengen van damwand met lengtes > 25 meter kan problemen met zich meebrengen ivm verminderde stijfheid van langere planken (>25 m) Materieel die deze lengtes damwand kan aanbrengen zijn zeer gering `- Kans op uit het slotlopen van damwand is zeer groot `----	`+	Veel risico's: - Fasering - Dienstgebouwen - Vergunningen Bergingsriool - Overgangen (vloer --> geen vloer) - Compartimenteringen - Tijdelijke lekkage is groter (waterbezwaar) - Aansluiting op wanden `----
7		Nauwkeurigheid	Aangezien de wandconstructie zal bezwijken indien er een CB-wand zal worden aangebracht is het geen haalbare variant `---	Het graven van CB wanden s een nauwkeurige methode `++	Het graven van CB wanden met folie is een nauwkeurige methode met de kanttekening dat het aanbrengen van folie tot -45 vanaf ca. -2 NAP nog nooit is uitgevoerd in Nederland 0	`-	`+	Het aanbrengen van een vloecontructie is een nauwkeurige methode ++
8	Snelheid	Tijd (in klasse)	klasse 5 `---	klasse 6 `----	klasse 6 `----	`-	`---	klasse 6 `----
9	Kosten	Geld (in klasse)	`---	`-	`-	`--	`---	`----
		Uitvoering	klasse 5	klasse 4 / 5	klasse 4 / 5			klasse 6
		Onderhoud	klasse 0	klasse 0	klasse 0			klasse 0
10	Geschikt voor vloer en wand		Alleen geschikt voor wand lekkage `---	Alleen geschikt voor wand lekkage `-	Alleen geschikt voor wand lekkage `-	Alleen geschikt voor wand lekkage `----	Alleen geschikt voor wand lekkages `---	Door de vloer in het holocene pakket aan te leggen wordt de lekkage door Kedichem en de lekkage door de wanden in het Pleistoceen en/of Kedichem uitgesloten. Hierdoor is het geschikt voor zowel de probleemstelling van de wanden en de bodem op te lossen ++
	Eindscore		Eindscore -6 **NIET UITVOERBAAR!** Tijd: 12 - 24 maanden Geld:30 - 45 miljoen	-5	Eindscore -7 Tijd: > 24 maanden Geld: 35 - 45 miljoen	Eindscore -5 **VARIANTNIET UITVOERBAAR!**	Eindscore 1 Tijd: > 24 maanden Geld: 35 - 45 miljoen	Eindscore 6 **Eindscore is discutabel gelet op de tijd en kosten bezien vauit openstelling A4 DS!** Tijd: > 24 maanden Geld: > 45 miljoen

Zeer goed	Goed	Neutraal	Slecht	Zeer slecht	Uitzonderlijk slecht / niet uitvoerbaar
++	+	0	-	--	---
			benoem risico	benoem risico	benoem risico

Geld (G)		Tijd (T)		Score
1	< 1 miljoen	1	< 1 mnd	++
2	1 - 5 miljoen	2	1 - 3 mnd	+
3	5 - 15 miljoen	3	3 - 6 mnd	0
4	15 - 30 miljoen	4	6 - 12 mnd	-
5	30 - 45 miljoen	5	12 - 24 mnd	--
6	> 45 miljoen	6	> 24 mnd	---

A4all	**Trade-off formulier**
	Realisatie A4 Delft - Schie
	Opdrachtnemer:

	Onderwerp	**Maatregelen wand**							
			CORRECTIEVE MAATREGELEN			**CORRECTIEVE MAATREGELEN**			
			Uitgangspunt: Lekkages hoeft niet aanwijsbaar te zijn. Lekkage dient wel een convergerende grondwaterstromning te zijn	Uitgangspunt: Lekkages is aanwijsbaar en kan hierdoor zeer nauwkeurig worden aangepakt		Uitgangspunt: Lekkages is aanwijsbaar en kan hierdoor zeer nauwkeurig worden aangepakt			
			Variant 3	*Uitgevoerd*				*Uitgevoerd*	*Uitgevoerd*
			Biosealing	**Jetgrout kolommen**	**Injectie: waterglas**	**Injectie: microcement**	**Injectie: hardgel / softgel**	**Damwandsloten dichtlassen**	**Kieren tussen damwand en CB wand aan de buitenzijde afgieten**
	Omschrijving variant		D.m.v. het injecteren van voedingsstoffen in de bodem via peilbuizen (zowel aan de binnen zijde als de buitenzijde van het compartiment) wordt de groei van de bodembacterien gestimuleerd waardoor de waterdoorlatendheid van de grond sterk verminderd (de poriën in de ondergrondworden nl. gedicht)	D.m.v. het aanbrengen van jetgrout kolommen aan de buitenzijde of binnenzijde van de bestaande CB-wand wordt een dikkere wand gecreeerd	Waterglas zal worden geinjecteerd op de locaties die na extra onderzoek naar voren zijn gekomen als lekkage	Mircocement zal worden geinjecteerd op de locaties die na extra onderzoek naar voren zijn gekomen als lekkage	Hardgel / softgel zal worden geinjecteerd op de locaties die na extra onderzoek naar voren zijn gekomen als lekkage	Damwanden zijn deels dichtgelast waar er zichtbare lekkages zaten	Kieren tussen de CB-wand en damwand aan de slootzijde (buitenzijde) worden afgegoten om te voorkomen dat er water vanuit de sloot naar binnen kan lekken
	Criteria								
1	Effectiviteit	Debiet	Verwachte reductie van 10 tot 20% van huidige debiet van VL . Uitgaande van toepassing enkel in de VL (comp. 11 t/m 14) 0/+	lokale reparatie methode na extra onderzoek +	Door het repareren van lokale lekkages zal het debiet reduceren (obv opsporen lokale lekkages) +	Door het repareren van lokale lekkages zal het debiet reduceren +	Door het repareren van lokale lekkages zal het debiet reduceren +	Wandlekkages die voor overschrijding zorgen komen niet uit het ontgraven deel maar zitten onder het niveau van de damwand -	Wandlekkages die voor overschrijding zorgen komen niet uit het ontgraven deel maar zitten onder het niveau van de damwand -
2		Stijghoogte	Door een reductie op het huidige debiet zal ook het huidige stijghoogte verschil verminderen +	+	Door reductie van het debiet zal de stijghoote positief worden beinvloed +	Door reductie van het debiet zal de stijghoote positief worden beinvloed +	Door reductie van het debiet zal de stijghoote positief worden beinvloed +	Reductie op debiet is nihil waardoor stijghoogte vrijwel gelijks blijkft aan huidige sitiatie (verlaging van ca. 30 tot 50 cm) -	Reductie op debiet is nihil waardoor stijghoogte vrijwel gelijk blijkft aan huidige sitiatie (verlaging van ca. 30 tot 50 cm) -
3	Duurzaamheid	Kwaliteit	Vanwege trackrecord en weinig referentie projecten 0	+	Risico: - Geen 100 jarige levensduur -	Risico: - Geen 100 jarige levensduur -	Risico: - Geen 100 jarige levensduur -	+	0
4		Onderhoud	Inschatting is dat iedere 1,5 tot 2 jaar de biosealing bacterien opnieuw in de bodem moet worden gevoed middels injectie. (dit is meegenomen in de kosten). -	+	Dient meermaals aangebracht te worden (afhankelijk van toegepaste methode) -	Dient meermaals aangebracht te worden (afhankelijk van toegepaste methode) -	Dient meermaals aangebracht te worden (afhankelijk van toegepaste methode) -	+	0
			Risico: - Effect op waterafvoer systeem is onbekend. - Dichtslibben drainage systeem. Risico is te verhelpen door beheer en onderhoudsintervallen hierop aan te passen						
5	Techniek	Ervaring (bewezen techniek)	Inpasbaar maar beperkt bewezen techniek -	-	Injecteren van waterglas is een bewezen techniek +	Injecteren van microcement is een bewezen techniek +	Injecteren van hard gel/sift gel is een bewezen techniek +	+	+
				Risico: Tot op een diepte van -45 NAP jetgrouten is geen bewezen techniek. Afwijking tussen verschillende kolommen zijn op deze diepte fors. Gevolg hiervan is dat K-waarde jetgroutvloer laag is. Aansluitingen tegen bestaande wand zijn niet te controleren Wandveranke ringen vormen obstakels					
6	Uitvoerbaarheid	Complexiteit	Geen complexe uitvoeringsmethode. Door het aanbrengen van peilbuizen aan beide zijde van het trace (h.o.h. 2,5 a 5 m) langs de verdiepte ligging (1,4 km) kan de biosealing bacterie worden aangebracht ++	-	Na extra onderzoek dient de lekkage lokaal en aanwijsbaar te zijn. De lokatie kan hierna worden geinjecteerd met enige overlap zodat de lekkage wordt gedicht/vermiderd +	Na extra onderzoek dient de lekkage lokaal en aanwijsbaar te zijn. De lokatie kan hierna worden geinjecteerd met enige overlap zodat de lekkage wordt gedicht/vermiderd +	Na extra onderzoek dient de lekkage lokaal en aanwijsbaar te zijn. De lokatie kan hierna worden geinjecteerd met enige overlap zodat de lekkage wordt gedicht/vermiderd +	++	++
7		Nauwkeurigheid	Doordat de peilbuizen een juist gekozen locatie kunnen worden geplaatst is de nauwkeurigheid van de uitvoerbaarheid groot ++	-	Zodra lokatie bepaald is kan er vrij nauwkeurig gerepareerd worden +	Zodra lokatie bepaald is kan er vrij nauwkeurig gerepareerd worden +	Zodra lokatie bepaald is kan er vrij nauwkeurig gerepareerd worden +	+	++
8	Snelheid	Tijd (in klasse)	klasse 6 ---	-	-	-	-	-	++
9	Kosten	Geld (in klasse)	klasse 6 ---	-	0	0	0	+	++
		Uitvoering							
		Onderhoud							
10	Geschikt voor vloer en wand		Doordat de biosealing zowel lekkages in de wand kunnen dichten alswel lekkage in de vloer is het voor beide doeleinden geschikt ++	Alleen geschikt voor wand lekkage -	Alleen geschikt voor lokale/aanwijsbare wand lekkage -	Alleen geschikt voor lokale/aanwijsbare wand lekkage -	Alleen geschikt voor lokale/aanwijsbare wand lekkage -	Nihil effect voor wandlekkage en geen effect voor vloer lekkage -	Nihil effect voor wandlekkage en geen effect voor vloer lekkage -
	Eindscore		Eindscore **-2**	Eindscore **-6**	Eindscore **-5**	Eindscore **-5**	Eindscore **-5**	Eindscore **0**	Eindscore **3**
			Kosten bezien over 100 jaar als comp 11 t/m 14 uitgevoerd dient te worden Tijd: n.v.t. (100 jaar onderhoud) Geld: > 45 miljoen	Geen reparatiemethode voor grote oppervlakte op diepte. Wel toegepast in comp. 15-3 op klein oppervlak.					

Zeer goed	Goed	Neutraal
++	+	0

Geld (G)		Tijd
1	< 1 miljoen	1
2	1 - 5 miljoen	2
3	5 - 15 miljoen	3
4	15 - 30 miljoen	4
5	30 - 45 miljoen	5
6	> 45 miljoen	6

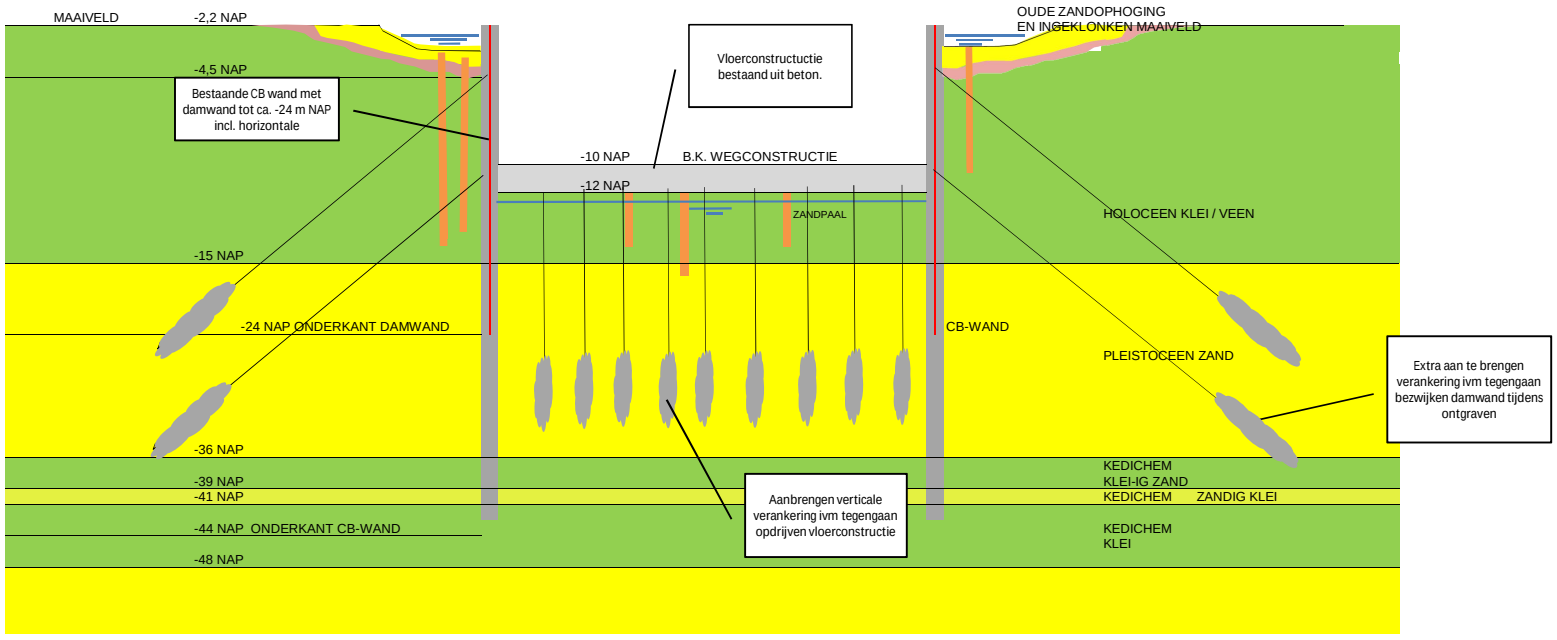
A4all	**Trade-off formulier**
	Realisatie A4 Delft - Schie
	Opdrachtnemer:

Onderwerp		**Maatregelen wand**		
		Compenserende maatregel		
		Compenserende maatregelen zorgen ervoor dat er in de omgeving gecompenseerd wordt voor de mogelijke verlagingen a.g.v. de A4. Deze compensering zal bestaan uit een systeem dat water terugbrengt in een of meerdere grondlagen (holoceen, pleistoceen). Uitgangspunt is dat dit systeem over de vollige lengte en invloed gebied aangelegd dient te worden van de A4.		
		NIET UITVOERBAAR		UTGEVOERD / NIET UITVOERBAAR
		Infiltratiesysteem freatisch (onderwaterdrains)		**Retourbemaling**
	Omschrijving variant	D.m.v. het inbrengen van water onder polderpeilniveau, dmv een drainagesysteem, wordt de daling van het polderpeilniveau agv de verlaging in de pleistocene laag (1ste wvp) tegen gegaan.		Het opgevangen water zal d.m.v. een luchtdicht systeem buiten de constructie gebracht worden waarrna het in het retourbemalingssysteem wordt gepompt dat zich aan de buiten zijde van de constrcutie bevindt
	Criteria			
1	Effectiviteit – Debiet	Geen reductie effect op het huidige debiet van de VL	--	Debiet blijft gelijk aan het huidige debiet van de VL --
2	Effectiviteit – Stijghoogte	Stijghoogte in het freatische vlak wordt op peil gehouden door infiltratie	++	Stijghoogte in freatisch pakket wordt gelijkgehouden door infiltratiesysteem ++
3	Duurzaamheid – Kwaliteit	Infiltratie systemen worden vaker toegepast om te voorkomen dat er zaken als verdroging, zetting etc. optreed. Hier zal er een minimale infiltratie benodigd zijn omdat het een polder is waar men het watersysteem van beheert. Hier zal het systeem een aanvulling zijn op het polderbeheer tijdens een droge periode die eens in de 20 jaar voorkomt.	0	Doordat het opgevangen water zuurstof/gas bevat vanwege de aanwezigheid van veen in de ondergrond is het onmogelijk om het zuurstof/ gasloos terug te brengen in de ondergrond. Tevens bevat het water dat opgevangen wordt een hoog consentraat ijzer. Hierdoor zullen de filters van de retourbemaling binnen afzienbare tijd (max 5 maanden) dichtslibben. --
4	Duurzaamheid – Onderhoud	Infiltratiesysteem zal een onderhoudsperiode van 2 jaar hebben.	--	Om de ca. 5 maanden dient het systeem onderhouden/opgeschoond te worden --
5	Techniek – Ervaring (bewezen techniek)	Bewezen techniek	+	Bewezen techniek +
6	Uitvoerbaarheid – Complexiteit	Omdat het systeem een aanvulling is op het huidige poldersysteem dient er bekeken te worden waar het te infiltreren water vanddaan gehaald wordt. Als dit uit de watergangen van de polder gehaald wordt dient men meer water in te laten om het polderniveau te handhaven. Dit is juist niet de bedoeling. Het infiltratiesysteem moet namelijk een aanvulling zijn op het al bestaande polderregime. Tevens wordt het afgeraden om onderwaterdrains aan te brengen in een kwel polder die bestaat uit een veenweide gebied. Het gebied waar de A4DS doorheenloopt is een veenweide gebied waardoor een onderwaterdrain niet de geweste oplossing is om verdroging tegen te gaan wanneer deze aanwezig is.	--	Per bron die in het copmartiment aanwezig is dienen 3 retourbemalingsbronnen aangebracht te worden. Hierdoor zullen er minimaal ca. 60 retourbemalingsputten worden aangebracht. --
7	Uitvoerbaarheid – Nauwkeurigheid	De nauwkeurigheid van het aan te leggen is beheersbaar. Het systeem hoeft op een niet al te grote diepte aangelegd te worden. Wel dient het systeem over de lengte van de verdiepte en halfverdiepte ligging aangebracht te worden die beinvloed worden door verlagingen in het freatsche vlak die kunnen leiden tot verdroging. Tevens is er een deelgebied in de polder (waar men doorheen moet) die een ander peilbeheer heeft. Om het systeem door te laten lopen en verschillende peilen aan te houden is een uitdaging	-	Bronnen kunnen nauwkeurig aangebracht worden +
8	Snelheid	Tijd (in klasse)	klasse 0	0
9	Kosten	Geld (in klasse)	-	+
		Uitvoering	klasse 3	klasse 3
		Onderhoud	klasse 2	klasse 3
10	Geschikt voor vloer en wand		Een compenserende maatregel heeft geen effect op wand en/of vloer lekkages --	Een compenserende maatregel heeft geen effect op wand en/of vloer lekkages 0
	Eindscore		Eindscore **-7** BEELD IS DAT DIT NAGENOEG NIET UITVOERBAAR IS!	Eindscore **-3** Retourbemaling is reeds toegepast en had niet het gewenste effect! BEELD IS DAT DIT NAGENOEG NIET UITVOERBAAR IS!

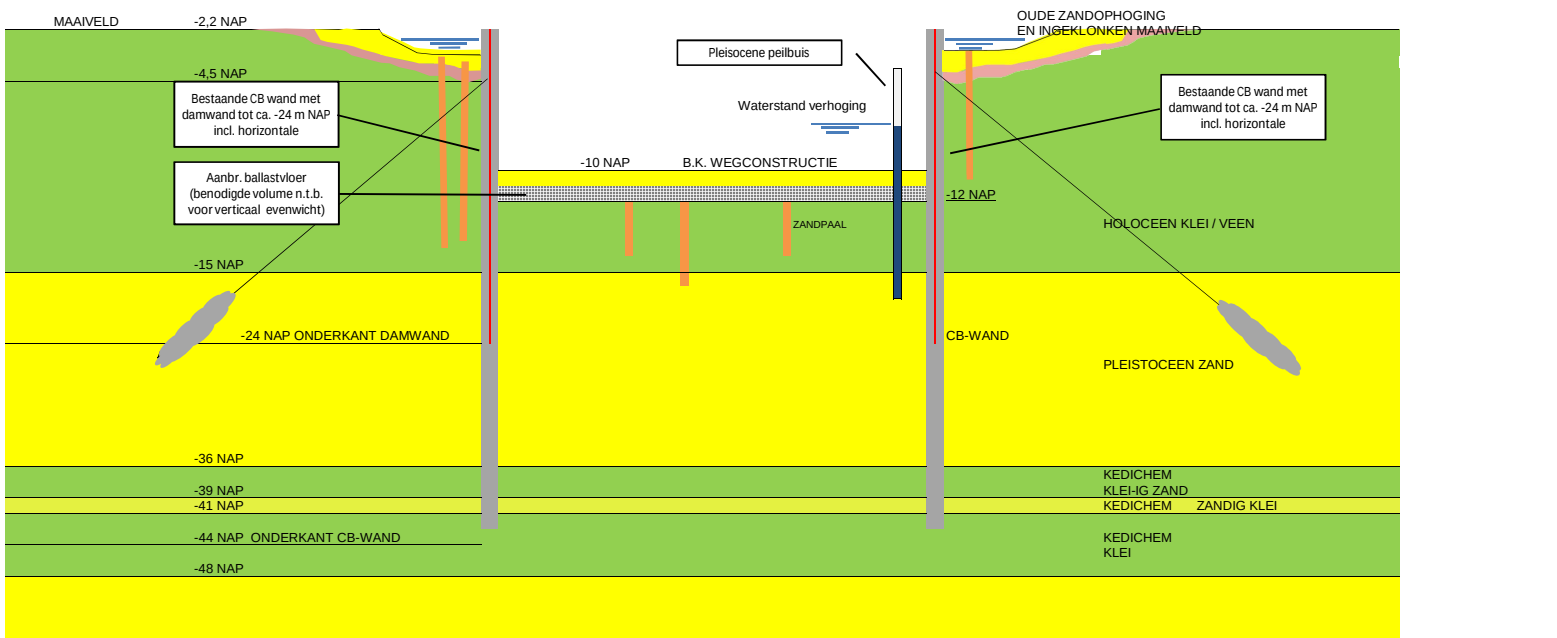
Zeer goed	Goed	Neutraal
++	+	0

Geld (G)		Tijd
1	< 1 miljoen	1
2	1 - 5 miljoen	2
3	5 - 15 miljoen	3
4	15 - 30 miljoen	4
5	30 - 45 miljoen	5
6	> 45 miljoen	6

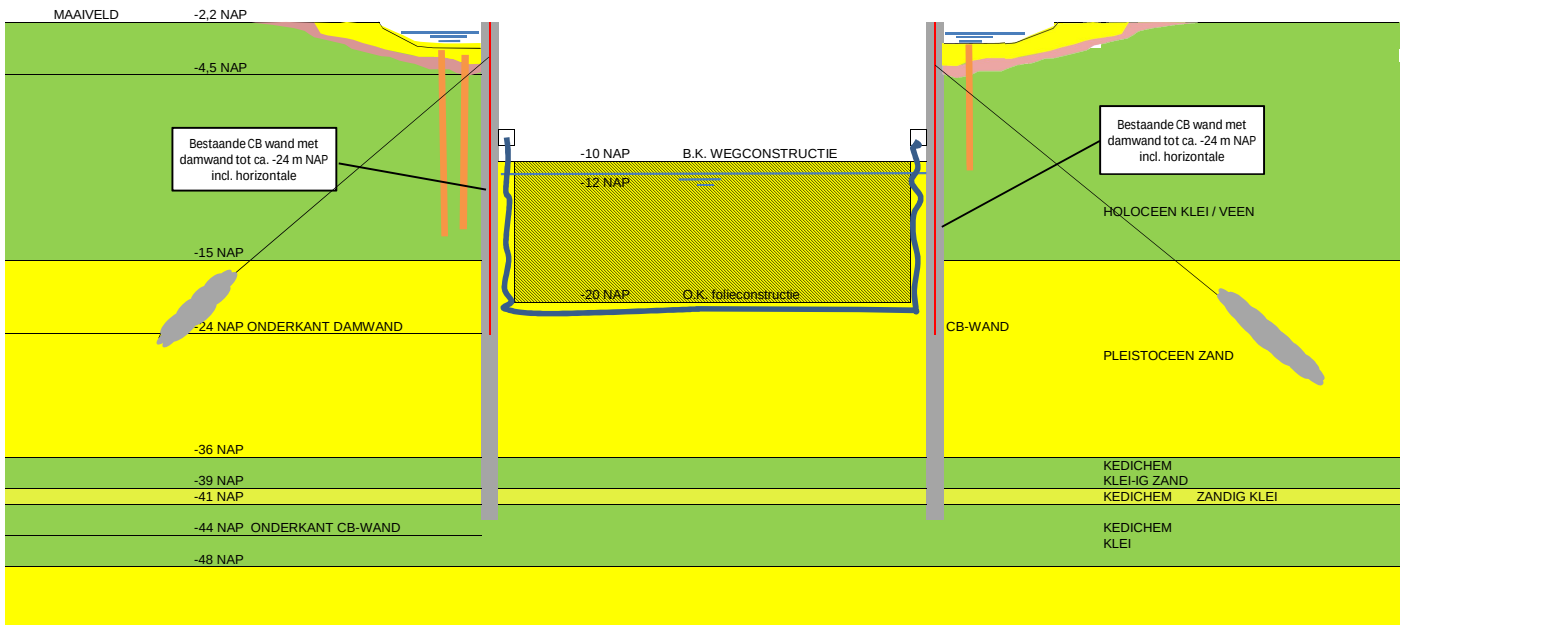
Variant 1
Vloerconstructie



Variant 2
Waterstand in het compartiment verhogen incl. ballastvloer



Variant 3
Folie constructie



Trade-off formulier

Realisatie A4 Delft - Schiedam

Opdrachtnemer: **A4all** | **Datum: 09-12-2014** | **Opsteller: Michiel Bosman**

	Onderwerp	**Maatregelen vloer**	**Vloerconstructie vanaf huidige niveau in compartiment**		**Vloerconstructie op diepte zonder extra ontgraving (in den droge) onder Kedichem**			
					Uitgangspunt: Lekkage door Kedichem is aanwijsbaar. Lokaal dient er aangevuld worden tot beheersbaar niveau ivm opvangen drukverschil			Uitgangspunt: Lekkage door Kedichem is difuus. Tpv injectie punten dient er aangevuld te worden tot een beheersbaar niveau ivm opvangen drukverschil
			Variant 1	*Variant 2*				NIET UITVOERBAAR
			Vloerconstructie	**Waterstand in het compartiment verhogen incl. ballastvloer**	**Injectie: waterglas**	**Injectie: microcement**	**Injectie: hardgel / softgel**	**Biosealing**
	Omschrijving variant		Door het aanbrengen van een vloerconstructie (beton) wordt een waterdichte laag aangebracht. Dit zal in de compartimenten 11 t/m 14 worden uitgevoerd.	D.m.v. het verhogen van de stijghoogte van het pleistoceen zal het stijghoogte verschil verminderen. Hierdoor zal de lekkage vanuit het pleistoceen verminderen. Doordat de stijghoogte hoger wordt komt er een grotere druk tegen de onderzijde van het holocene pakket. Hierdoor wordt het opbasrtgevaar groter. Om dit tegen te gaan dient er een ballastvloer aanbegracht te worden die tegendruk kan geven om dit opbartsgevaar te tegen te gaan.	Waterglas zal worden geinjecteerd op de locaties die na extra onderzoek naar voren zijn gekomen als lekkage	Mircocement zal worden geinjecteerd op de locaties die na extra onderzoek naar voren zijn gekomen als lekkage	Hardgel / softgel zal worden geinjecteerd op de locaties die na extra onderzoek naar voren zijn gekomen als lekkage	Aan de binnenzijde van het compartiment zal er een onderafdichting worden aangebracht dmv biosealing
	Criterea							
1	Effectiviteit	Debiet	Door het aanbrengen van een betonnen vloer wordt de lekkage door de ondergrond vrijwel nihil ++	Reductie van 10 tot 20% op het huidige debiet van de VL +	Door het repareren van lokale lekkages in de bodem (kedichem) zal het debiet reduceren (obv opsporen lokale lekkages) +	Door het repareren van lokale lekkages in de bodem (kedichem) zal het debiet reduceren (obv opsporen lokale lekkages) +	Door het repareren van lokale lekkages in de bodem (kedichem) zal het debiet reduceren (obv opsporen lokale lekkages) +	Verwachte reductie van 10 tot 20% van huidige debiet van VL . Uitgaande van toepassing enkel in de VL (comp. 11 t/m 14) 0/+
2		Stijghoogte	Door het reduceren van het debiet tot een minimum zal de stijghoogte zich herstellen ++	Door het verhogen van de stijghoogte in het pleistoceen +	Door reductie van het debiet zal de stijghoote positief worden beïnvloed +	Door reductie van het debiet zal de stijghoote positief worden beïnvloed +	Door reductie van het debiet zal de stijghoote positief worden beïnvloed +	Door een reductie op het huidige debiet zal ook het huidige stijghoogte verschil verminderen +
3	Duurzaamheid	Kwaliteit	Zeer duurzaam en kwalitatieve oplossing ++	Duurzame oplossing. Systeem dient wel onderhouden te worden +	Risico: - Geen 100 jarige levensduur --	Microcement is een duurzaam product +	Risico: - Geen 100 jarige levensduur --	Vanwege trackrecord en weinig referentie projecten 0
4		Onderhoud	Benodigd geen onderhoud ++	Systeem behoeft om de ca. 3 tot 5 jaar onderhoud -	Dient meermaals aangebracht te worden (afhankelijk van toegepaste methode) --	Behoeft geen onderhoud ++	Dient meermaals aangebracht te worden (afhankelijk van toegepaste methode) --	Inschatting is dat iedere 1,5 tot 2 jaar de biosealing bacterien opnieuw in de bodem moet worden gevoed middels injectie. (dit is meegenomen in de kosten). --
								Risico: - Effect op waterafvoer systeem is onbekend. - Dichtslibben drainage systeem. Risico is te verhelpen door beheer en onderhoudsintervallen hierop aan te passen
5	Techniek	ervaring (bewezen techniek	Bewezen techniek ++	Geen bewezen techniek. -	Injecteren van waterglas is een bewezen techniek +	Injecteren van microcement is een bewezen techniek alleen het injecteren tot op een diepte van -45 is niet veelvuldig toegepast 0	Injecteren van hard gel/sift gel is een bewezen techniek +	Inpasbaar maar beperkt bewezen techniek -
6	Uitvoerbaarheid	Complexiteit	Veel risico's: - Fasering - Dienstgebouwen - Vergunningen Bergingsriool - Overgangen (vloer --> geen vloer) - Compartimenteringen - Tijdelijke lekkage is groter (waterbezwaar) - Aansluiting op wanden --	Veel risico's: - Fasering - Veel ballast materiaal (staalslakken) nodig. - Uitloging ballastmateriaal (vervuiling milieu, grondwater) - Verschil zetting - Aansluiting bedieningsgebouwen en trappenhuizen --	Na extra onderzoek dient de lekkage lokaal en aanwijsbaar te zijn. De lokatie kan hierna worden geinjecteerd met enige overlap zodat de lekkage wordt gedicht/vermiderd --	Na extra onderzoek dient de lekkage lokaal en aanwijsbaar te zijn. De lokatie kan hierna worden geinjecteerd met enige overlap zodat de lekkage wordt gedicht/vermiderd --	Na extra onderzoek dient de lekkage lokaal en aanwijsbaar te zijn. De lokatie kan hierna worden geinjecteerd met enige overlap zodat de lekkage wordt gedicht/vermiderd --	Geen complexe uitvoeringsmethode. Door het aanbrengen van peilbuizen aan beide zijde van het trace (h.o.h. 2,5 a 5 m) langs de verdiepte ligging (1,4 km) kan de biosealing bacterie worden aangebracht ++
7		Nauwkeurigheid	Het aanbrengen van een vloecontructie is een nauwkeurige methode ++	Het aanbrengen van een ballastvloer kan vrij nauwkeurig uitgevoerd worden tevens kunnen de uitstroom voorzieningen nauwkeurig worden aangepast ++	Zodra lokatie bepaald is kan er vrij nauwkeurig gerepareerd worden +	Zodra lokatie bepaald is kan er vrij nauwkeurig gerepareerd worden --	Zodra lokatie bepaald is kan er vrij nauwkeurig gerepareerd worden +	Doordat de peilbuizen een juist gekozen locatie kunnen worden geplaatst is de nauwkeurigheid van de uitvoerbaarheid groot ++
8	Snelheid	Tijd (in klasse)	klasse 6 ---	klasse 4 / 5 --	-	-	-	klasse 6 ---
9	Kosten	Geld (in klasse)	---	--	0	0	0	klasse 6 ---
		Uitvoering	klasse 6	klasse 4	klasse 4	klasse 4	klasse 4	
		Onderhoud	klasse 0	klasse 2	klasse 0	klasse 0	klasse 0	
10	Geschikt voor vloer en wand		Door de vloer in het holocene pakket aan te leggen wordt de lekkage door Kedichem en de lekkage door de wanden in het Pleistoceen en/of Kedichem uitgesloten. Hierdoor is het geschikt voor zowel de probleemstelling van de wanden en de bodem op te lossen ++	Geschikt voor wand en vloer. Door het stijghoogte verschil binnen en buiten het compartiment te verkleinen wordt het druk verschil vermindert waardoor er minder water door de wand en vloer zal lekken. ++	Alleen geschikt voor lokale/aanwijsbare wand lekkage --	Alleen geschikt voor lokale/aanwijsbare wand lekkage --	Alleen geschikt voor lokale/aanwijsbare wand lekkage --	Doordat de biosealing zowel lekkages in de wand kunnen dichten alswel lekkage in de vloer is het voor beide doeleinden geschikt ++
	Eindscore		Eindscore **6** **Eindscore is discutabel gelet op de tijd en kosten bezien vauit openstelling A4 DS!** Tijd: > 24 maanden Geld: > 45 miljoen	Eindscore **-2** Tijd: > 24 maanden Geld: 20-35 miljoen	Eindscore **-5**	Eindscore **-2**	Eindscore **-4**	Eindscore **-2** **Kosten bezien over 100 jaar als comp 11 t/m 14 uitgevoerd dient te worden** Tijd: n.v.t. (100 jaar onderhoud) Geld: > 45 miljoen

Zeer goed	Goed	Neutraal	Slecht	Zeer slecht	Uitzonderlijk slecht / niet uitvoerbaar
++	+	0	-	--	---
			benoem risico	benoem risico	benoem risico

Geld (G)		Tijd (T)		Score
1	< 1 miljoen	1	< 1 mnd	++
2	1 - 5 miljoen	2	1 - 3 mnd	+
3	5 - 15 miljoen	3	3 - 6 mnd	0
4	15 - 30 miljoen	4	6 - 12 mnd	-
5	30 - 45 miljoen	5	12 - 24 mnd	--
6	> 45 miljoen	6	> 24 mnd	---

	Trade-off formulier
	Realisatie A4 Delft - Sc
	Opdrachtnemer:

Onderwerp	**Maatregelen vloer**	**Vloerconstructie op diepte zonder extra ontgraving (in den droge) In Pleistocene laag**		**Vloerconstructie op diepte met extra ontgraving (in den natte)**			
		Uitgangspunt: Vloerconstructie dient boven puntniveau damwand te worden aangebracht ivm aansluiting op bestaande constructie CB-wand met afgehangen stalen damwand. Volledige compartiment zal moeten worden aangevuld tot een beheersbaar niveau om drukverschil te kunnen opvangen en uitspoeling van materiaal te voorkomen		Uitgangspunt: De vloerconstructie / onderafdichting dient op een voldoende diep peil aangebracht te worden om er voor te zorgen dat de constructie niet komt opdrijven of opbarst. Door een eventuele optimalisatie van het aanbrengen van een ballast materiaal kan de diepte eventueel gereduceerd worden naar een hoger peil. Tevens is de lekkage door de vloer difuus om deze maatregel toe te passen.			
				NIET UITVOERBAAR	NIET UITVOERBAAR	NIET UITVOERBAAR	
		Jetgrouten vloer	**Kalkcement kolommen in pleistoceen**	**Minerale onderafdichting (trisoplast)**	**Kleivloer**	**Folie constructie**	
Omschrijving variant		Jetgrout vloer zal in het pleistoceen aangebracht worden om een vloerconstructie op diepte te realiseren	Als onderafdichting zullen er kalkcementpalen worden aangebracht	Als onderafdichting wordt er een minerale afdichting aangebracht.	Als onderafdichting zal er een kleivloer aangebracht worden	Als onderafdichting in de ondergrond zal er over de compartimenten 11 t/m 14 een folieconstrcutie worden aangebracht. Deze folieconstructie zal in de natte aangebracht moeten worden ivm het opbarst gevaar dat er is als er droog ontgraven wordt.	
Criterea							
1 Effectiviteit	Debiet	Materiaal dient gelijk of een kleinere doorlatendheid te hebben als Kedichem om voor een reductie te zorgen	Materiaal dient gelijk of een kleinere doorlatendheid te hebben als Kedichem 0	Een minerale onderafdichting wordt toegepast om indringing in de ondergrond (van bovenaf) te voorkomen. Omdat het voor deze constructie niet toegepast wordt is de effectiviteit onduidelijk	Indien de kleilaag voldoende dik is en voldoende verdicht kan worden zal het een factor 2 a 3 reductie opleveren tov het huidige debiet van de VL	Door het aanbrengen van een folieconstructie als onderafdichting zal er een waterafsluitende laag worden aangebrachtwaardoor het debiet vrijwel nihil wordt	
2	Stijghoogte	Indien er een reductie op het debiet is dan zal dit ook een postitief effect hebben op de stijghoogte	Indien er een reductie op het debiet is dan zal dit ook een positief effect hebben op de stijghoogte 0	Ivm onbekendheid van debietsreductie is het onzeker of het een effect zal hebben op de stijghoogte	Doordat er een reductie op het debiet is zal dit ook een positief effect hebben op de stijghoogte	Door het reduceren van het debiet tot een minimum zal de stijghoogte zich herstellen	
3 Duurzaamheid	Kwaliteit	Zeer duurzaam en kwalitatieve oplossing	Vanwege trackrecord en weinig referenite projecten 0	Vanwege trackrecord en weinig referenite projecten 0	Klei is een effectieve methode/maatregel om een constructie waterremmend te maken	Zeer duurzaam en kwalitatieve oplossing	
	Onderhoud	Behoeft geen onderhoud	Behoeft geen onderhoud		Geen onderhoud	Folieconstructie benodigd geen onderhoud	
4							
5 Techniek	Ervaring (bewezen techniek	Het aanbrengen van kolommen in de ondergrond is een bewezen techniek. Door A4all is deze methode ook al toegepast in de compartimenten 9 en 15 om lokale lekkages te repareren. Ervaring op grote schaal en tot op deze diepte is er niet.	Geen bewezen techniek voor deze problematiek. Methode wordt toegepast voor stabiliseren slappe grondlagen 0	Voor deze oplossing is dit product nog niet toegepast	Klei als onderafdichting is een bewezen techniek alleen niet op deze schaal en met deze probleem aanpak	Bewezen techniek	
6 Uitvoerbaarheid	Complexiteit	Veel risico's: - Aanvullen compartimenten tot ca. -3 m NAP over volledige breedte - Aansluiting dienstgebouwen en trappenhuizen - Aansluiting op bestaande wanden is niet te controleren en kan lekweg blijven -	Veel risico's: - Aanvullen compartimenten tot ca. -3 m NAP over volledige breedte - Aansluiting dienstgebouwen en trappenhuizen - Aansluiting op bestaande wanden is niet te controleren en kan lekweg blijven -	Niet uitvoerbaar omdat de passieve zone van de damwand verwijderd wordt tijdens graafwerkzaamheden. Hierdoor zal de CB-wand en damwandconstructie bezwijken.	Niet uitvoerbaar omdat de passieve zone van de damwand verwijderd wordt tijdens graafwerkzaamheden. Hierdoor zal de CB-wand en damwandconstructie bezwijken.	Niet uitvoerbaar omdat de passieve zone van de damwand verwijderd wordt tijdens graafwerkzaamheden. Hierdoor zal de CB-wand en damwandconstructie bezwijken.	
7	Nauwkeurigheid	Door het aanbrengen van de groutkolommen op grote diepte is de nauwkeurigheid van het plaatsen van de kolommen niet te garanderen	Door het aanbrengen van de kolommen op grote diepte is de nauwkeurigheid van het plaatsen van de kolommen niet te garanderen	N.v.t. omdat deze maatregel niet uitvoerbaar is	N.v.t. omdat deze maatregel niet uitvoerbaar is	N.v.t. omdat deze maatregel niet uitvoerbaar is	
8 Snelheid	Tijd (in klasse)	klasse 6	klasse 4	klasse 4	klasse 4	klasse 5	
9 Kosten	Geld (in klasse)		0				
	Uitvoering	klasse 5	klasse 4	klasse 4	klasse 4	klasse 6	
	Onderhoud	klasse 1	klasse 0	klasse 0	klasse 0	klasse 0	
10 Geschikt voor vloer en wand		Zolang er niet dieper gegaan wordt dan onderzijde damwand zal het zowel voor vloer als wand geschikt zijn. Als dit niet het geval is zal het beperkt voor de wand geschikt zijn. 0	Zolang er niet dieper gegaan wordt dan onderzijde damwand zal het zowel voor vloer als wand geschikt zijn. Als dit niet het geval is zal het beperkt voor de wand geschikt zijn. 0			Door een onderafdichting aan te brengen in de pleistocene laag wordt de lekkage door de bodem als wel de lekkage door de wanden uitgesloten	
Eindscore		Eindscore **-3**	Eindscore **-2**	Eindscore - NIET UITVOERBAAR	Eindscore - NIET UITVOERBAAR	Eindscore - NIET UITVOERBAAR	

Zeer goed	Goed	Neutraal
++	+	0

Geld (G)		Tijd (T
1	< 1 miljoen	1 < 1
2	1 - 5 miljoen	2 1 -
3	5 - 15 miljoen	3 3 -
4	15 - 30 miljoen	4 6 -
5	30 - 45 miljoen	5 12
6	> 45 miljoen	6 > 2

	Trade-off formulier
	Realisatie A4 Delft - Sc
	Opdrachtnemer:

	Onderwerp	**Maatregelen vloer**	**Compenserende maatregel**			
			Compenserende maatregelen zorgen ervoor dat er in de omgeving gecompenseerd wordt voor de mogelijke verlagingen a.g.v. de A4. Deze compensering zal bestaan uit een systeem dat water terugbrengt in een of meerdere grondlagen (holoceen, pleistoceen). Uitgangspunt is dat dit systeem over de vollige lengte en invloed gebied aangelegd dient te worden van de A4.			
			NIET UITVOERBAAR		NIET UITVOERBAAR	
			Infiltratiesysteem freatisch (onderwaterdrains)		**Retourbemaling**	
	Omschrijving variant		D.m.v. het inbrengen van water onder polderpeilniveau, dmv een drainagesysteem, wordt de daling van het polderpeilniveau agv de verlaging in de pleistocene laag (1ste wvp) tegen gegaan.		Het opgevangen water zal d.m.v. een luchtdicht systeem buiten de constructie gebracht worden waarna het in het retourbemalingssysteem wordt gepompt dat zich aan de buiten zijde van de constrcutie bevindt	
	Criterea					
1	Effectiviteit	Debiet	Geen reductie effect op het huidige debiet van de VL	--	Debiet blijft gelijk aan het huidige debiet van de VL	--
2		Stijghoogte	Stijghoogte in het freatische vlak wordt op peil gehouden door infiltratie	++	Stijghoogte in freatisch pakket wordt gelijkgehouden door infiltratiesysteem	++
3	Duurzaamheid	Kwaliteit	Infiltratie systemen worden vaker toegepast om te voorkomen dat er zaken als verdroging, zetting etc. optreed. Hier zal er een minimale infiltratie benodigd zijn omdat het een polder is waar men het watersysteem van beheert. Hier zal het systeem een aanvulling zijn op het polderbeheer tijdens een droge periode die eens in de 20 jaar voorkomt.	0	Doordat het opgevangen water zuurstof/gas bevat vanwege de aanwezigheid van veen in de ondergrond is het onmogelijk om het zuurstof/ gasloos terug te brengen in de ondergrond. Tevens bevat het water dat opgevangen wordt een hoog consentraat ijzer. Hierdoor zullen de filters van de retourbemaling binnen afzienbare tijd (max 5 maanden) dichtslibben.	--
4		Onderhoud	Infiltratiesysteem zal een onderhoudsperiode van 2 jaar hebben.	--	Om de ca. 5 maanden dient het systeem onderhouden/opgeschoond te worden	--
5	Techniek	ervaring (bewezen techniek	Bewezen techniek	+	Bewezen techniek	+
6	Uitvoerbaarheid	Complexiteit	Omdat het systeem een aanvulling is op het huidige poldersysteem dient er bekeken te worden waar het te infiltreren water vanddaan gehaald wordt. Als dit uit de watergangen van de polder gehaald wordt dient men meer water in te laten om het polderniveau te handhaven. Dit is juist niet de bedoeling. Het infiltratiesysteem moet namelijk een aanvulling zijn op het al bestaande polderregime. Tevens wordt het afgeraden om onderwaterdrains aan te brengen in een kwel polder die bestaat uit een veenweide gebied. Het gebied waar de A4DS doorheenloopt is een veenweide gebied waardoor een onderwaterdrain niet de gewenste oplossing is om verdroging tegen te gaan wanneer deze aanwezig is.	--	Per bron die in het copmartiment aanwezig is dienen 3 retourbemalingsbronnen aangebracht te worden. Hierdoor zullen er minimaal ca. 60 retourbemalingsputten worden aangebracht.	--
7		Nauwkeurigheid	De nauwkeurigheid van het aan te leggen is beheersbaar. Het systeem hoeft op een niet al te grote diepte aangelegd te worden. Wel dient het systeem over de lengte van de verdiepte en halfverdiepte ligging aangebracht te worden die beinvloed worden door verlagingen in het freatsche vlak die kunnen leiden tot verdroging. Tevens is er een deelgebied in de polder (waar men doorheen moet) die een ander peilbeheer heeft. Om het systeem door te laten lopen en verschillende peilen aan te houden is een uitdaging	-	Bronnen kunnen nauwkeurig aangebracht worden	+
8	Snelheid	Tijd (in klasse)	klasse	0		0
9	Kosten	Geld (in klasse)		-		+
		Uitvoering	klasse 3		klasse 3	
		Onderhoud	klasse 2		klasse 3	
10	Geschikt voor vloer en wand		Een compenserende maatregel heeft geen effect op wand en/of vloer lekkages	--	Een compenserende maatregel heeft geen effect op wand en/of vloer lekkages	0
	Eindscore		Eindscore	**-7**	Eindscore	**-3**
			BEELD IS DAT DIT NAGENOEG NIET UITVOERBAAR IS!		BEELD IS DAT DIT NAGENOEG NIET UITVOERBAAR IS!	

Zeer goed	Goed	Neutraal	
++	+	0	be

Geld (G)		Tijd (T
1	< 1 miljoen	1 < 1
2	1 - 5 miljoen	2 1 -
3	5 - 15 miljoen	3 3 -
4	15 - 30 miljoen	4 6 -
5	30 - 45 miljoen	5 12
6	> 45 miljoen	6 > 2