

A12/A15 Ressen – Oudbroeken (ViA15)  
Ontwerptracébesluit

12

Geohydrologisch onderzoek doortrekking A15

**Uitgave**

Dit is een uitgave van Projectbureau ViA15  
Kijk voor meer informatie op [www.ViA15.nl](http://www.ViA15.nl)  
Of bel 0800 – 8002  
November 2015



Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Project ViA15 is een samenwerking van provincie Gelderland  
en ministerie van Infrastructuur en Milieu.



Medegefinancierd door de Europese Unie  
De financieringsfaciliteit voor Europese verbindingen

**GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK  
DOORTREKKING A15**

OTB VIA15

4 november 2014  
077797315:0.12 - Definitief  
C01012.100235.0100/LB



# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>2</b>
1.1	Aanleiding .....	2
1.2	Doel van het onderzoek .....	2
1.3	Werkwijze .....	3
1.4	Leeswijzer .....	4
<b>2</b>	<b>Modelbeschrijving</b> .....	<b>5</b>
2.1	Gegevensbronnen .....	5
2.2	Systeembeschrijving .....	5
2.3	Modelgebied.....	8
2.4	Modelopbouw .....	9
2.5	Randvoorwaarden en variabelen .....	12
<b>3</b>	<b>Gevoeligheidsanalyse en kalibratie</b> .....	<b>17</b>
3.1	Gevoeligheidsanalyse.....	17
3.2	Kalibratie.....	18
3.3	Dynamische validatie.....	22
3.4	Geldigheidsgebied en verantwoording .....	22
<b>4</b>	<b>Resultaten en conclusies</b> .....	<b>24</b>
4.1	Beschrijving scenarioberekeningen .....	24
4.2	Resultaten scenarioberekeningen .....	26
4.3	Effecten op de omgeving .....	33
	<b>Referenties</b> .....	<b>40</b>
	<b>Bijlagen</b> .....	<b>41</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Ondergrondgegevens</b> .....	<b>42</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Bodemmodel Zevenaar</b> .....	<b>44</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>GeoTOP</b> .....	<b>46</b>
<b>Bijlage 4</b>	<b>Legger WRIJ</b> .....	<b>48</b>
<b>Bijlage 5</b>	<b>Grondwateraanvulling</b> .....	<b>50</b>
<b>Bijlage 6</b>	<b>Grondwateronttrekkingen</b> .....	<b>52</b>
<b>Bijlage 7</b>	<b>Grondwaterstanden</b> .....	<b>54</b>
<b>Bijlage 8</b>	<b>Scenario hoogwater '94/'95</b> .....	<b>58</b>
<b>Bijlage 9</b>	<b>Scenario laagwater 2003</b> .....	<b>65</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 AANLEIDING

Voor het verbeteren van de bereikbaarheid van de Stadsregio Arnhem-Nijmegen hebben het Rijk, provincie Gelderland en Stadsregio Arnhem Nijmegen de planstudie *'Betere bereikbaarheid door een robuust wegennetwerk in de regio Arnhem - Nijmegen'* gestart (Projectbureau ViA15: [www.via15.nl](http://www.via15.nl)). Om de bereikbaarheid en verkeersdoorstroming in de regio Arnhem-Nijmegen te verbeteren, heeft de minister van Infrastructuur en Milieu in juli 2012 definitief gekozen voor het *"Doortrekkingsalternatief A15 Noord"*.

Door ARCADIS is, in navolging op het geohydrologisch onderzoek Trajectnota/MER<sup>1</sup>, een vervolgonderzoek uitgevoerd naar de geohydrologische effecten van de verdiepte ligging. Dit geohydrologisch vervolgonderzoek is in het kader van het Ontwerp-Tracébesluit (OTB) uitgevoerd. Hierin zijn de gevolgen op het grondwatersysteem in beeld gebracht. Hiervoor is gebruik gemaakt van het grondwatermodel dat in de Trajectnota/MER is gebruikt voor het doorrekenen van de alternatieven. Dit bestaand grondwatermodel is door ARCADIS geactualiseerd op basis van nieuwe inzichten over de ondergrond (bodemopbouw) en hydrologische randvoorwaarden (waterlopen) die onder andere zijn opgedaan in aanvullend bodemonderzoek door Rijkswaterstaat en diverse studies van derden in het gebied. Bij het onderzoek is intensief samengewerkt met specialisten van de Waterdienst van Rijkswaterstaat, provincie Gelderland, waterschap Rivierenland en waterschap Rijn en IJssel. Dit rapport beschrijft de resultaten van dit onderzoek.

## 1.2 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Doel van het onderzoek is om inzicht te geven in de mogelijke effecten op de grondwaterstand en de omgevingseffecten daarvan die tijdens de uitvoering kunnen optreden bij een verdiepte of halfverdiepte aanleg van de A15 in beton nabij Groessen en Duiven-Zevenaar. In dit onderzoek is gekeken naar omgevingseffecten op bebouwing en infrastructuur, landbouw en natuur, oppervlaktewater, grondwateronttrekkingen en koude-warmteopslagsystemen en bodem- en grondwaterverontreinigingen. Het modelinstrumentarium (grondwatermodel) dat hiervoor wordt gebruikt, moet worden geactualiseerd op basis van nieuwe beschikbare informatie en uitgangspunten van het ontwerp.

### PERMANENTE SITUATIE

Tijdens het geohydrologisch onderzoek van de Trajectnota/MER zijn de permanente en tijdelijke effecten van de verdiepte ligging bij Groessen en andere locaties onderzocht (ARCADIS, 2010). In het geohydrologisch onderzoek van de Trajectnota/MER is geconcludeerd dat de mogelijke permanente effecten van een verdiepte ligging bij Groessen en Zevenaar verwaarloosbaar is.

<sup>1</sup> ARCADIS, 2010. Geohydrologisch onderzoek effecten van doortrekken A15. Kenmerk: 074649388:0.2, Apeldoorn, 3 mei 2010.

Dit komt omdat de verdieping gelegen is in een grof zandig pakket en de regionale grondwaterstroming voornamelijk parallel loopt aan het wegtracé.

Op basis van de nieuwe beschikbare informatie en uitgangspunten van het ontwerp is er geen aanleiding om de conclusie uit de Trajectnota/MER niet over te nemen. De mogelijke omgevingseffecten in de permanente situatie zijn daarom in dit aanvullend onderzoek, "Geohydrologisch onderzoek doortrekking A15, OTB Via15", niet onderzocht.

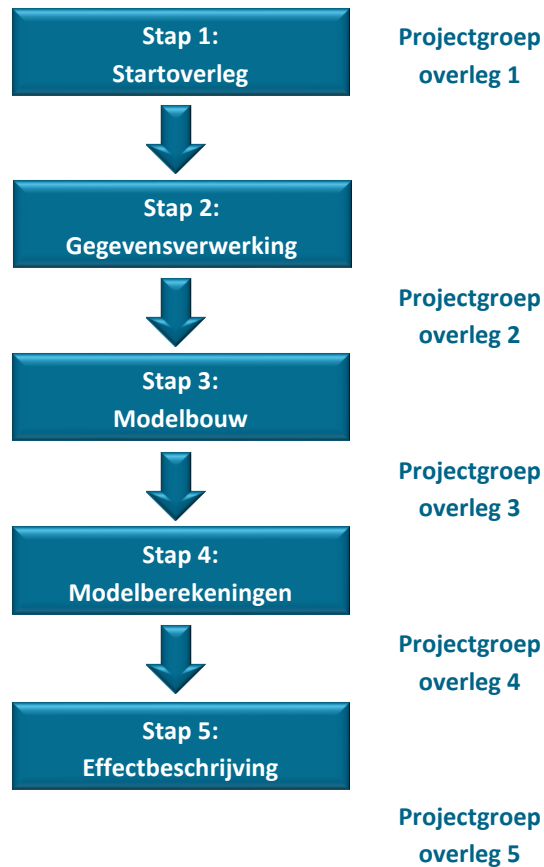


Figuur 1 | Locaties van de geplande (half)verdiepte ligging bij Groessen en Duiven-Zevenaar in het Ontwerp-Tracébesluit (concept, bron: www.via15.nl).

### 1.3 WERKWIJZE

Voor het in beeld brengen van de mogelijke effecten op de grondwaterstand en berekening van te verwachten debieten tijdens uitvoering is het bestaande grondwatermodel bijgewerkt/aangepast op basis van nieuwe (veld)gegevens. In onderstaand stroomschema is de werkwijze van dit onderzoek samengevat.

Het onderzoek is uitgevoerd in vijf stappen. Tussen elke stap zijn de tussenresultaten voorgelegd en besproken met de projectgroep, bestaande uit de opdrachtgever (Rijkswaterstaat), provincie Gelderland, waterschap Rijn en IJssel en de opdrachtnemer (ARCADIS).



Figuur 2 | Werkwijze geohydrologisch onderzoek ViA15 OTB.

## 1.4 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 zijn de aanpassing aan het grondwatermodel en de modelopbouw van het grondwatermodel ViA15 OTB beschreven (stappen 1 en 2). De gevoeligheidsanalyse, kalibratie en validatie zijn beschreven in hoofdstuk 3. De resultaten en conclusies van dit onderzoek zijn opgenomen in hoofdstuk 4 (stap 4 en 5). In het laatste hoofdstuk van dit rapport is een lijst opgenomen van de literatuur waar in deze rapportage naar wordt verwezen.

### GRONDWATERMODEL ViA15

Het geohydrologisch onderzoek beschreven in dit rapport is een vervolg op het geohydrologisch onderzoek voor de Trajectnota/MER. Voor een uitgebreide beschrijving van en toelichting op het bestaande grondwatermodel, dat als basis is gebruikt in het geohydrologisch onderzoek beschreven in dit document, wordt verwezen naar het ARCADIS rapport uit 2010 met kenmerk 074649388:0.2, zie ook het laatste hoofdstuk van dit rapport.

# 2 Modelbeschrijving

## 2.1 GEGEVENSBRONNEN

Het grondwatermodel ViA15 uit de Trajectnota/MER fase is voor het geohydrologisch onderzoek ten behoeve van het Ontwerp-Tracébesluit bijgewerkt met nieuwe gegevens en inzichten. Hiervoor zijn de volgende gegevensbronnen gebruikt:

- bestaand grondwatermodel ViA15 Trajectnota/MER (ARCADIS, 2010);
- boringen en sonderingen aangeleverd door de opdrachtgever (Rijkswaterstaat);
- boringen en sonderingen opgenomen in de Basisregistratie Ondergrond (BRO, [www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl));
- het regionaal geohydrologisch informatiesysteem II.1 (REGISII.1, [www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl));
- geologisch voxel-model (GeoTOP, [www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl));
- dikte van de deklaag bij Zevenaar (gemeente Zevenaar<sup>2</sup>/waterschap Rijn en IJssel);
- doorlatendheidscoëfficiënten uit pompproeven ontvangen van de projectorganisatie;
- doorlatendheidscoëfficiënten opgenomen in de REGISII.1 ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl));
- grondwateronttrekkingen (provincie Gelderland);
- grondwaterstanden opgenomen in de Basisregistratie Ondergrond ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl));
- grondwaterstanden opgenomen in de database H2gO-Liemers (gemeenten Duiven, Doesburg, Oude IJsselstreek, Rijwaarden, Rozendaal, Westervoort en Zevenaar);
- oppervlaktewater/leggergegevens (waterschap Rijn en IJssel);
- oppervlaktewaterstanden Pannerdensch Kanaal (Rijkswaterstaat, [www.live.waterbase.nl](http://www.live.waterbase.nl));
- neerslag & verdampingsgegevens (KNMI, [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)).

In Bijlage 1 is een overzicht opgenomen van de ondergrondgegevens op kaart.

## 2.2 SYSTEEMBESCHRIJVING

Voor het geohydrologisch onderzoek ViA15 OTB is het aandachtsgebied gericht op de voorgenomen (half)verdiepte ligging van de A15 bij Groessen en Duiven-Zevenaar. Dit gebied wordt geografisch begrensd tussen de Oude Rijnstrang/Waal (zuid), het Pannerdensch Kanaal (west), de IJssel (noord) en de hooggelegen zandgronden van Montferland (oost). Het buitengebied (niet bebouwd) bestaat hoofdzakelijk uit graslanden en akkerland op kalkhoudende tot kalkloze poldervaaggronden (zavel en lichte tot zware klei) en kalkhoudende ooivaaggronden (lichte zavel)<sup>3</sup>. Het maaiveld bevindt zich tussen de NAP 11,5 m (binnendijks ter hoogte van het Pannerdensch Kanaal) en NAP 9,5 m (ter hoogte van de A12).

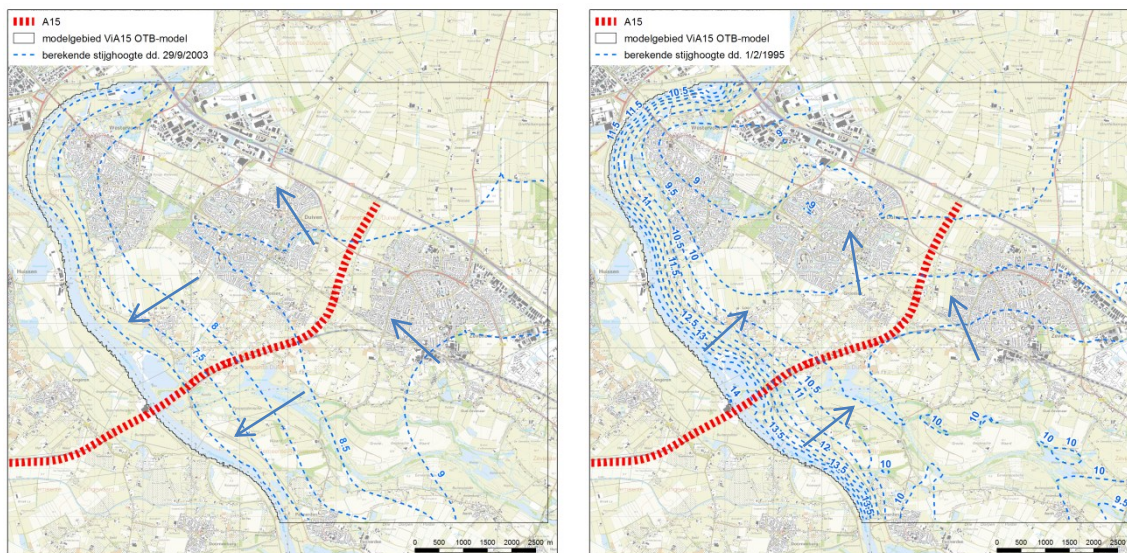
<sup>2</sup> [http://www.zevenaar.nl/internet/wonen\\_3172/item/verzakkingen\\_26745.html](http://www.zevenaar.nl/internet/wonen_3172/item/verzakkingen_26745.html)

<sup>3</sup> Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000

Op basis van boringen en sonderingen en de regionale modellen REGISII.1 en GeoTOP ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl)) kan de ondergrond langs het tracé als volgt worden beschreven:

- 1 tot 5 meter dikke Holocene deklaag, met zandbanen<sup>4</sup> en lokaal op 1,5 tot 2,5 m beneden maaiveld een kleilaag (zwak humeus, weinig).
- 5 tot 40 meter dik watervoerend pakket bestaande uit matig grof tot grof zand (Formatie van Kreftenheye) waar op een diepte van 15 tot 20 m-maaiveld een (sterk) zandige kleilaag kan voorkomen. Deze (sterk) zandige kleilaag, de kleilaag van Twello, komt niet vlakdekkend voor in het onderzoeksgebied.
- Op een diepte van 40 tot 50 meter beneden maaiveld bevinden zich sterk siltige tot kleiige zanden van de formatie van Peize/Waalre. Dit pakket is 30 tot 50 m dik waarvan de diepere afzettingen uit lichte zavel bestaan. Dit pakket kan gerekend worden tot het tweede watervoerend pakket.
- De geohydrologische basis bevindt zich op circa 130 m beneden maaiveld en bestaat uit mariene kleiafzettingen van de Formatie van Oosterhout en de Formatie van Breda.

De waterstanden<sup>5</sup> op het Pannerdensch Kanaal bevinden zich gemiddeld tussen de NAP 9,5 m bovenstrooms (Pannerdensche kop / Waal) en NAP 8,65 m benedenstrooms (Ijsselkop / Ijssel). Het binnendijks oppervlaktewatersysteem heeft een streefpeil dat is gelegen tussen de NAP 8,0 m en NAP 11,5 m (leggergegevens waterschap Rijn en Ijssel). Gemiddeld bevinden de grondwaterstanden zich binnen hetzelfde bereik als de oppervlaktewaterstanden, al ligt de gemiddeld hoogste grondwaterstand in het onderzoeksgebied rond de NAP 10,0 m ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl)). Over het algemeen stroomt het grondwater vanuit de hoger gelegen zandgronden van Montferland in de richting van het Ijsseldal in noordwestelijke richting. Tijdens laagwater op de grote rivieren is de drainerende werking van de Ijssel en het Pannerdensch Kanaal tot op circa 3 km van invloed op het grondwater (grondwaterstroming in zuidwestelijke richting). Tijdens hoogwater treedt vanuit het Pannerdensch Kanaal een infiltrerende situatie op die tot op 2 km voor een grondwaterstroming in noordoostelijke richting zorgt. In onderstaande afbeeldingen is deze variatie in stromingsrichtingen weergegeven.



Figuur 3 | Regionale grondwaterstroming in het onderzoeksgebied tijdens een laagwatersituatie (links) en een hoogwatersituatie (rechts). De blauwe pijlen geven de stromingsrichting van het grondwater aan.

<sup>4</sup> Zandbanenkaart van Gelderland: <http://www.gelderland.nl/4/Home/Zandbanenkaart.html>

<sup>5</sup> [http://rijkswaterstaat.nl/water/waterdata\\_waterberichtgeving/statistieken\\_kengetallen/waternormalen/index.aspx](http://rijkswaterstaat.nl/water/waterdata_waterberichtgeving/statistieken_kengetallen/waternormalen/index.aspx)



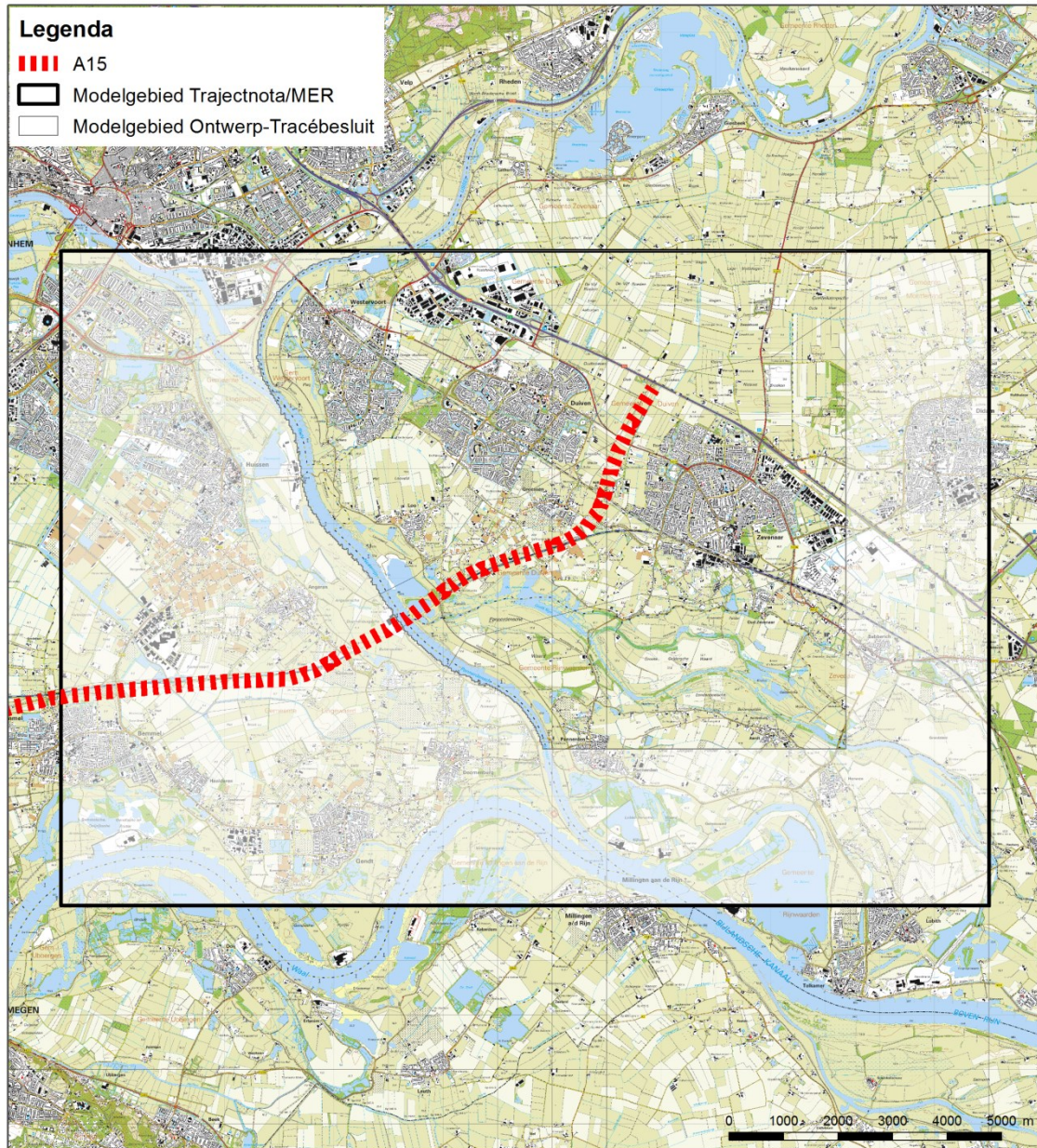
Met betrekking tot het grondwaterregime op de onderzoekslocaties 'Groessen' en 'Duiven-Zevenaar', wordt de grondwaterstand ter plaatse van Groessen meer beïnvloed door de rivierwaterstanden dan de onderzoekslocatie Duiven-Zevenaar (naast neerslag-verdamping en ontwatering). Ter plaatse van Groessen is de grondwaterdynamiek dan ook groter (meters) dan bij Duiven-Zevenaar (decimeters). Ter plaatse van Duiven-Zevenaar wordt het grondwaterregime hoofdzakelijk beïnvloed door neerslag-verdamping en ontwatering door het primair watersysteem. De belangrijkste watergangen zijn de Wijde Wetering/Leigraaf, de Duivensche Wetering, de Oude Rijn en Oude Rijnstrang. Het gebied Rijnstrangen staat via de Oude Rijn een groot deel van de tijd in open verbinding met het Pannerdensch Kanaal. Bij hoge waterstanden in de Rijn of door hoge afvoer van water in de zijwatergangen kunnen, naast de uiterwaarden, ook andere gebieden inunderen. Dit zijn locaties die zijn ingericht om overtollig water te verzamelen totdat het afgevoerd kan worden.

In het aandachtsgebied zijn meerdere grondwateronttrekkingen aanwezig. De twee grootste grondwateronttrekkingen hebben een vergunde jaarlijkse hoeveelheid van 0,3 tot 0,5 miljoen m<sup>3</sup>. Dit zijn Compaxo BV (Zevenaar) en AVR Afvalverwerking (Duiven). De grotere (drinkwater)winningen van onder andere Vitens, zijn aan de westzijde van het Pannerdensch Kanaal gelegen of bevinden zich op meer dan 10 km afstand van het tracé.

Voor een uitgebreide systeembeschrijving wordt verwezen naar het ARCADIS rapport uit 2010 met kenmerk 074649388:0.2.

## 2.3 MODELGEBIED

Op basis van het aandachtsgebied Groessen, Duiven-Zevenaar, de systeembeschrijving (paragraaf 2.2) en het bestaand ViA15-grondwatermodel voor de Trajectnota/MER, is een deelmodel voor het ViA15 OTB gemaakt. De omvang en uitsnede van dit deelmodel is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 4 | Begrenzing van het ViA15 OTB-model ten opzichte van het ViA15-model (Trajectnota/MER) en het tracé van de A15.

## 2.4 MODELOPBOUW

De opbouw van het ViA15 OTB-model is vergelijkbaar met het ViA15-model (Trajectnota/MER). De modelcode (rekencode) waaruit het model bestaat is MODFLOW2000 (Harbaugh et. al, 2000) van de U.S. Geological Survey. Het grondwatermodel is opgebouwd in de modelleeromgeving Groundwater Vistas 6 (6.61 Built 15; Rumbaugh & Rumbaugh, 2011).

De modelafmetingen (grid) hebben de volgende eigenschappen:

- Lengte: 9.125 m
- Breedte: 10.875 m
- Afmeting model cel (lxb): 25x25 m
- Oorsprong modelgrid (x,y): Rijksdriehoekstelsel 193.500 m, 433.875 m
- Aantal modelrijen/-kolommen/-lagen: 365 / 435 / 8
- De modelcellen ten westen van het Pannerdensch kanaal zijn uitgezet ('No-Flow')

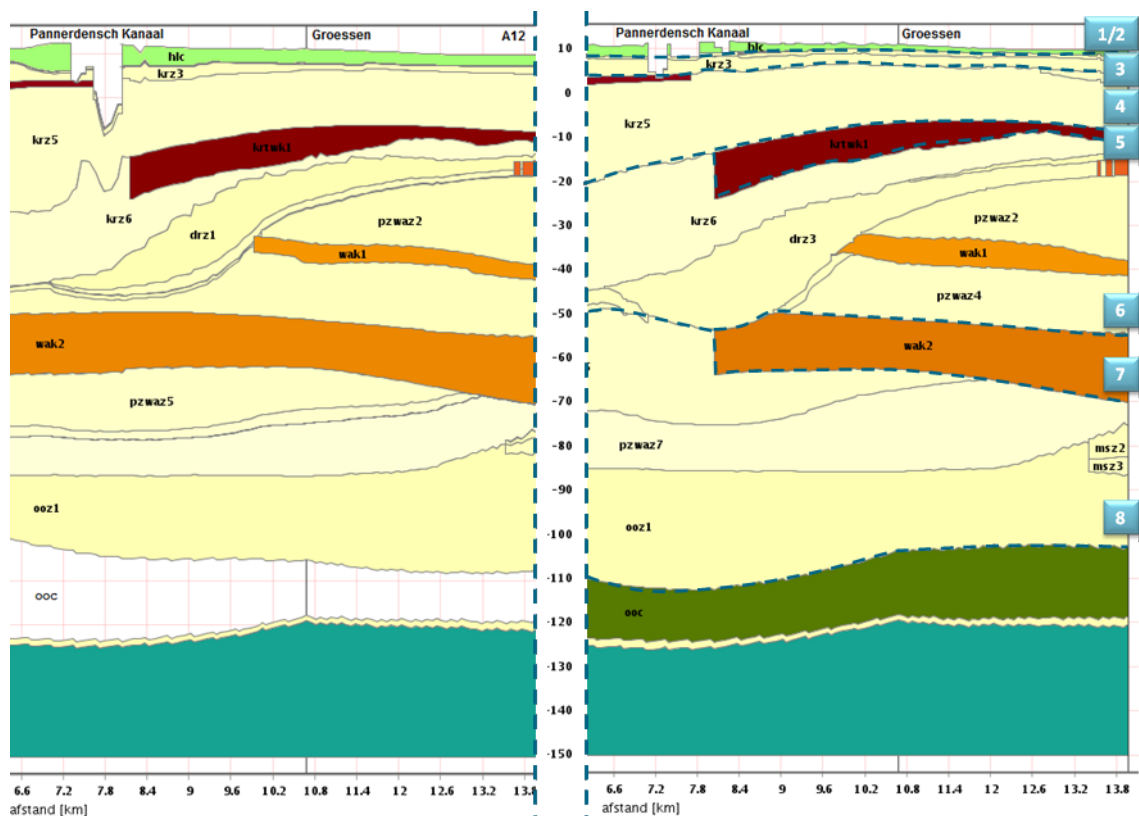
Voor het ViA15 OTB zijn de volgende modelversies opgesteld:

Tabel 1 | Modelversies, periode en bronverwijzing waar de periode en modelrandvoorwaarden op gebaseerd zijn.

Model naam	Periode	Bron
Gemiddeld hydrologisch jaar 1997 ( <i>stationair</i> )	1 april 1997 31 maart 1998	"ViA15 Trajectnota/MER"
Hoogwatersituatie 1994-1995 ( <i>dynamisch</i> )	1 oktober 1994 31 maart 1995	"ViA15 OTB"
Laagwatersituatie 2003 ( <i>dynamisch</i> )	7 mei 2003 14 december 2003	"Huissensche Waarden"

Bovenstaande modellen en perioden zijn in dit onderzoek opgesteld om de bandbreedte van de modeluitkomsten in beeld te kunnen brengen tijdens een extreem natte en extreem droge situatie.

De geohydrologische opbouw van het grondwatermodel ViA15 OTB is aangepast op basis van nieuwe gegevens zoals is vermeld in paragraaf 2.1. Eerste aanleiding hiervoor was het verschil in schematisatie van REGISII.1 ten opzichte van REGISII.0 zoals is geïllustreerd in onderstaande figuren.



Figuur 5 | Verschillen in de geohydrologische schematisatie van REGISII.0 (links) en REGISII.1 (rechts). De nummering rechts geeft de modellaag indeling weer die is gehanteerd in het ViA15 OTB (deel)model.

Op basis van aanvullende gegevens zoals boringen, sonderingen, het bodemmodel Zevenaar en het model GeoTOP is de opbouw en samenstelling van de modellagen aangepast. Ten opzichte van het ViA15-model gebruikt in de Trajectnota/MER zijn de volgende aanpassingen gedaan:

**Deklaag: bodemmodel van Zevenaar**

In de deklaag is ter plaatse van Zevenaar de ondiepe kleilaag aan het ViA15 OTB-model toegevoegd. Dit is gedaan binnen een geselecteerd gebied waarbij het verschil tussen de bodemhoogte van het bodemmodel Zevenaar en de bodemhoogte van de deklaag in het ViA15-model zo klein mogelijk is (zie Bijlage 2). Hierdoor is een zo goed mogelijke overgang gekozen om de resultaten van het bodemmodel in het grondwatermodel te verwerken. De dikte van deze kleilaag is evenredig verdeeld over beide modellagen (modellaag 1 & 2) waarin de deklaag is geschematiseerd.

**Modellagen watervoerende pakketten: REGISII.1**

De grensvlakken van de geohydrologische eenheden zijn uit REGISII.1 overgenomen. Hierbij is gestreefd naar geleidelijke overgangen in de diktes van de modellagen. Dit om eventuele convergentieproblemen (=rekenoplossing) tot een minimum te beperken. In onderstaande tabel is de modelschematisatie opgenomen.

Tabel 2 | Algemene laagindeling en grensvlakken op basis van REGISII.1.

Model laag	Beschrijving	Maximum [mNAP]	Minimum [mNAP]	Gemiddelde dikte [m]
1	Deklaag: zandige klei, lichte zavel, fijn zand	21	1	1 tot 5
2	Deklaag: zandige klei, lichte zavel, fijn zand	20	-3	1 tot 5
3	Kreftenheye zand: matig grof zand (REGISII.1: krz2, krz3, krz3)	4	-14	10
4	Kreftenheye zand: grof zand (REGISII.1: krz5, krz6)	-1	-30	10
5	Twello klei: matig grof zand, klei, zandige klei, organisch materiaal (REGISII.1: Krtwk)	-2	-58	13
6	Peize Waalre zand: sterk siltig tot kleilig zand (REGISII.1: pzwaz2,-3,-4,-5)	-26	-76	28
7	Peize Waalre zand (6,7): lichte zavel (REGISII.1: pzwaz6, pzwaz7)	-30	-78	6
8	Oosterhout zand: zeer fijn zand (REGISII.1: ooz1)	-63	-141	42

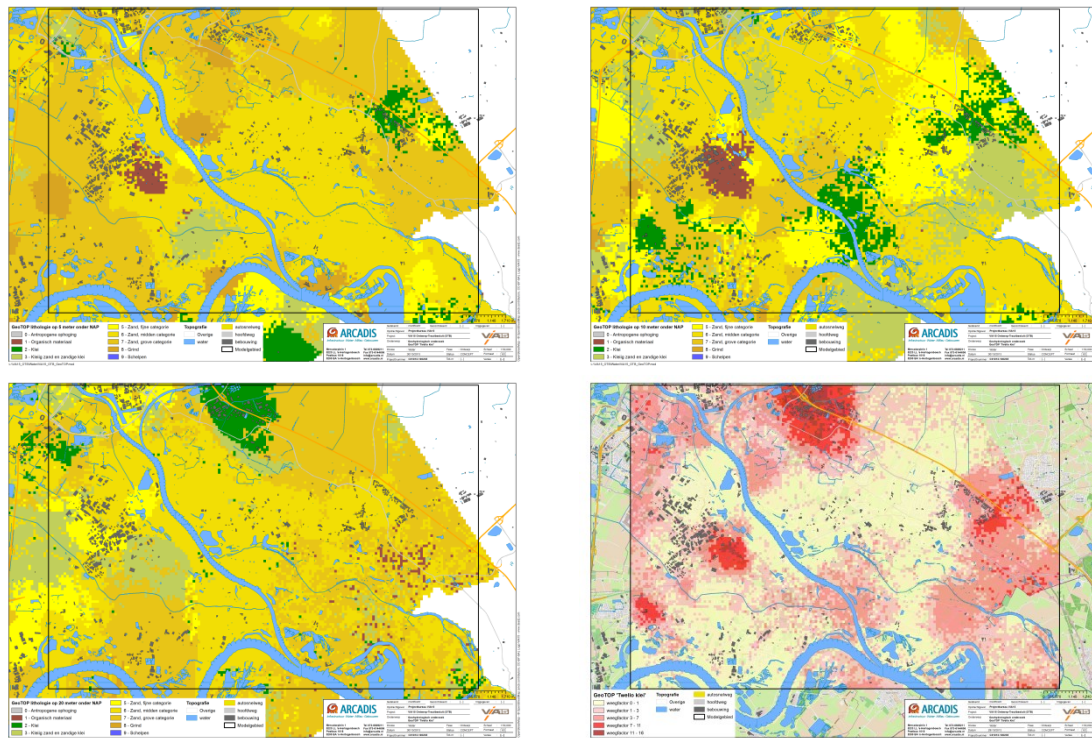
**Bodemtypen: GeoTOP (boringen & sonderingen)**

Op basis van het GeoTOP model is voor de Formatie van Kreftenheye de lokaal voorkomende kleilaag van 'Twello' beter in kaart gebracht. Hiervoor is aan de lithologische klassen van GeoTOP tussen NAP -5 m en NAP -30 m (globale diepteligging van de 'Twello klei') een wegingsfactor toegekend. Voor de lithologische klassen 'organisch materiaal' en 'klei' is dit een wegingsfactor 2 en aan de lithologische klasse 'kleilig zand en zandige klei' een wegingsfactor 1. Voor de overige klassen is een waarde van 0 toegekend. Deze wegingsfactoren zijn bij elkaar opgeteld. Aan de hand van gebruikte 26 GeoTOP lagen (NAP -5 m tot NAP -30 m) is een maximale som van wegingsfactor mogelijk van 52. De wegingsfactoren zijn in vijf klassen ingedeeld om in modellaag vijf zones aan te brengen op basis van de aanwezigheid van slecht doorlatend materiaal (zie Bijlage 3). Aan deze zones zijn vervolgens verschillende doorlatendheidscoëfficiënten toegekend (zie paragraaf 2.5). De vijf zones die op basis van de wegingsfactoren zijn onderscheiden zijn opgenomen in Tabel 3.

Tabel 3 | Zonering van de 'Twello klei' op basis van de lithologische klasseindeling van GeoTOP tussen de NAP -5,0 m en NAP -30 m.

Klasse	Beschrijving	Toelichting
0 – 1	matig grof zand	geen klei aanwezig
1 – 3	matig grof zand	sporadisch klei aanwezig
3 – 7	sterk zandige klei	zeer beperkt klei aanwezig
7 – 11	klei, zandige klei	beperkt klei aanwezig met een hypothetische dikte van 3 - 5 m (som)
11 – 16	klei, zandige klei	klei aanwezig met een hypothetische dikte van 5 - 8 m (som)
nvt	organisch materiaal	locaties waar alleen

GeoTOP is een product van de (ondiepe) schematisatie uit REGISII.1 aangevuld met informatie uit boringen en sonderingen uit de BRO-database DINOLoket. In deze schematisatie is voor het kustgebied en rivierengebied een voxel-model opgesteld dat bestaat uit 129 lagen van 1,0 m dik. GeoTOP bevat gedetailleerde informatie (op een resolutie van 100x100 m) over de ondergrond tussen de NAP +100,0 m en NAP -30,0 m. Hierdoor is het mogelijk om REGISII.1 modellen met groter detail te schematiseren.



Figuur 6 | 2D weergave van GeoTOP lithologie op verschillende dieptes die zijn verwerkt tot een 'Twello klei' zonerings op basis van wegingsfactoren. In totaal zijn de GeoTOP lagen van NAP -5,0 m tot NAP -30,0 m verwerkt in de zonerings van de 'Twello klei'. Als voorbeeld zijn linksboven gegeven de lithologie op NAP -5 m, rechtsboven de lithologie op NAP -10 m, linksonder de lithologie op NAP -20 m rechtsonder som van de 'Twello klei' wegingsfactoren.

Bovenstaande aanpassingen zijn uitgevoerd voor het gehele modelgebied van het ViA15-model uit de Trajectnota/MER.

## 2.5 RANDVOORWAARDEN EN VARIABELEN

Na het aanpassen van de modellaagindeling zoals hierboven is beschreven zijn de parameterwaarden voor de bodemeigenschappen en diverse randvoorwaarden ook aangepast.

### Geohydrologische schematisatie

Als initiële waarden zijn de doorlatendheidscoëfficiënten, bergingsparameters ( $S_s$ ,  $S_y$ ) en porositeit ('Por') toegekend op basis van gekalibreerde waarden uit het ViA15-model (Trajectnota/MER) en op basis van doorlatendheden waargenomen in het veld. Dit heeft vooral betrekking op de doorlatendheden van de zanden in de Formatie van Kreftenheye. Tussen Duiven en Zevenaar zijn in het kader van het "toestand-onderzoek bodem" pompproeven uitgevoerd in dit pakket. De doorlatendheden die hieruit naar voren zijn gekomen zijn gelegen tussen de 75 m/d en 90 m/d.

Tabel 4 | Geohydrologische eigenschappen initiële bodemparameters (voor kalibratie).

Model laag	Beschrijving	Kh [m/d]	Kv [m/d]	Ss [-]	Sy [-]	Por [-]	Kleur/ Zone#
1 & 2	Deklaag: zandige klei	0,05	0,006	0,01	0,05	0,05	1
1 & 2	Deklaag: lichte zavel	0,5	0,1	0,01	0,3	0,3	9
1 & 2	Deklaag: fijn zand	2,0	0,05	0,01	0,3	0,4	2
3	Kreftenheye zand: matig grof zand	80	40	0,001	0,3	0,3	3
4	Kreftenheye zand: grof zand	80	40	0,001	0,3	0,3	4
5	Twello klei: matig grof zand (GeoTOP wegingsfactor: 0-1)	80	40	0,001	0,3	0,3	5
5	Twello klei: matig grof zand (GeoTOP wegingsfactor: 1-3)	80	40	0,001	0,3	0,3	11
5	Twello klei: sterk zandige klei (GeoTOP wegingsfactor: 3-7)	1,0	0,5	0,001	0,2	0,35	12
5	Twello klei: klei, zandige klei (GeoTOP wegingsfactor: 7-11)	0,5	0,05	0,001	0,2	0,35	13
5	Twello klei: klei, zandige klei (GeoTOP wegingsfactor: 11-16)	0,05	0,005	0,001	0,2	0,35	14
5	Twello klei: organisch materiaal (GeoTOP: organisch materiaal)	0,05	0,005	0,001	0,2	0,35	15
6	Peize Waalre zand: sterk siltig tot kleilig zand	65	6,5	0,001	0,2	0,35	6
7	Peize Waalre zand: lichte zavel	0,5	0,1	0,01	0,3	0,3	7
8	Oosterhout zand: zeer fijn zand	7,0	3,5	0,001	0,3	0,4	8

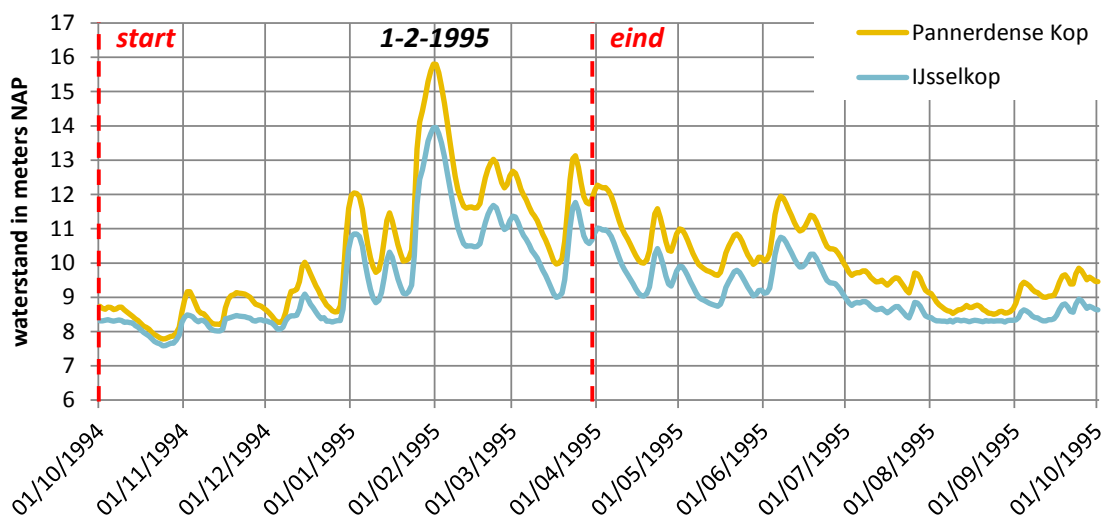
Bovenstaande initiële parameterwaarden zijn naar aanleiding van stationaire en dynamische kalibratie aangepast (zie paragraaf 3.2).

### *Opperolaktewater*

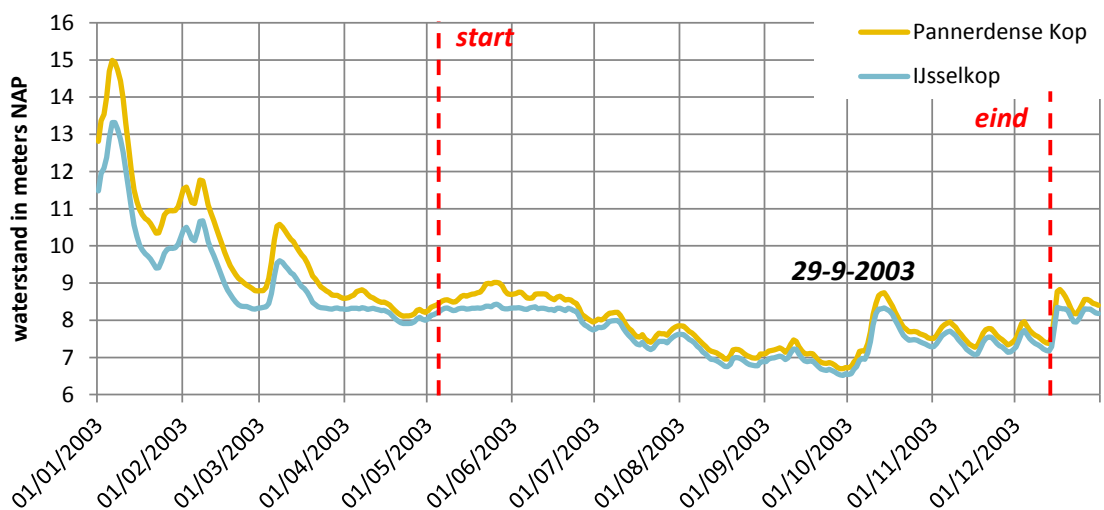
Voor de dynamische grondwaterberekeningen zijn de randvoorwaarden voor het Pannerdensch Kanaal aangepast (zie Tabel 1). Voor de hoogwaterperiode van 1994/1995 zijn hiervoor de waterstanden uit het MORIA-model<sup>6</sup> overgenomen. Voor de laagwaterperiode van 2003 zijn de waterstanden uit het grondwatermodel voor de Huissensche Waarden overgenomen (ARCADIS, 2006).

De hoogwater- en laagwaterperioden zijn in onderstaande grafieken weergegeven. Hierbij zijn ook de hoogste waterstand (NAP 15,8 m) op 1/2/1995 en laagste waterstand (NAP 6,52 m) op 29/9/2003 aangegeven.

<sup>6</sup> MORIA (Modellering Ondergrond Rivierenland Interactief en Actueel) is een regionaal grondwatermodel van de provincie Gelderland, Zuid-Holland en het waterschap Rivierenland voor het beheergebied van waterschap Rivierenland.



Figuur 7 | Hoogwatersituatie 1994-1995 waarbij de start van de modelperiode is bepaald op basis van de gemiddelde waterstand van NAP ~9,5 m en NAP ~8,65 m (waternormalen).



Figuur 8 | Laagwatersituatie 2003 waarbij de start van de modelperiode is bepaald op basis van de gemiddelde waterstand van NAP ~9,0 m en NAP 8,4 m (waternormalen).

Bovenstaande waterstanden afkomstig uit de andere modellen zijn in het ViA15 OTB-model geverifieerd ter plaatse van de Pannerdensche Kop en IJsselkop.

Door waterschap Rijn en IJssel zijn leggergegevens aangeleverd om daarmee het primair oppervlakte-watersysteem in het grondwatermodel bij te werken naar de referentiesituatie. Hiervoor zijn de leggerwatergangen, bodemhoogtes en stuwpeilen verwerkt tot modelinvoer door middel van interpolatie. In Bijlage 4 is hiervan een overzicht opgenomen.



### Grondwateraanvulling

Voor de dynamische grondwatermodellen is nieuwe modelinvoer gegenereerd voor de grondwateraanvulling per landgebruik type (op basis van het LGN3 van Alterra<sup>7</sup>). Hiervoor is voor ieder KNMI-meteostation het 'Neerslaggebied' binnen het grondwatermodel bepaald (a.d.h.v. Thiessen polygonen). Op basis van de neerslaggegevens van de stations Nijmegen, Herwen en Duiven, de Makkink referentiegewasverdamming (KNMI-station Deelen) en de referentiegewasfactor per landgebruik type (Hooghart en Lablans) is de gemiddelde grondwateraanvulling berekend (per 'stress period'). De grondwateraanvulling is voor tien (hoofd)klassen van landgebruik bepaald (zie Tabel 5).

Tabel 5 | Referentiegewasfactor (%) van referentiegewasverdamming van Makkink per landgebruik type

Landgebruik / maand	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
1. Bebouwing	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
2. Hoofdinfrastructuur	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
3. Bos	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
4. Weiland/ gras	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	0,95	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
5. Bouwland	0,9	0,9	0,6	0,4	0,65	1,15	1,15	1,1	0,45	0,9	0,9	0,9
6. Boomgaard / kweek	1,0	1,0	1,0	1,0	1,35	1,5	1,6	1,35	1,25	1,0	1,0	1,0
7. Heide / natuur	0,9	0,9	0,75	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,75	0,9	0,9
8. Kale grond / braak	0,9	0,9	0,6	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,6	0,9	0,9	0,9
9. Water / moeras	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
10. Overig landgebruik	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

In Bijlage 5 is dit ruimtelijk weergegeven op kaart.

### Grondwateronttrekkingen

Voor de grondwatergegevens die zijn opgenomen in de database van de provincie zijn de gemiddelde onttrekkingshoeveelheden bepaald. In onderstaande tabel zijn de grondwateronttrekkingen, ligging, filterstelling en hoeveelheden weergegeven.

<sup>7</sup> LGN3: landgebruik opname op basis van satellietbeelden van 1997 (<http://www.wageningenur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/Alterra/Faciliteiten-Producten/Kaarten-en-GISbestanden/Landelijk-Grondgebruik-Nederland/Actualiteit-LGN3.htm>)

Tabel 6 | Onttrekkingsgegevens van de provincie Gelderland.

Naam	X-RD	Y-RD	Groep nr.	Van [mNAP]	Tot [mNAP]	Van laag	Tot laag	Debiet m <sup>3</sup> /d
Avira NV afvalverwerking	197030	442630	2	-26	-43	6	6	-276,96
Waterschap Rijn en IJssel	197142,7	442720	2	-4	-10	3	5	0
Lips Duiven BV	196450	442080	2	19	-47	1	6	-219,18
Waterschap Rijn en IJssel	196275	437960	3	10	-9	1	4	0
Duiven gemeente	197650	440410	3	4	-2	3	4	0
Duiven gemeente	198640	439745	3	5	-5	4	4	-60,64
Duiven gemeente	198030	439100	3	0	-5	4	4	-113,82
Duiven gemeente	198350	439280	3	0	-5	4	4	-70,8
Duiven gemeente	199210	440220	3	-13	-3	4	5	-51,78
Intratuin	198100	440730	10	-23	-45	6	6	-31,36
Ikea beheer BV	196880	442020	20	-21	-31	6	6	-5,48
Schrijver p	197910	438200	10	5	-1	4	4	-5,16
Putman Afvalverwerking BV	196140	442285	2	0	-4	3	4	0
Compaxo BV	203275	438855	2	-19	-37	6	6	-698,02
Zevenaar gemeente	203810	438020	10	1	-4	3	4	-25,59
Zevenaar gemeente	202830	439320	10	3	-9	3	5	-6,68
Rijkswaterstaat	203010	439430	3	1	-9	3	5	-0,65
Avira NV afvalverwerking	202900	440830	3	0	-2	3	4	-2,48
Essilor Nederland bv	203360	438695	2	-30	-50	6	6	-131,59
Gastransport services	202740	439250	3	19	19	1	1	0
Ikea beheer BV	196880	442020	9999	-20,25	-30,25	6	6	0
Valk Hotel Arnhem Duiven van der	198200	441380	9999	9,31	9,31	1	1	0
Vivare projecten BV	198513	439645	9999	-24,89	-64,89	6	7	0
Zevenaar gemeente	202310	437945	9999	-9999	-68,62	1	8	0

De ligging van bovenstaande onttrekkingen is opgenomen in Bijlage 6.

### *Grondwaterstanden*

Voor de verschillende perioden waarvoor het grondwatermodel is opgesteld zijn bijbehorende grondwaterstanden bepaald. Voor het stationair model zijn dit gemiddelde grondwaterstanden voor het hydrologisch jaar 1997. Voor de hoogwater- en laagwaterperioden zijn de metingen die binnen de gestelde periode vallen in het model opgenomen. Een overzicht van de meetpunten is opgenomen in Bijlage 7.

## 3

## Gevoeligheidsanalyse en kalibratie

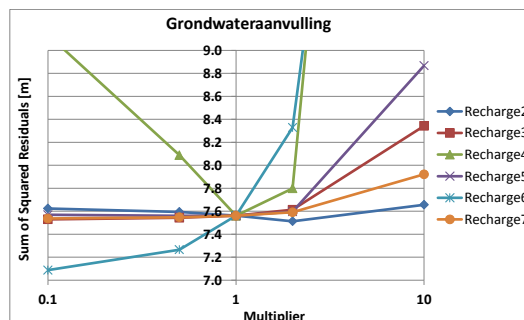
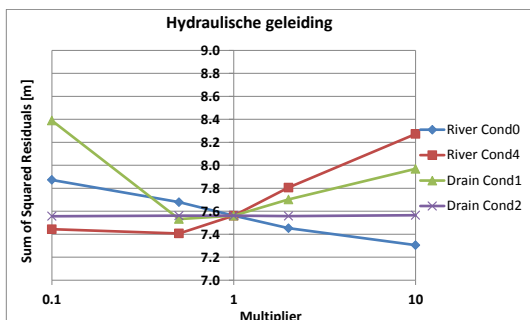
## 3.1 GEVOELIGHEIDSANALYSE

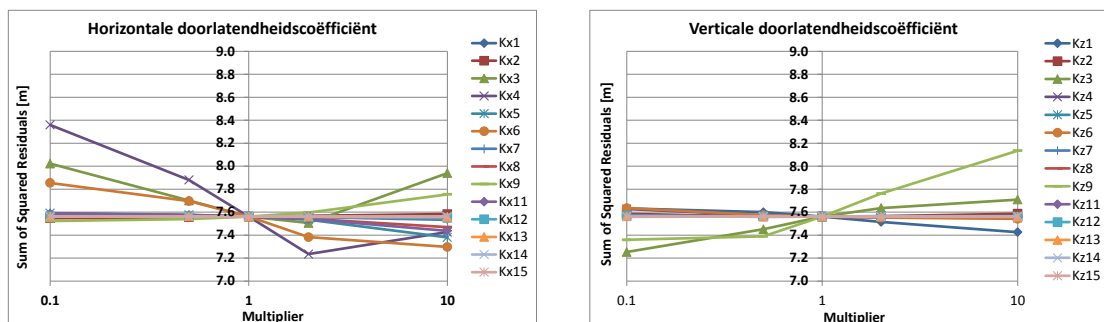
In een gevoeligheidsanalyse wordt systematisch het modelgedrag voor veranderingen in de invoer, begincondities en parameters getoetst. De gevoeligheidsanalyse is geautomatiseerd uitgevoerd. Het modelgedrag is bestudeerd aan de hand van veranderingen van de uitvoervariabelen. De uitkomsten geven informatie met betrekking tot de nauwkeurigheid die gewenst is en anderzijds voor welke parameters parameterschatting zinvol is.

De aangebrachte veranderingen in invoer, begincondities en parameters moeten wel realistisch zijn. In de gebruikte gevoeligheidsanalyse is iedere parameter doorgerekend met een 'multiplier' van 0,1, 0,5, 1,0, 2,0, en 10.

De veranderingen van de nauwkeurigheid van het model is bestudeerd aan de hand van de variaties van vijf parameter sets: de hydraulische geleiding ('*conductance*') van drainage, de conductance van waterlopen, de grondwateraanvulling ('*recharge*'), de horizontale doorlatendheid ('*kx*') en de verticale doorlatendheid ('*kz*'). Een maat voor de nauwkeurigheid van het model is het verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de veldwaarnemingen en modeluitkomsten, dit verschil wordt aangeduid als '*residual*'.

De variatie van de grootte van de parameters is uitgezet tegen de *sum of squared residuals* (verticaal, Y-as) en de multipliers (horizontaal, X-as). Deze gevoeligheidsanalyse is in Figuur 9 weergegeven. Hierbij geldt dat de multiplier 1 op de X-as, de initiële parameterwaarde aangeeft zoals in het model opgenomen. Door deze te variëren (delen door 10 tot vermenigvuldigen met 10, dat wil zeggen 0,1 tot 10 op de X-as), neemt de *sum of squared residuals* (kwadraat, wordt gehanteerd om afwijkingen positief en negatief vergelijkbaar en optelbaar te maken) toe of af. Hoe horizontaler de lijn in de grafiek, hoe ongevoeliger de modeluitkomsten zijn voor wijzigingen in de desbetreffende parameter.





Figuur 9 | Resultaten van de gevoeligheidsanalyse.

Uit de gevoeligheidsanalyse is naar voren gekomen dat het modelresultaat gevoelig is voor de volgende parameters (verbetering):

- verlaging van de hydraulische geleidbaarheid van het Pannerdensch Kanaal ('River cond 0');
- afname grondwateraanvulling ter plaatse van kassen ('recharge 6');
- verlaging van de horizontale doorlatendheid van de Kreftenheye en Peize/Waalre zanden;
- verlaging van de verticale doorlatendheid van de deklaag, Kreftenheye en Peize/Waalre zanden.

Toch laat de gevoeligheidsanalyse zien dat met de initieel ingeschatte parameterwaarden een zeer goed resultaat behaald wordt. Veel van de toegepaste verhogingen of verlagingen in de parameterwaarden zorgen voor een grotere afwijking tussen gemeten en berekende grondwaterstanden.

### 3.2 KALIBRATIE

Kalibratie is het in overeenstemming brengen van veldwaarnemingen (bijvoorbeeld grondwaterstanden en stijghoogten) en de modeluitkomsten, door parameterwaarden bij te stellen. Het verschil in grondwaterstand en stijghoogte tussen de veldwaarnemingen en modeluitkomsten worden uitgedrukt in 'residuals'. Bij de kalibratie is gestreefd naar een zo klein mogelijke afwijking. Hierbij moeten de residuals gelijkmatig verdeeld zijn over het modelgebied. Te hoog en te laag berekende waarden moeten gelijkmatig verdeeld zijn en de residuals van de te hoge waarden moeten ongeveer gelijk zijn aan de residuals van de te lage waarden (gemiddelde residuals zo laag mogelijk). Wanneer grotere residuals alleen in bepaalde gebieden worden waargenomen of wanneer er een ongelijke verdeling is tussen te hoog en te laag berekende waarden, dan duidt dit op een (conceptuele) fout in het model.

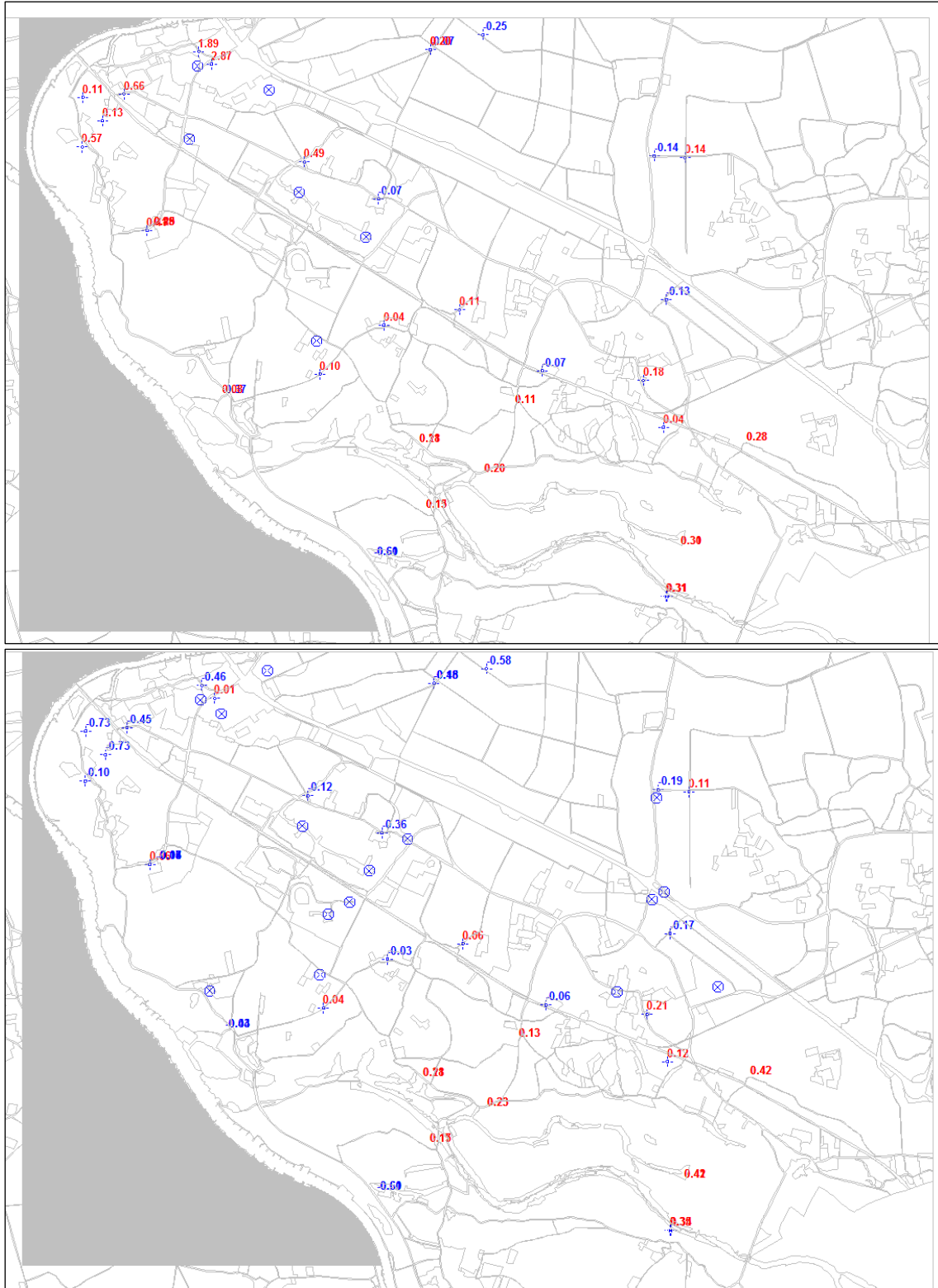
De kalibratie bestaat uit twee fases:

1. Stationaire kalibratie (parameters voortkomend uit de gevoeligheidsanalyse).
2. Dynamische kalibratie (bergingsparameters en porositeit).

#### *Stationaire kalibratie*

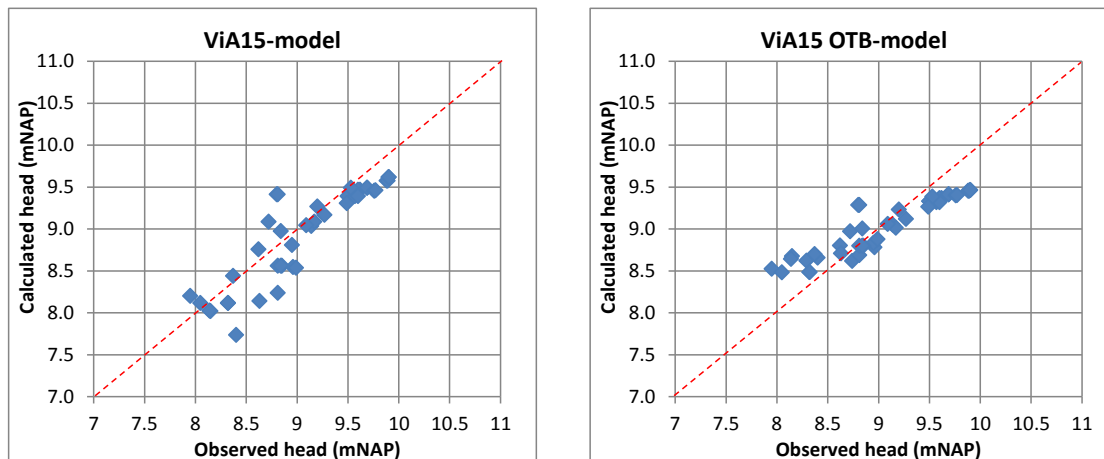
Op basis van de gevoeligheidsanalyse is een handmatige kalibratie uitgevoerd op de meest gevoelige parameters. Hierbij is na meerdere kalibratieronden een optimale parameterinschatting bepaald waarbij de gemiddelde afwijking zo klein mogelijk is nabij het A15-tracé. Hierbij is er rekening mee gehouden dat de gekalibreerde parameters representatieve waarden hebben die binnen een realistisch bereik liggen.

In onderstaande figuren is het resultaat ten opzichte van het ViA15-model (Trajectnota/MER) weergegeven.



Figuur 10 | Resultaat van de stationaire kalibratie. Boven de berekende afwijking in het ViA15-model uit de Trajectnota/MER, onder de berekende afwijking in het ViA15 OTB-model.

In Figuur 10 is te zien dat er in het kalibratieresultaat van het ViA15 OTB-model een gelijkere verdeling is tussen te hoog berekende grondwaterstanden (blauw) en te laag berekende waterstanden (rood). De ruimtelijke spreiding van deze afwijkingen is een minder goed resultaat, maar nog altijd beter dan in het ViA15-model van de Trajectnota/MER. Dit is ook weergegeven in onderstaande grafieken.



Figuur 11| Spreidingsdiagrammen van het kalibratieresultaat in het ViA15 model van de Trajectnota/MER (links) en ViA15 OTB-model (rechts).

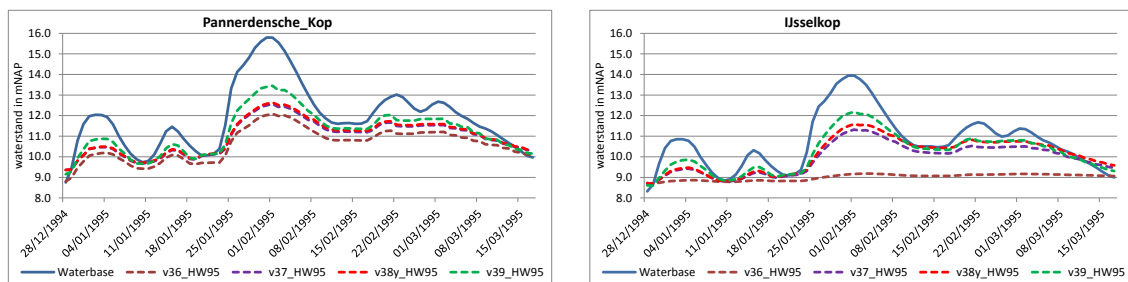
De totale afwijking ('*absolute residual mean*') is afgenomen met 0,1 m. Ook de maximale en minimale afwijkingen zijn kleiner geworden en zijn vergelijkbaar in 'orde grootte'.

Tabel 7| Statistieken van het kalibratieresultaat

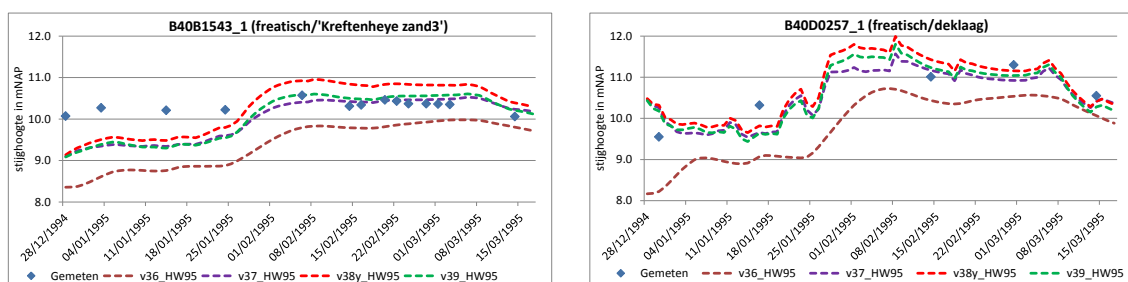
	ViA15-model Trajectnota/MER	ViA15 OTB gekalibreerd
Residual Mean	0,23	0,02
Absolute Residual Mean	0,34	0,25
Residual Std. Deviation	0,54	0,29
Sum of Squares	15,32	3,69
RMS Error	0,59	0,29
Min. Residual	-0,61	-0,58
Max. Residual	2,87	0,44
Number of Observations	44	44
Range in Observations	1,95	1,95
Scaled Residual Std. Deviation	0,28	0,15
Scaled Absolute Residual Mean	0,17	0,13
Scaled RMS Error	0,30	0,15
Scaled Residual Mean	0,12	0,01

### Dynamische kalibratie

De dynamische kalibratie is uitgevoerd voor de hoogwaterperiode 1994/1995. Hierbij zijn de bergingsparameters ( $S_s$ ,  $S_y$ ), de porositeit en hydraulische geleiding van het Pannerdensch kanaal aangepast. In onderstaande grafieken is het verschil tussen meerdere kalibratiemodellen weergegeven. Uiteindelijk zijn de parameterwaarden gevonden in kalibratiemodel 'v39\_HW95' overgenomen.



Figuur 12 | Tijdstijhoogtelijnen van gemeten oppervlaktewaterwaterstanden ('Waterbase': Pannerdensch Kop en IJsselkop) en berekende grondwaterstanden van 4 dynamische kalibratiemodellen ter hoogte van de Pannerdensch Kop en IJsselkop.



Figuur 13 | Tijdstijhoogtelijnen van gemeten grondwaterstanden en berekende grondwaterstanden van 4 dynamische kalibratiemodellen.

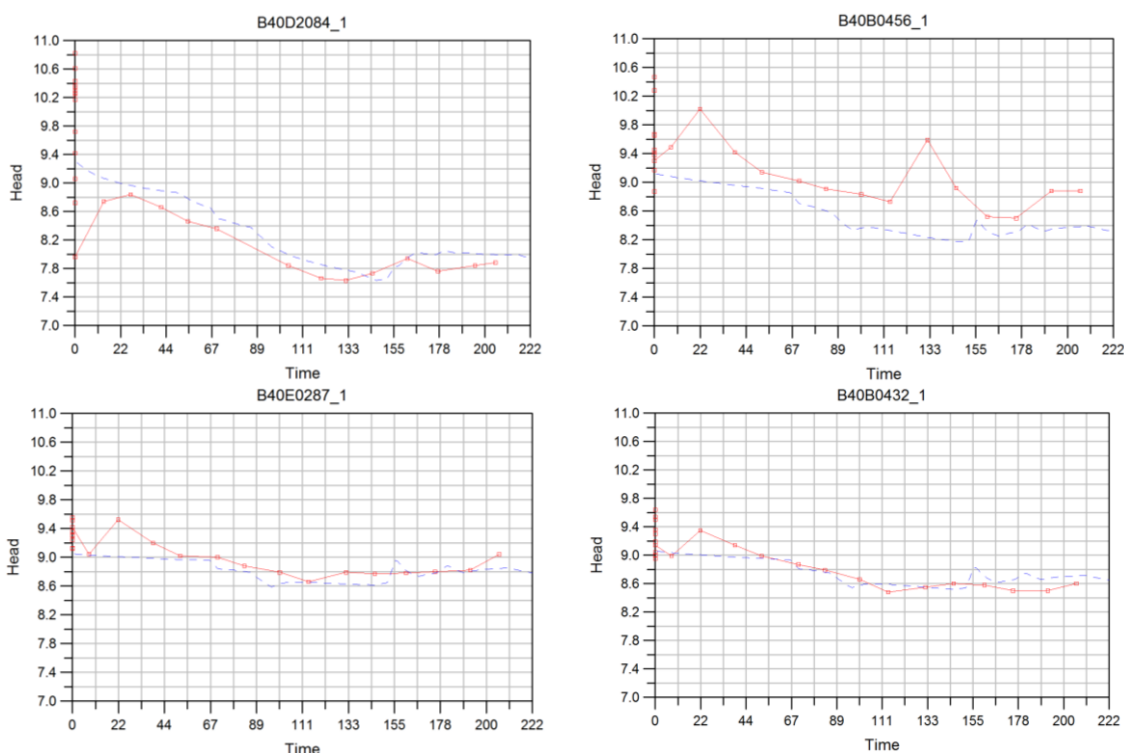
De berekende grondwaterstanden vertonen een vergelijkbaar verloop ten opzichte van de (sporadisch) gemeten grondwaterstanden. Het gebrek aan hoogfrequente grondwaterstandmetingen tijdens de hoogwatersituatie van 1994/1995 maakt het moeilijk om in detail dynamisch te kalibreren. Dit is dan ook niet getracht na te streven. Op basis van de dynamische kalibratie is vastgesteld dat de initieel gekozen bergingsparameters en porositeit een goede inschatting zijn geweest. De hydraulische geleiding van het Pannerdensch Kanaal is met een factor 2 verhoogd.

Model laag	Beschrijving	Kh [m/d]	Kv [m/d]	Ss [-]	Sy [-]	Por [-]	Kleur/ Zone#
1 & 2	Deklaag: zandige klei	0,05	<u>0,05</u>	0,01	0,05	0,05	1
1 & 2	Deklaag: lichte zavel	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	0,01	0,3	0,3	9
1 & 2	Deklaag: fijn zand	2,0	0,05	0,01	0,3	0,4	2
3	Kreftenheye zand: matig grof zand	80	<u>20</u>	0,001	0,3	0,3	3
4	Kreftenheye zand: grof zand	80	<u>20</u>	0,001	0,3	0,3	4
5	Twello klei: matig grof zand (GeoTOP wegingsfactor: 0-1)	<u>40</u>	<u>10</u>	0,001	0,3	0,3	5
5	Twello klei: matig grof zand (GeoTOP wegingsfactor: 1-3)	<u>40</u>	<u>10</u>	0,001	0,3	0,3	11
5	Twello klei: sterk zandige klei (GeoTOP wegingsfactor: 3-7)	1,0	0,5	0,001	0,2	0,35	12
5	Twello klei: klei, zandige klei (GeoTOP wegingsfactor: 7-11)	0,5	0,05	0,001	0,2	0,35	13
5	Twello klei: klei, zandige klei (GeoTOP wegingsfactor: 11-16)	0,05	0,005	0,001	0,2	0,35	14
5	Twello klei: organisch materiaal (GeoTOP: organisch materiaal)	0,05	0,005	0,001	0,2	0,35	15
6	Peize Waalre zand: sterk siltig tot kleilig zand	65	<u>30</u>	0,001	<u>0,3</u>	<u>0,05</u>	6
7	Peize Waalre zand: lichte zavel	0,5	0,1	0,01	0,3	0,3	7
8	Oosterhout zand: zeer fijn zand	7,0	3,5	0,001	<u>0,2</u>	<u>0,35</u>	8

De hydraulische geleidbaarheid van het Pannerdensch kanaal is verhoogd met een factor 2 om voldoende effect op de grondwaterstand te simuleren. Dit komt neer op een hydraulische bodemweerstand van circa 7 dagen. De grondwateraanvulling en overige parameters zijn niet gewijzigd ten opzichte van de initiële waarden.

### 3.3 DYNAMISCHE VALIDATIE

De stationaire en dynamische kalibratie is gevalideerd aan de hand van de laagwaterperiode van 2003.



Figuur 14 | Tijdstijghoogtelijnen van gemeten grondwaterstanden (rood, doorgetrokken) en berekende grondwaterstanden (blauw, doorbroken) van het gekalibreerd model voor de laagwaterperiode van 7 mei 2003 (dag 0) tot en met 15 december 2003 (dag 222). Linksboven B40D2084\_1 nabij het Pannerdensch Kanaal. Rechtsboven B40B0456\_1 gelegen tussen Groessen en het Pannerdensch Kanaal. Linksonder B40E0287\_1 tussen Duiven en Zevenaar ten noorden van de spoorlijn. Rechtsonder B40B0432\_1 ter plaatse van Groessen.

Op basis van de tijdstijghoogtelijnen is met de validatie aangetoond dat het model zowel de absolute grondwaterstand als de amplitude goed simuleert. Alleen in B40B0456\_1 zijn twee pieken in de grondwaterstand gemeten die niet door het grondwatermodel gesimuleerd worden. De oorzaak hiervan is niet onderzocht.

### 3.4 GELDIGHEIDSGEBIED EN VERANTWOORDING

Het grondwatermodel is gekalibreerd op basis van grondwaterstand en stijghoogtegegevens voor het hydrologisch jaar 1997, hoogwaterperiode van 1994/1995 en de laagwaterperiode van 2003. Het aandachtsgebied van het model is het A15-tracé, nabij Groessen en tussen Duiven-Zevenaar. Binnen dit aandachtsgebied mogen de modelresultaten onder de volgende omstandigheden gebruikt worden:

- De modelresultaten zijn betrouwbaar op de resolutie van de modelcellen, 25 x 25 m en gevalideerde rekentijdstap (1 dag).



- De gebruiker dient kennis te nemen van de kalibratieresultaten en berekende afwijkingen ten opzichte van gemeten grondwaterstanden en stijghoogten (residuals). Deze residuals geven inzicht in de betrouwbaarheid van de modelresultaten.
- In de toekomstige situatie worden watergangen gedempt en verlegd. Veranderingen in het oppervlaktewatersysteem als gevolg van de werkzaamheden en permanente inrichting zijn in de scenarioberekeningen niet meegenomen.

De aanvullende veldgegevens verkregen in het kader van het OTB en gegevens van derden (o.a. GeoTOP en bodemmodel van Zevenaar) heeft geresulteerd in een geactualiseerd grondwatermodel dat is opgebouwd uit feitelijke kennis en onderbouwd met realistische aannamen en systeemvertalingen. Samen met de projectgroep is vastgesteld dat het model geschikt is om de vragen in dit onderzoek mee te beantwoorden en dat het model in de toekomst gebruikt kan worden als basis voor verder onderzoek.

## 4

## Resultaten en conclusies

## 4.1 BESCHRIJVING SCENARIOBEREKENINGEN

Voor het bepalen van de juiste uitvoeringswijze (door de uiteindelijke opdrachtnemer) is aanvullend onderzoek gewenst naar de mogelijke omgevingseffecten die kunnen optreden bij verschillende aanlegmethoden van de (half)verdiepte ligging van de A15. De scenarioberekeningen hebben als doel om inzicht te geven in de mogelijke omgevingseffecten die tijdens uitvoering kunnen optreden bij een verdiepte of halfverdiepte aanleg van de A15 nabij Groessen en Duiven-Zevenaar (zie Figuur 15). Tijdens de Trajectnota/MER is dit al onderzocht (ARCADIS, 2010). Naar aanleiding van nieuwe inzichten in de geohydrologie en uitvoeringswijze is dit aanvullend onderzoek uitgevoerd.



Figuur 15 | Locaties van de mogelijk geheel verdiepte ligging bij Groessen (Deel A) en halfverdiepte ligging Duiven-Zevenaar (Deel B) van de A15 (concept, bron: [www.via15.nl](http://www.via15.nl)).

Het modelinstrumentarium (grondwatermodel) dat in dit onderzoek gebruikt wordt, moet voor het OTB inzicht geven in de 'orde grootte' van de te verwachten effecten en de eventueel te nemen maatregelen om deze effecten te mitigeren dan wel te voorkomen.

De bandbreedtes die hieruit naar voren komen moeten een goede inschatting geven van het verwachte effect op de grondwaterstand (kwantitatief) tijdens uitvoering en mogelijke effecten hiervan op de gebruiksfuncties in de omgeving (kwalitatief).

Een verdiepte of halfverdiepte ligging van de A15 in beton kan op verschillende manieren uitgevoerd worden. Voor het onderzoek zijn de volgende vrijheidsgraden gebruikt om te komen tot zes scenario's waarmee voldoende inzicht wordt gegeven in mogelijk optredende omgevingseffecten zodat een passende uitvoeringsmethode op te stellen:

- volledig verdiept (6 m diep) of halfverdiept (3 m diep);
- bouwmethode (in den natte of droge);
- constructie (betonnen bak of folieconstructie);
- compartimentering en duur (kleine of grote compartimenten tijdens uitvoering);
- uitvoeringsperiode (hoogwatersituatie of laagwatersituatie).

Voor deel A (locatie Groessen) geldt dat er op deze locatie een volledig verdiepte ligging een mogelijkheid is. De marktpartijen zullen in de aanbesteding uitgedaagd worden om dit binnen het beschikbare budget (onder andere) aan te bieden. Voor dit onderzoek is voor deel A (Groessen) uitgegaan van de volledig verdiepte ligging in beton, omdat dit een realistisch worstcase-effectanalyse is. Voor deel B (Duiven-Zevenaar) is uitgegaan van een halfverdiepte uitvoering van de A15 in beton.

Omdat bij het aanleggen in den natte, met bijvoorbeeld onderwaterbeton, geen grondwaterstandverlagingen gecreëerd worden, worden daar ook geen nadelige effecten verwacht.

Op basis van verkennende stationaire en dynamische scenarioberekeningen (niet beschreven in dit rapport, maar wel besproken in de projectgroep) is geconcludeerd dat het volledig in den droge aanleggen van een (half)verdiepte ligging met een folieconstructie, zonder compartimentering in de aanleg, vanuit geohydrologisch oogpunt niet de meest waarschijnlijke uitvoeringsmethode is. De grote grondwaterstandverlagingen en debieten die hierbij gerealiseerd moeten worden om de folie en het afdekkend zandbed aan te brengen veroorzaken zeer grote grondwaterstandverlagingen die met mitigerende maatregelen moeilijk te beperken zijn. Dergelijk grote grondwaterstandverlagingen en debieten brengen niet wenselijke risico's op de omgeving met zich mee (zetting, verdroging natuur, etc.).

In het geohydrologisch onderzoek van de Trajectnota/MER (ARCADIS, 2010) is al geconcludeerd dat uitvoering zonder compartimentering geen reel scenario is. Hiervoor brengt de zettinggevoeligheid van het gebied te grote risico's met zich mee.

In overleg met de projectgroep zijn zes scenario's uitgewerkt, berekend en beschreven in dit rapport. Hierbij is van grof naar fijn gewerkt, zijn bovengenoemde vrijheidsgraden afgekaderd en is de bandbreedte van de modeluitkomsten in beeld gebracht aan de hand van twee extreme gebeurtenissen (hoogwater/laagwater) die kunnen optreden tijdens uitvoering.

Tabel 8 | Overzicht en randvoorwaarden van de scenarioberekeningen. Onderstaande set aan scenarioberekeningen is voor zowel een hoogwatersituatie als laagwatersituatie uitgevoerd.

#	Locatie	Uitvoering	Verdieping	Breedte	Droog- leggingseis	Damwand- lengte	Retour- bemaling
1	Duiven-Zevenaar	Halfverdiept	3 m	50 m	4,5 m –mv	nvt	nee
2	Duiven-Zevenaar	Halfverdiept	3 m	50 m	4,5 m –mv	12 m	nee
3	Duiven-Zevenaar	Halfverdiept	3 m	50 m	4,5 m –mv	12 m	ja
4	Groessen	Verdiept	6 m	75 m	7,5 m –mv	nvt	nee
5	Groessen	Verdiept	6 m	75 m	7,5 m –mv	24 m	nee
6	Groessen	Verdiept	6 m	75 m	7,5 m –mv	24 m	Ja

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij bovenstaande scenario's:

- Breedte van de bouwkuip is afgerond op de modeldimensies van 25 x 25 m (resolutie). Deze waren oorspronkelijk gesteld op 51 m (Duiven-Zevenaar) en 63 m (Groessen).
- Uitvoering van de werkzaamheden vinden plaats in den droge, onder begeleiding van bemaling.
- De droogleggingseis is aangenomen op 1,5 m onder het niveau van verdieping (wegniveau).
- Minimale damwandlengte: Hiervoor is in overleg met de projectgroep een factor 4 maal het uitgravingsniveau als uitgangspunt voor de berekeningen aangenomen.
- Compartimentering is aangenomen op 200 m (aangegeven door de projectorganisatie).
- Duur van de bemaling is acht weken (per compartiment) voorafgaand aan de hoogwater- (1/2/1995) en/of laagwatersituatie (29/9/2003). De hoogwater- en laagwaterperioden zijn in Figuur 7 en Figuur 8 in paragraaf 2.5 weergegeven.
- Het 'stationair debiet' is het gemiddeld onttrokken debiet per compartiment dat is berekend aan het einde van de hoogwater- (1/2/1995) en/of laagwatersituatie (29/9/2003).
- De berekeningen zijn per deel van het tracé voor telkens één compartiment berekend. Er is dus geen cumulatief effect berekend van de uitvoeringsmethode door het achtereenvolgens uitvoeren van de werkzaamheden in meerdere compartimenten.
- Retourbemaling ('stationair' debiet) vindt plaats onder de deklaag in het pakket van (matig) grof zand behorende tot de Formatie van Kreftenheye. De retourbronnen zijn geplaatst op een afstand van 100 meter vanaf de damwanden.
- In de toekomstige situatie worden watergangen gedempt en verlegd. Veranderingen in het oppervlaktewatersysteem als gevolg van de werkzaamheden en permanente inrichting zijn in de scenarioberekeningen niet meegenomen.

## 4.2 RESULTATEN SCENARIOBEREKENINGEN

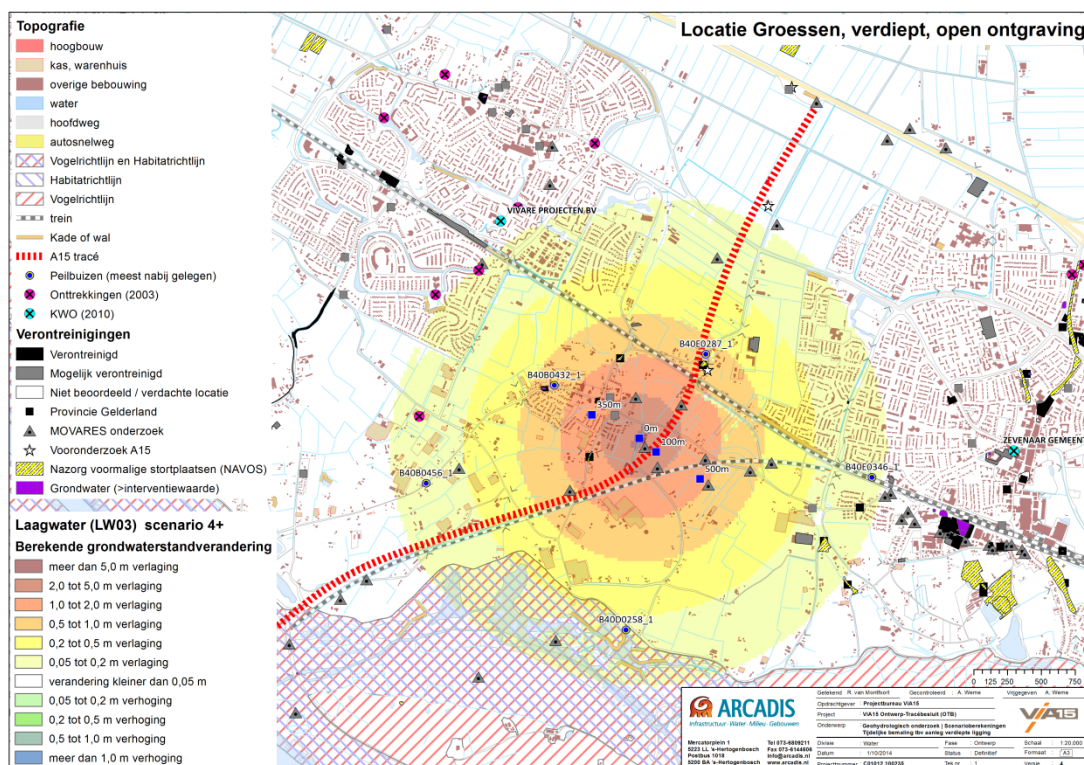
Op basis van de modelberekeningen zijn in deze paragraaf de resultaten inclusief enkele algemene conclusies opgenomen. In onderstaande tabel zijn de berekende debieten weergegeven. Dit zijn de debieten berekend voor de verschillende scenario's tijdens de hoogwater- en laagwatersituatie. Verder in deze paragraaf is een opsomming van de modelresultaten per scenarioberekening opgenomen. De kaarten met berekende effecten bevinden zich in Bijlage 8 en Bijlage 9. Wat in deze kaarten opvalt is dat het invloedgebied ter plaatse van de locatie Groessen (volledig verdiept) kleiner is dan dat ter plaatse van Duiven Zevenaar (halfverdiept). De verklaring hiervoor moet gezocht worden in het effect van de extra grondwateraanvulling als gevolg van de rivierwaterstand (infiltratie). Hetzelfde geldt voor de drainerende werking van de rivier.

Tabel 9 | Berekende debieten tijdens de hoogwater/laagwatersituatie.

#	Locatie	Uitvoering	Mitigerende maatregel	Afmeting m (l x b x h)	Hoogwater m <sup>3</sup> /u	Laagwater m <sup>3</sup> /u
1	Duiven-Zevenaar	Halfverdiept	geen	200 x 50 x 3	~ 1200	~ 950
2	Duiven-Zevenaar	Halfverdiept	damwanden	200 x 50 x 3	~ 750	~ 600
3	Duiven-Zevenaar	Halfverdiept	damwanden + retourbemaling	200 x 50 x 3	~ 1150	~ 950
4	Groessen	Verdiept	geen	200 x 75 x 6	~ 2000	~ 1750
5	Groessen	Verdiept	damwanden	200 x 75 x 6	~ 1100	~ 1000
6	Groessen	Verdiept	damwanden + retourbemaling	200 x 75 x 6	~ 1400	~ 1250

### Open ontgraving

Uitvoering in open ontgraving veroorzaakt een groot invloedgebied (1.300 tot 2.300 m) bij zeer hoge onttrekkingsdebieten (6 tot 10 m<sup>3</sup>/u per strekkende meter). Het grootste invloedgebied wordt berekend tijdens de laagwatersituatie tijdens uitvoering van de halfverdiepte ligging nabij Duiven-Zevenaar. Dit maximaal berekend invloedgebied is groter dan een verdiepte ligging bij Groessen omdat tussen Duiven-Zevenaar de invloed van het Pannerdensch Kanaal op de grondwaterstand kleiner is. Het grootste invloedgebied met een berekende verlaging groter dan 1 m (550 - 600 m) treedt namelijk op tijdens uitvoering van de verdiepte ligging nabij Groessen (Figuur 16).

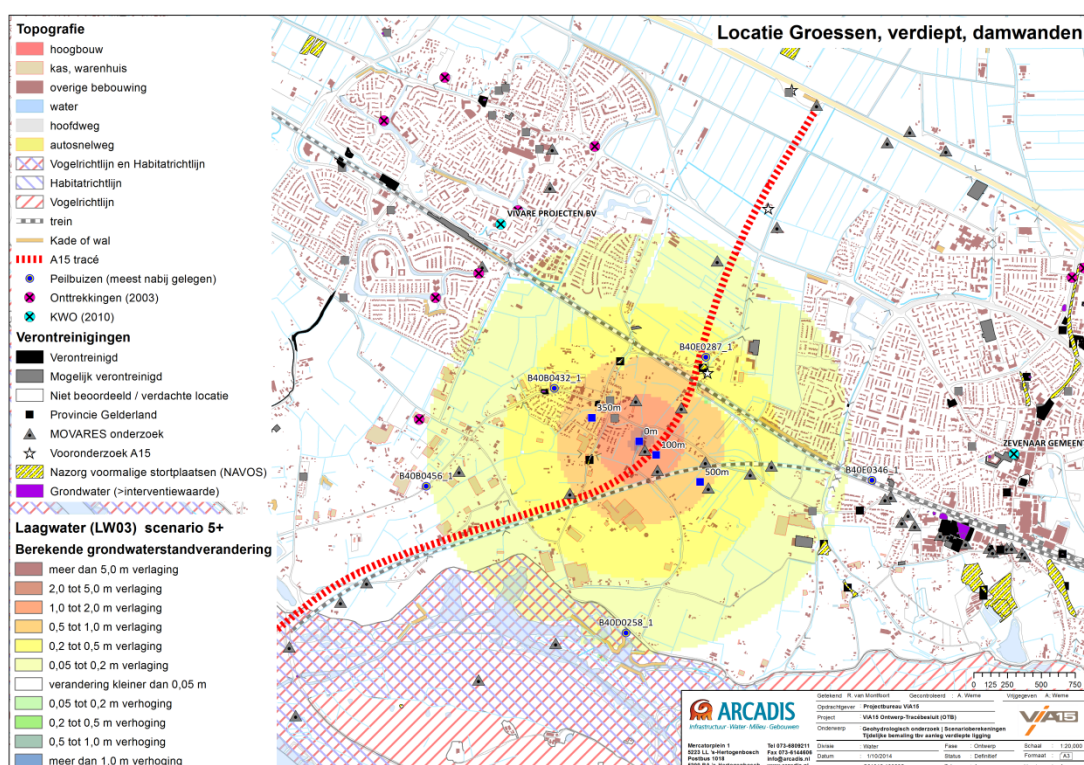


Figuur 16 | Berekende grondwaterstandverlaging tijdens extreem laagwater en bemaling zonder mitigerende maatregelen (open ontgraving) over een lengte van 200 m van de verdiepte ligging nabij Groessen.

Dat het invloedsgebied tijdens een laagwatersituatie groter is dan tijdens een hoogwatersituatie is te verklaren doordat bij een hoogwatersituatie grondwateraanvulling door neerslag plaats vindt en door de hoge rivierpeilen infiltratie van oppervlaktewater naar het grondwater optreedt. Deze grondwateraanvulling beperkt de invloedstraal van de (tijdelijke) bemaling ter plaatse van de werkzaamheden.

### Damwanden

Uitvoering tussen damwanden beperkt het onttrekkingsdebiet, ten opzichte van uitvoering zonder damwanden, met 1/3 tot 1/2. De grondwaterstandverlaging dicht bij de bouwkuip wordt sterk beperkt. Op 100 tot 200 m is dit verschil 1 tot 3 meter ten opzichte van uitvoering zonder damwanden (zie Figuur 17). Het invloedsgebied (tot 5 cm verandering) blijft in dezelfde orde grootte als bij uitvoering zonder damwanden. Damwanden beperken de horizontale toestroming naar de bouwput waardoor het debiet en de grondwaterstandverlaging in de omgeving kleiner is.



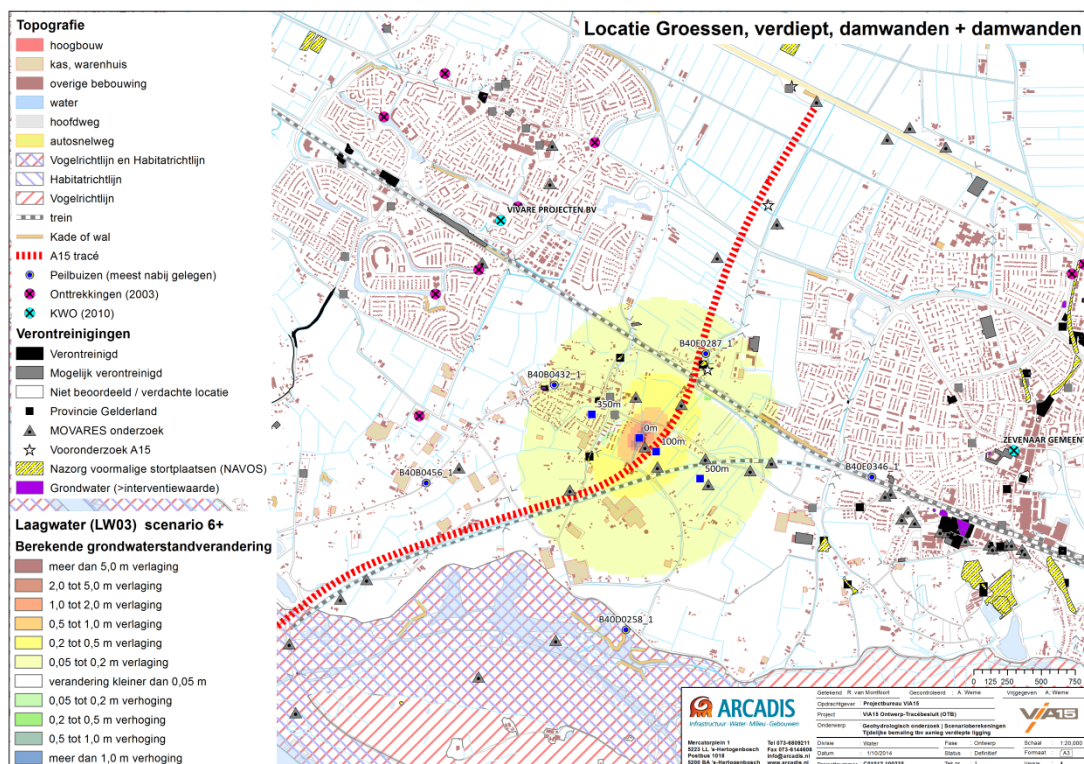
Figuur 17 | Berekende grondwaterstandverlaging tijdens extreem laagwater en uitvoering tussen damwanden over een lengte van 200 m van de verdiepte ligging nabij Groessen.

### Damwanden + retourbemaling

Uitvoering tussen damwanden waarbij buiten de bouwkuip retourbemaling wordt toegepast, laat de kleinste effecten op de grondwaterstandverandering zien (invloedsgebied circa 700 m, zie Figuur 18). De debieten zijn vergelijkbaar met uitvoering tussen damwanden.

De technische uitvoerbaarheid van retourbemaling vereist maatwerk. Dit maatwerk is in deze scenario-berekeningen niet meegenomen. Bij retourbemaling kunnen waterstandverhogingen optreden. Berekende verhogingen zijn tijdens een hoogwatersituatie niet wenselijk. Bij de berekeningen is uitgegaan van 100% retourneren van het onttrokken grondwater. In de praktijk zal dit waarschijnlijk niet mogelijk zijn binnen de beschikbare ruimte in de ondergrond en langs de bouwkuip. Een deel van het onttrokken grondwater zal dus geloosd moeten worden op het oppervlaktewater. In dit onderzoek is niet onderzocht of deze hoeveelheden geloosd kunnen worden op het oppervlaktewatersysteem. Hierover zal afstemming moeten plaatsvinden met het bevoegd gezag.

De berekende verhogingen als gevolg van 100% retourneren van het onttrokken grondwater zal, door het toepassen van maatwerk, in de praktijk niet plaats vinden.



Figuur 18 | Berekende grondwaterstandverlaging tijdens extreem laagwater en uitvoering tussen damwanden inclusief retourbemaling over een lengte van 200 m van de verdiepte ligging nabij Groessen.

In de berekeningen is aangenomen dat de retourfilters op een afstand van 100 m van de bouwkuip kunnen worden geplaatst. In de praktijk is dit niet altijd mogelijk vanwege diverse obstakels zoals bebouwing, wegen en overige infrastructuur.

### Trajectnota/MER in retrospectief

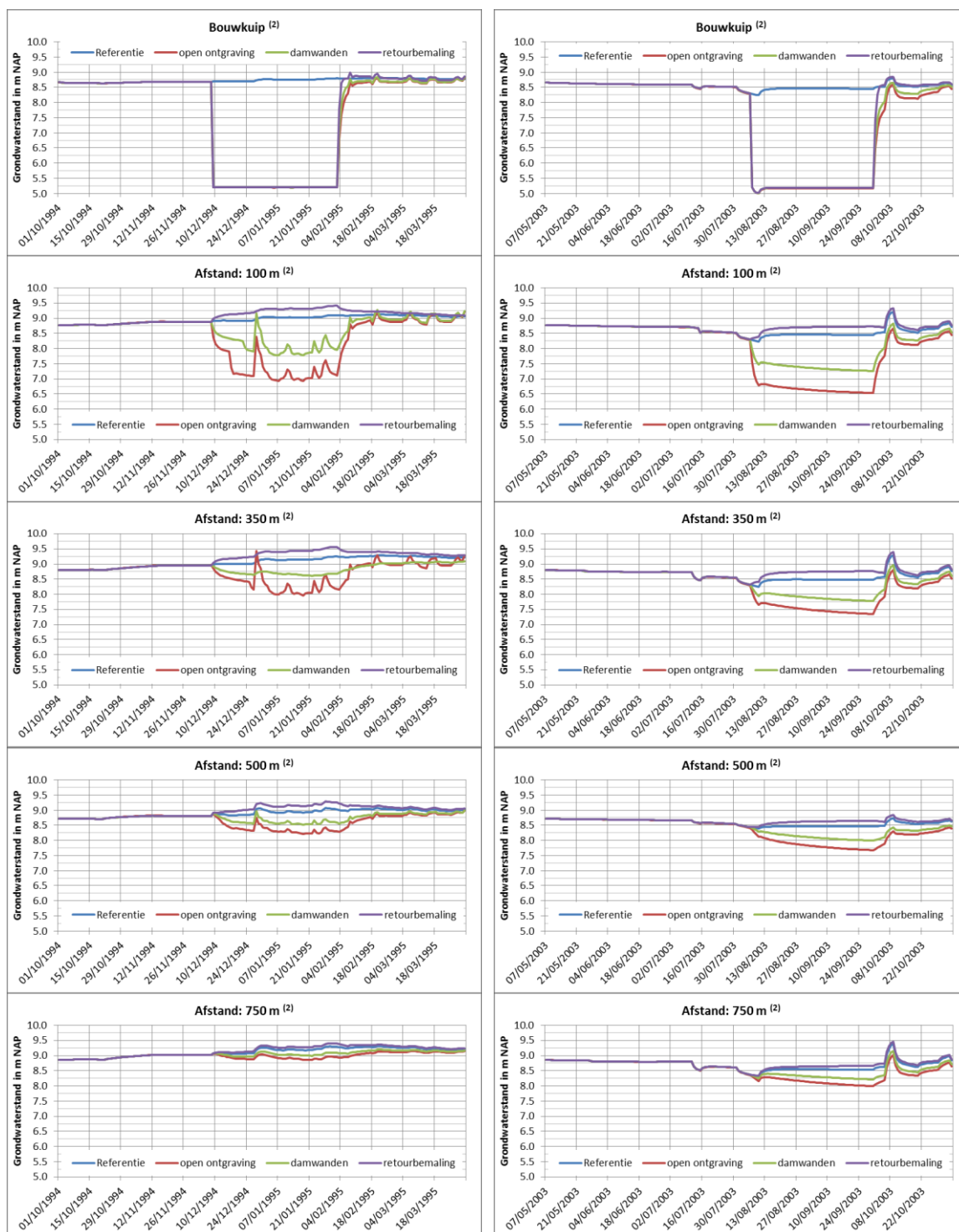
Ten opzichte van de berekende effecten voor de Trajectnota/MER zijn de berekende effecten (invloedsgebied) vele honderden meters kleiner (1.800-2.300 m ten opzichte van 3.500-4.000 m). Dit komt vooral doordat bij de berekeningen van de Trajectnota/MER (nabij Groessen) geen compartimentering is toegepast, de bodemweerstand van het Pannerdensch Kanaal en de dikte van het eerste watervoerend pakket groter waren aangenomen. Daarnaast was de slecht doorlatende laag 'Twello klei' vlakdekkend aangenomen ter plaatse van het wegtracé. Door de compartimentering en modelverbeteringen in het ViA15 OTB-model is een betere inschatting van de mogelijke effecten op de grondwaterstand in beeld gebracht. Daarnaast is met de aanvullende scenarioberekeningen met damwanden en retourbemaling, extra inzicht verschaft in mogelijk mitigerende maatregelen.

### Grondwaterstandverlaging tijdsafhankelijk

In onderstaande grafieken zijn de resultaten weergegeven in tijdstijghoogtelijnen op aangegeven afstanden tot de bouwkuip (in raaien). De ligging van deze meetpunten zijn aangegeven op de effectkaarten in de bijlagen.

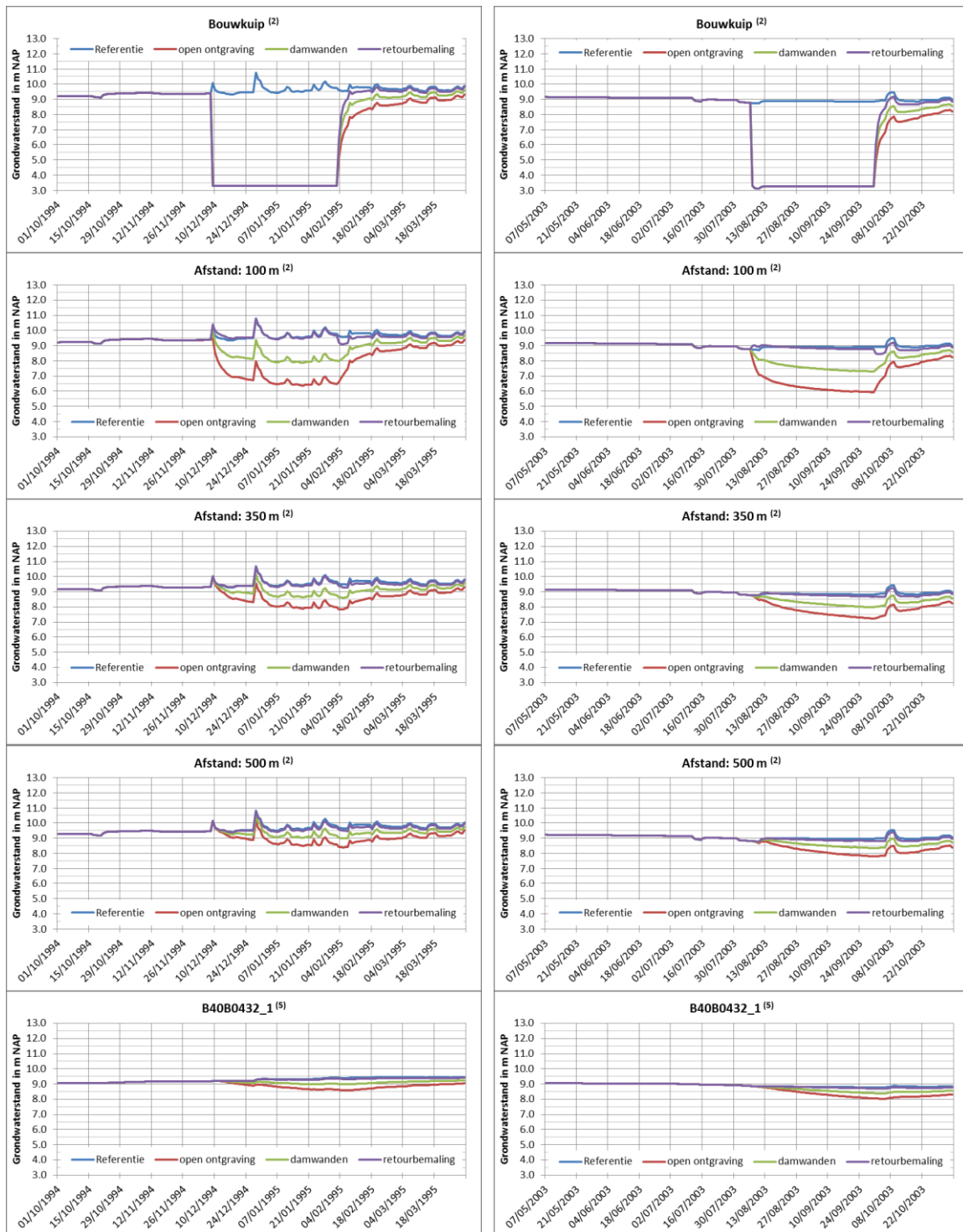
In onderstaande tijdstijghoogtegrafieken is duidelijk de invloed van de hoogwatersituatie op de grondwaterstand zichtbaar.

Tussen Figuur 19 en Figuur 20 is tijdens de hoogwatersituatie ook duidelijk het verschil in grondwaterdynamiek waar te nemen. Ter plaatse van Groessen werkt het hoge waterpeil op het Pannerdensch Kanaal veel meer door op de grondwaterstand dan dat dit ter plaatse van Duiven-Zevenaar doet.



Figuur 19 | Tijdstijghoogtelijnen met de berekende grondwaterstanden tijdens hoogwater (links) en tijdens laagwater (rechts) bij Duiven-Zevenaar (halfverdiepte aanleg). De blauwe lijn is de referentiesituatie. De rode, groene en paarse lijn geven de berekende grondwaterstand weer van de drie scenario's zonder damwanden ('open ontgraving'), met damwanden ('damwanden') en met damwanden en retourbemaling ('retourbemaling').





Figuur 20 | Tijdstijghoogtelijnen met de berekende grondwaterstanden tijdens hoogwater (links) en tijdens laagwater (rechts) bij Groessen (verdiepte aanleg). De blauwe lijn is de referentiesituatie. De rode, groene en paarse lijn geven de berekende grondwaterstand weer van de drie scenario's zonder damwanden ('open ontgraving'), met damwanden ('damwanden') en met damwanden en retourbemaling ('retourbemaling').

### *Aanvullende conclusies/bevindingen*

Hieronder is per scenarioberekening een opsomming van de resultaten en conclusies gegeven.

#### *Locatie Duiven-Zevenaar, halfverdiept, open ontgraving (Scenario 1)*

- Totaal invloedgebied circa 1.300 m tot 2.300 m, een verlaging van 1 m treedt tot circa 350 - 400 m op vanaf de bouwkuip.
- Laagwatersituatie heeft een groter invloedsgebied (maximaal 500 m) dan de hoogwatersituatie.
- Debiet van circa 1.200 m<sup>3</sup>/u is ongeveer 6 m<sup>3</sup>/u per strekkende meter.

#### *Locatie Duiven-Zevenaar, halfverdiept, damwanden (Scenario 2)*

- Totaal invloedgebied circa 1.500 m tot 2.000 m, een verlaging van 1 m treedt tot circa 150 - 200 m op vanaf de bouwkuip.
- Laagwatersituatie heeft een groter invloedsgebied (maximaal 400 m) dan de hoogwatersituatie.
- Debiet van 750 m<sup>3</sup>/u is bijna tweederde van het berekend debiet (1.200 m<sup>3</sup>/u) bij uitvoering in open ontgraving zonder mitigerende maatregelen (scenario 1).

#### *Locatie Duiven-Zevenaar, halfverdiept, damwanden + retourbemaling (Scenario 3)*

- Totaal invloedgebied maximaal 1.200 m, buiten de 'bouwkuip' is een verhoging berekend van maximaal 1,5 m ter plaatse van de injectiebronnen. Dit is binnen 200 m van de bouwkuip bij 100% retourbemaling tijdens de hoogwatersituatie '94/'95. In de praktijk zal dit niet optreden door maatwerk tijdens uitvoering (mogelijk lozen van een deel van het waterbezwaar).
- Op 350 m afstand is de berekende verhoging circa 0,25 m en op 700 m maximaal 0,10 m.
- Het berekend debiet bij bemaling tussen damwanden en toepassing van retourbemaling is vergelijkbaar met het berekend debiet (1.200 m<sup>3</sup>/u) bij uitvoering in open ontgraving zonder mitigerende maatregelen (scenario 1).

#### *Locatie Groessen, verdiept, open ontgraving (Scenario 4)*

- Totaal invloedgebied circa 1.600 m tot 1.800 m, een verlaging van 1 m treedt tot circa 550 - 600 m op vanaf de bouwkuip.
- Laagwatersituatie heeft een groter invloedsgebied (maximaal 500 m) dan de hoogwatersituatie.
- Debiet van circa 2.000 m<sup>3</sup>/u is ongeveer 10 m<sup>3</sup>/u per strekkende meter.

#### *Locatie Groessen, verdiept, damwanden (Scenario 5)*

- Totaal invloedgebied circa 1.000 m tot 1.500 m, een verlaging van 1 m treedt tot circa 300 - 350 m op vanaf de bouwkuip.
- Laagwatersituatie heeft een groter invloedsgebied (maximaal 400 m) dan de hoogwatersituatie.
- Debiet van 1.100 m<sup>3</sup>/u is bijna de helft van het berekend debiet (2.000 m<sup>3</sup>/u) bij uitvoering in open ontgraving zonder mitigerende maatregelen (scenario 4).

#### *Locatie Groessen, verdiept, damwanden + retourbemaling (Scenario 6)*

- Totaal invloedgebied maximaal 900 m, buiten de 'bouwkuip' is een verhoging berekend van maximaal 0,15 m ter plaatse van de injectiebronnen. Dit is binnen 200 m van de bouwkuip bij 100% retourbemaling tijdens de hoogwatersituatie '94/'95. In de praktijk zal dit niet optreden door maatwerk tijdens uitvoering (mogelijk lozen van een deel van het waterbezwaar).
- Op 350 m afstand is de berekende verhoging circa 0,25 m en op 700 m maximaal 0,10 m.
- Het berekend debiet bij bemaling tussen damwanden en toepassing van retourbemaling is circa 70% van het berekend debiet (2.000 m<sup>3</sup>/u) bij uitvoering in open ontgraving zonder mitigerende maatregelen (scenario 4).

### 4.3 EFFECTEN OP DE OMGEVING

De, in paragraaf 4.2, beschreven, verhogingen of verlagingen van de grondwaterstand, als gevolg van bemaling tijdens de aanlegfase, kunnen effecten veroorzaken. In deze paragraaf is gekeken naar de effecten voor de volgende functies en objecten:

- bebouwing en infrastructuur;
- landbouw en natuur;
- oppervlaktewater;
- grondwateronttrekkingen en ondergrondse opslagsystemen;
- bodem- en grondwaterverontreinigingen.

Deze functies en kwetsbare objecten zijn op de effectkaarten in Bijlage 8 en Bijlage 9 weergegeven. Hieronder volgt een korte toelichting op de kwetsbaarheid van deze functies en objecten.

#### *Bebouwing en infrastructuur*

Bebouwing en infrastructuur zijn gevoelig voor zetting/verzakking van de ondergrond. Hierdoor kan schade ontstaan aan de bebouwing of infrastructuur. Zetting ontstaat wanneer de grondwaterstand in samendrukbare bodemlagen lager is dan de grondwaterstand die optreedt als gevolg van natuurlijke fluctuatie. Dit betekent dat wanneer de grondwaterstand wordt verlaagd beneden het laagste niveau van de natuurlijke fluctuatie van de grondwaterstand, bodemlagen samengedrukt kunnen worden doordat het poriewater er uit wordt geperst. Het optreden van zetting en de mate of grootte van de zetting is afhankelijk van de betreffende bodemlagen. Zandige of grindige lagen zijn niet of nauwelijks samendrukbare. Daarentegen kunnen kleiige of venige lagen inklinken door de verminderde waterspanning in de bodemlaag of door langdurige drooglegging (consolidatie).

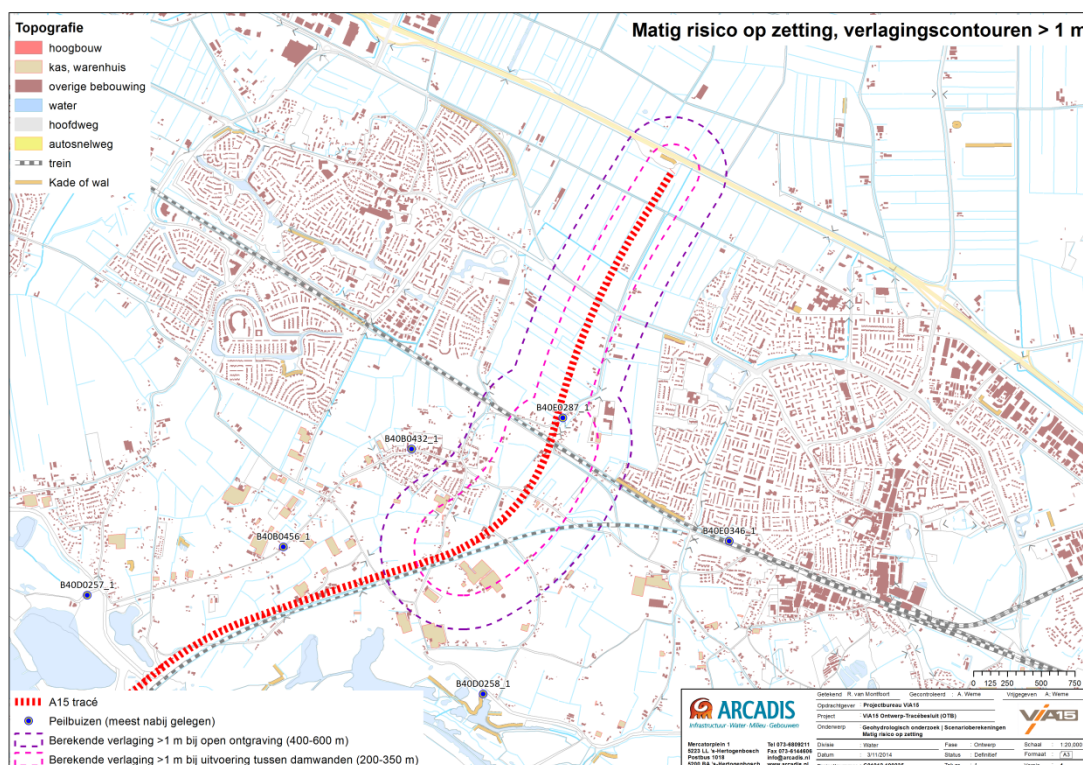
In opdracht van de provincie Gelderland heeft de Rijks Geologische Dienst (RGD) en het Adviesbureau voor Bouwtechniek (ABT) een onderzoek uitgevoerd naar de zettingsgevoeligheid van de bodem in de provincie Gelderland. Uit dit onderzoek volgt of sprake is van een lage, matige of hoge zettingsgevoeligheid. Onderstaand kader definieert deze klassen.

#### **TOELICHTING RISICOKLASSEN ZETTINGEN**

Voor de indicatieve zettingsgevoeligheid worden door de Rijksgeologische Dienst (RGD) en het Adviesbureau voor Bouwtechniek drie klassen onderscheiden, op basis van berekeningen met de zettingsformule van Terzahi-Buisman. In gebieden met een laag risico treedt maximaal 2.5 centimeter zetting op over een periode van 30 jaar bij een fictieve verlaging van de grondwaterstand van 1 meter. Voor de delen met een matig tot hoog risico op zetting wordt een totale zetting verwacht van respectievelijk 2.5 – 10 cm en 10 – 20 cm voor de periode van 30 jaar bij een fictieve grondwaterverlaging van 1 meter.

De vastgestelde risicoklassen geven aan in welke gebieden een laag, matig of hoog risico bestaat op zetting bij een langdurige (~30 jaar) verlaging van de grondwaterstand van meer dan 1 meter. Het merendeel van het onderzochte gebied valt in de klasse matig risico, op basis van destijds beschikbare bodeminformatie. In deze studie is, op basis van nieuwe informatie, aangetoond dat in het gebied niet structureel een kleilaag aanwezig is zoals bij Zevenaar (zie paragraaf 0). Het, eerder toegekende, risicoprofiel is daarom waarschijnlijk aan de hoge kant. Het geohydrologisch onderzoek laat zien dat alleen tijdens de aanlegfase een dergelijke verandering van de grondwaterstanden kan optreden. Dit effect beperkt zich tot een zone aan weerszijde van het tracé. Het betreft bovendien een veel kortere periode (circa 2,5 jaar) dan de periode waarop de zettingsrisicoklassen zijn gebaseerd (30 jaar). Er is daarmee sprake van een worstcase-benadering.

Er is sprake van een risico op zetting op locaties met een matig tot hoog vastgesteld zettingsrisico (op basis van de klassen uit het onderzoek van RGD), waar tijdens de aanlegfase een grondwaterstandverlaging van meer dan 1 meter wordt berekend. In het meest ongunstige scenario van dit onderzoek ('open ontgraving') is een dergelijke verlaging op circa 400 m tot 600 m van de bouwkuipen berekend. Figuur 21 laat het gebied zien dat valt binnen de klassen matig en hoog risico, en waarbinnen tijdens de aanleg een grondwaterstandsverlaging van 1 meter optreedt. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen twee onderzochte methoden van aanleg (met bemaling). In de situatie waarbij de uitvoering plaats vindt tussen damwanden inclusief retourbemaling is het risico op zetting over grote afstand verwaarloosbaar, omdat deze uitvoeringswijze maatwerk vereist en slechts een minimale grondwaterstandverandering op grotere afstand van de bouwkuip wordt verwacht.



Figuur 21 | Overzicht van matig risico op zetting langs het wegtracé op basis van de berekende grondwaterstandverlaging van meer dan 1 m voor uitvoering in 'open ontgraving' (worst case; paarse onderbroken lijn) en uitvoering tussen damwanden (roze onderbroken lijn). In de situatie waarbij de uitvoering plaats vindt tussen damwanden inclusief retourbemaling is het risico op zetting op grote afstand van de bouwkuip verwaarloosbaar geacht.

De kans op klei en veen in de deklaag (verwerkt in de risicoklasse) en de berekende grondwaterstandverlaging van meer dan 1 meter maken dat binnen de contouren in Figuur 21 tijdens de aanlegfase een reëel zettingsrisico bestaat. Op deze locaties moet dan wel daadwerkelijk klei of veen in de bodem aanwezig zijn.

In de nabijheid van het wegtracé is aangetoond, met behulp van aanvullende veldgegevens en modellen (boringen/sonderingen en GeoTOP model), dat er tot op een diepte van NAP -30 m (circa 40 m beneden maaiveld) geen grote oppervlakten samendrukbare klei of veenlagen voorkomen, met uitzondering van de deklaag. Zie ook de toelichting hierop in paragraaf 2.4. De aandacht gaat in deze studie daarom uit naar grondwaterstandverlagingen in de deklaag (immers, in de diepere ondergrond zijn geen grote oppervlakten samendrukbare lagen aangetroffen en is het risico op zetting daarmee klein).

Desalniettemin is het aan te bevelen voor uitvoeringsmethoden met een grote verlaging van de grondwaterstand (tot onder de deklaag) tijdens de aanlegfase nader onderzoek te doen naar samendrukbare lagen in het diepere pakket.

Binnen de aangegeven contouren zijn woningen, bedrijven, boerderijen, wegen en kaden aanwezig. Afhankelijk van het gekozen scenario voor de uitvoering, treedt tijdens de aanlegfase (ca. 2,5 jaar), een tijdelijke verlaging van de grondwaterstand van meer dan 1 meter op. Ondanks dat deze periode veel korter is dan de periode waarover het zettingsrisico is gedefinieerd, is extra aandacht noodzakelijk. Deze aandacht zal zich in eerste instantie moeten richten op de wijze van funderen van aanwezige bebouwing (funderingsniveau in de deklaag of op de onderliggende zandlaag) en de aanwezigheid van samendrukbare bodemlagen (klei en veen) in de deklaag. Langs het wegtracé zijn immers, zoals genoemd, weinig tot geen samendrukbare lagen aanwezig tot op een diepte van 30 m beneden maaiveld, met uitzondering van de deklaag. In het aangeduide gebied is daarom met name risico op zetting aanwezig, indien bebouwing is gefundeerd in de deklaag. Gelet op de dikte van de deklaag is de kans hierop klein, maar gelet op de gevolgen is vervolgonderzoek aanbevolen. Voor delen van het gebied is al nader onderzoek uitgevoerd, zoals het bebouwd gebied van Zevenaar (zie onderstaande onderzoek van Deltares, dat concludeert dat de zetting en opgetreden verzakkingen een lokaal verschijnsel is).

Deltares heeft in het onderzoek naar de zetting in de gemeente Zevenaar geconcludeerd dat de verzakkingen een lokaal verschijnsel zijn (Deltares, 2009). De ondiepe kleilaag in de deklaag ter plaatse van Zevenaar is gevoelig voor rijping (krimpen en zwellen) als gevolg van het vochtgehalte in de bodem. Deze kleilaag is circa 3 m dik in het zuidwesten van Zevenaar en neemt af tot 0 m in het noordoosten van Zevenaar. Ondanks dat de stijghoogte in het onderliggende zandpakket van invloed is op de vochtbalans in de ondiepe kleilaag, wijst het onderzoek van Deltares (in samenwerking met Fugro en TU Delft) uit dat langdurige grondwaterstandverlagingen en extreem en/of langdurige droge perioden (gebrek aan voldoende grondwateraanvulling om de vochtbalans te herstellen) een grotere rol spelen. Zo is geconcludeerd dat de aanwezigheid van de tunnelbak in de Betuweroute (permanente situatie), lokale waterlopen in Zevenaar, oude tankgrachten uit WOII, en grondwateronttrekkingen (ook voor beregening van het land in de zomer) geen invloed van betekenis hebben op de stijghoogte in het zandpakket.

Er is in dit onderzoek niet getoetst of de bebouwing, die zich binnen de gepresenteerde contouren bevindt, binnen de norm voor hoekverdraaiing blijft (NEN 6744, 1:300). Deze norm stelt dat, bij een maximale zetting van 10 cm, de lengte waarover deze zetting optreedt binnen een gebouw/constructie niet kleiner mag zijn dan 30 m. Als de lengte waarover zetting plaatsvindt wel kleiner is dan 30 m dan zal er schade ontstaan aan de gebouwen. Over het algemeen zal bij een gebouw/constructie aan beide zijden zetting optreden waardoor de hoekverdraaiing kleiner uitvalt, tenzij een zijde van het gebouw/constructie zich bevindt op zetting ongevoelige ondergrond of is gefundeerd. Met name voor de uitvoeringmethode met retourbemaling is dit een aandachtspunt.

Als de bemalingen voor de aanleg van de A15 plaats vinden in een periode met weinig tot geen grondwateraanvulling is het mogelijk dat binnen het invloedsgebied het proces van rijping gaat optreden. Monitoring van grondwater en metingen van zakking kunnen dit tijdig in beeld brengen zodat maatregelen (infiltratie of bevoeiing, aanpassen van de werkvakgrootte/compartimentering) kunnen worden genomen.

#### *Conclusie*

Het risico op zetting is aanwezig, afhankelijk van de uitvoeringsmethode. Het risico beperkt zich tot de directe omgeving van het tracé, tot maximaal circa 600 m. Gelet op de onzekerheid met betrekking tot fundering van bebouwing en aanwezigheid van samendrukbare lagen is het noodzakelijk om binnen de risicocontouren nader onderzoek te doen en/of tijdens de uitvoering te monitoren of zetting optreedt.

### **Landbouw en natuur**

De tijdelijke effecten op de grondwaterstand als gevolg van de uitvoeringswerkzaamheden (tijdelijke bemaling van de compartimenten) kunnen schade toebrengen aan grondwaterafhankelijke natuur en landbouwgewassen. Wanneer de uitvoeringswerkzaamheden plaatsvinden in het groeiseizoen van gewassen en vooral tijdens de droge periode van het jaar, kan schade aan gewassen en natuur optreden door een vochttekort. Uitvoeren van de werkzaamheden, als de grondwaterstand tijdelijk verlaagd moet worden, buiten het groeiseizoen is een maatregel om droogteschade aan gewassen en natuur te verminderen. Een andere mitigerende maatregel kan zijn het beregenen van de gewassen of het tijdelijk opzetten van de peilen in de watergangen en sloten (eventueel met onttrokken grondwater). Uitvoering van de werkzaamheden tussen damwanden beperkt de grondwaterstandverlaging buiten de bouwkuip met 0,5 m tot 1,0 m en beperkt het invloedgebied met circa 100 m tot 400 m.

Op de effectkaarten zijn de Natura 2000-gebieden weergegeven. Voor deze gebieden geldt dat er geen nadelige effecten mogen optreden als gevolg van de werkzaamheden. Uit de scenarioberekeningen voor verdieping bij Groessen (scenario's 4 en 5) komt naar voren dat door de tijdelijke bemaling een grondwaterstandverlaging kan optreden tot in de Natura 2000-gebieden van de Gelderse Poort (tot 0,25 m). Deze berekende verlaging valt binnen de natuurlijke grondwaterfluctuatie. De aanwezige habitattypen (H3150; H6510 en H91E0) ter plaatse van de berekende verlagingen<sup>8</sup> zijn rivierafhankelijk. Zolang meren en moerassen niet droogvallen als gevolg van de tijdelijke bemaling zal er geen schade ontstaan aan de vegetatie. Door monitoring van de grondwaterstand uit te voeren voordat de werkzaamheden plaatsvinden maar ook tijdens en na de werkzaamheden kan een toetsingskader opgesteld worden (alarmeringsdoelen). Hierdoor kan tijdens de werkzaamheden bijgestuurd of ingegrepen worden als de werkzaamheden een ongewenst effect veroorzaken op de grondwaterstand. Daarnaast kan de monitoring gebruikt worden om de effecten te evalueren na afloop van de werkzaamheden. In de watergangen in beheer van waterschap Rijn en IJssel (binnendijks) komen eveneens geen beschermde grondwaterafhankelijke vegetaties voor<sup>9</sup>. Mogelijke effecten op de kwelintensiteit als gevolg van de tijdelijke bemaling zijn in dit onderzoek niet onderzocht. Voor de overige scenario's zijn op basis van de modeluitkomsten geen negatieve effecten op natuur voorzien.

### **Opperlaktewater**

Als gevolg van tijdelijke grondwaterstandverlagingen kunnen watergangen droogvallen. In veel van de aanwezige watergangen vindt dit ook onder natuurlijke omstandigheden plaats. Wanneer dit de gebruiksfunctie niet negatief beïnvloedt of schade toebrengt aan de watergang kan dit in overleg met de waterbeheerder toegestaan worden. Hier zal voor aanvang van de werkzaamheden nader onderzoek en afstemming met het waterschap plaats moeten vinden. Dit geldt voor alle berekende scenario's.

Bij het toepassen van retourbemaling moet bij het plaatsen van de retourbronnen en retourhoeveelheden rekening gehouden worden met de aanwezige watergangen en bodemhoogtes. Zolang de waterdruk en gronddruk van de deklaag en watergang groter is dan de stijghoogte die wordt gecreëerd in het watervoerend pakket, is het gevaar voor opbarsting gering. In de praktijk wordt een veiligheidsfactor gehanteerd van 1,1 tot 1,2 (oftewel,  $\text{gronddruk/tegendruk} > \text{stijghoogte/waterdruk} * \text{veiligheidsfactor}$ ).

<sup>8</sup> Atlas Gelderland Natura 2000: <http://ags.prvgl.nl/GLD.Atlas/Default.aspx?applicatie=Natura2000>

<sup>9</sup> Aangegeven door ecologen van waterschap Rijn en IJssel

### *Grondwateronttrekkingen en koude-warmteopslagsystemen*

Wanneer tijdelijke bemaling gebruikt wordt voor het uitvoeren van de werkzaamheden in den droge zal dit hoofdzakelijk een effect hebben op de ondiepe grondwaterstand. De grondwateronttrekkingen die binnen de (worst case, uitvoering in 'open ontgraving') berekende grondwaterstandverandering liggen bevinden zich op een dergelijk grote afstand dat het berekend effect maximaal 0,2 m tot 0,5 m is (zie Bijlage 8 en Bijlage 9). De minimale filterstelling van de onttrekkingsputten is NAP 5,0 m (bovenkant filter). De gemiddeld laagste grondwaterstand bevindt zich hier enkele meters boven de top van het filter (NAP 6,0 m tot NAP 8,0 m). De (maximaal) berekende verlaging van 0,2 m tot 0,5 m vormt dus geen risico op droogvallen van de onttrekkingsfilters. Daarnaast valt de berekende verlaging ter plaatse van nabij gelegen onttrekkingen binnen de natuurlijke grondwaterstandfluctuatie. Voor de overige scenario's vallen de bekende grondwateronttrekkingen buiten het berekend invloedgebied.

De nabij gelegen koude-warmteopslagsystemen (Vivare te Duiven en gemeente Zevenaar) hebben filterstellingen dieper dan 35 meter beneden maaiveld. Op basis van de worst case berekende grondwaterstandverlagingen ('open ontgraving') worden de risico's op beïnvloeding van de koude-warmteopslagsystemen door tijdelijke ondiepe bemaling verwaarloosbaar geacht.

### *Bodem- en grondwaterverontreinigingen*

Door beïnvloeding van het grondwater tijdens uitvoering (tijdelijke bemaling) treden verplaatsing en/of wijziging van de grondwaterstand en grondwaterstroming op. Hierdoor kunnen mobiele grondwaterverontreinigingen beïnvloed worden. Vooral locaties in de nabijheid van het wegtracé (circa 500 m tot 1.000 m) vormen hiervoor een risico. De tijdelijke verlaging verschilt per uitvoeringsmethode (scenario) en per locatie.

De mate waarin de verplaatsing daadwerkelijk optreedt hangt af van de lokale bodemsamenstelling. Een kleipakket in de deklaag heeft een lage doorlatendheid. Een verontreiniging die zich een laag met overwegend klei bevindt zal daarom niet tot nauwelijks verplaatsen. In een zandig pakket, met een hoge doorlatendheid kan de verplaatsing van een verontreiniging groter zijn. De mogelijke verplaatsing is ook afhankelijk van de mate waarin de tijdelijke onttrekking voor de aanlegfase de normale grondwaterstroming versterkt of afzwakt (immers, het is goed mogelijk dat de lokale grondwaterstroming in de natuurlijke situatie tegengesteld is aan de invloed van de onttrekking, waardoor de verplaatsing juist afneemt). Hier is geen onderzoek naar gedaan. Het in dit rapport in beeld gebrachte effect op de grondwaterstand (grondwaterstandverlaging) is zuiver gebaseerd op de berekende tijdelijke grondwaterstandsverlaging. Voor het invloedgebied van de scenario's is een groot deel van de verdachte locaties in beeld gebracht en zijn deze locaties ten opzichte van de berekende grondwaterstandveranderingen weergegeven. Of de tijdelijke bemaling ook daadwerkelijk een negatief effect heeft op de verontreinigingen/verdachte locaties is in deze studie niet onderzocht. Dit kan met behulp van grondwaterstromingsberekeningen in beeld gebracht worden en het is dan ook aan te bevelen om dit voorafgaand aan een eventuele bemaling uit te voeren.

De provincie Gelderland<sup>10</sup> beschikt over een uitgebreid overzicht van bodemverontreinigingen (bodemloket). Veel van deze bodemverontreinigingen zijn al gesaneerd of worden gesaneerd. Informatie over locaties die zijn onderzocht in het kader van het project Nazorg Voormalige Stortplaatsen (NAVOS) is ook geraadpleegd. Tijdens de fase Trajectnota/MER zijn door MOVARES verdachte locaties of saneringslocaties van mogelijke verontreinigingen in kaart gebracht (MOVARES, 2008). In het "Vooronderzoek Bodem ViA15" is door Royal HaskoningDHV, in opdracht van Rijkswaterstaat, een

<sup>10</sup> Atlas Gelderland bodemverontreinigingen: <http://ags.prvgld.nl/GLD.Atlas?applicatie=Bodemverontreinigingen>

inventarisatie gemaakt van verdachte locaties binnen het projectgebied van ViA15 (Royal HaskoningDHV, 2014). De verontreinigingslocaties zijn op de kaarten in Bijlage 8 en Bijlage 9 weergegeven.

Van bovenstaande gegevensbronnen zijn de verontreinigingen die als ernstige verontreinigingen zijn beoordeeld zwart weergegeven, mogelijk (ernstige) verontreinigingen zijn grijs weergegeven en locaties die nog niet zijn beoordeeld of als verdacht zijn aangeduid zijn wit weergegeven.

Grondwaterverontreinigingen waarbij concentraties boven de interventiewaarde zijn aangetroffen zijn met paars weergegeven. Grondwaterverontreinigingen zijn de meest mobiele verontreinigingen en hebben daarmee de meeste kans hebben om beïnvloed te worden tijdens eventueel tijdelijke grondwateronttrekkingen voor de aanleg van het wegtracé.

Op de kaarten is te zien dat er meerdere verdachte locaties nabij het wegtracé te Groessen liggen. Enkele specifieke locaties die voor het geohydrologisch onderzoek van belang zijn en die binnen de gemiddeld berekende grondwaterstandverlagingen vallen (tot op circa 1.000 m afstand van het wegtracé), zijn hieronder kort toegelicht. Hierbij moet wel vermeld worden dat niet van alle verontreinigingen bekend is in welke mate deze onder invloed staan van het grondwater. Vooral omdat de betreffende stoffen van de verontreiniging (nog) niet bekend zijn. Om dit te bepalen zou eerst onderzoek uitgevoerd moeten worden. Grondwaterverontreinigingen staan we onder invloed van het grondwater en deze locaties verdienen dus de grootste aandacht.

#### ***Grondwaterverontreinigingen***

Binnen het aangegeven bereik zijn twee grondwaterverontreinigingen bekend waarbij de interventiewaarde wordt overschreden. Deze bevinden zich aan de Dorpstraat in Groessen. Op beide locaties zijn minerale olie en (lichte) aromatische koolwaterstoffen zoals benzeen en toluen (LNAPLs<sup>11</sup>) aangetroffen. Beide locaties zijn deels gesaneerd en zijn in afwachting van een saneringsevaluatie.

Voor de locatie verzorgingsplaats en tankstation Oudbroeken (Duiven) is nog geen besluit genomen over de ernst en spoedeisendheid/urgentie. Hier is nader (historisch) onderzoek vereist (provincie Gelderland). Gezien het feit dat de bodem op de locatie verdacht is ten aanzien van verontreiniging met minerale olie en aromatische koolwaterstoffen (MOVARES) kan sprake zijn van een verspreidingsrisico bij een grondwaterstandsverlaging als gevolg van bemaling.

#### ***Ernstige verontreinigingen***

Bij Groessen zijn aan de Heiliglandsestraat, Helhoek, Leuvensestraat en Kamerstraat voormalige stortplaatsen gelegen (NAVOS). Voor de voormalige stortplaats aan de Kamerstraat wordt een saneringsplan opgesteld en gelden gebruiksbeperkingen voor graafwerkzaamheden en grondwateronttrekkingen. Voormalige stortplaatsen het 'Gat van Nijland' aan de Lage Aalburgerweg te Duiven en op hoek van de Pannerdenseweg/Slenterweg te Zevenaar worden nog nader onderzocht naar de aard en ernst van de aangetroffen verontreinigingen. Er moet rekening mee gehouden worden dat voor deze voormalige stortplaatsen ook een gebruiksbeperking voor graafwerkzaamheden en grondwateronttrekkingen geldt. Dit betekent dat graven en het onttrekken van water niet toegestaan is zonder instemming van het bevoegd gezag op grond van de Wet bodembescherming. Voor de verontreinigingslocatie de Methen (BBL) te Zevenaar is de sanering deels uitgevoerd (provincie Gelderland). Op deze locatie wordt nog een saneringsevaluatie uitgevoerd.

#### ***Mogelijke (ernstige) verontreinigingen***

Voor de locaties die als mogelijk (ernstig) verontreinigd zijn aangeduid wordt nog een historisch, oriënterend of nader onderzoek uitgevoerd (provincie Gelderland). Deze locaties zijn onder andere de

---

<sup>11</sup> LNAPLs: Light Non-Aqueous Phase Liquids"



Groessenseweg in Zevenaar, de Rijksweg in Duiven/Oudbroeken, de Achtergaardsestraat en de Leuvensestraat te Groessen.

*Verdachte locaties / niet beoordeeld*

Een groot deel van de locaties is verdacht op basis van historische activiteiten. Of hier daadwerkelijk verontreiniging aanwezig is, is niet zeker. Hierover kan pas een uitspraak worden gedaan als er bodemonderzoek is uitgevoerd.

*Conclusie*

Op basis van de beschikbare informatie bestaat er een risico op verspreiding van verontreinigingen door tijdelijke grondwateronttrekkingen. Dit risico is gebaseerd op de (worst case) berekende effecten op de grondwaterstand en vanwege het feit dat er mobiele grondwaterverontreinigingen binnen het berekende invloedgebied aanwezig zijn. Daarnaast zijn er binnen dit invloedgebied meerdere verdachte locaties aanwezig. De effecten hiervan kunnen pas worden bepaald als onderzoek gedaan is naar de aard en omvang van de verontreiniging.

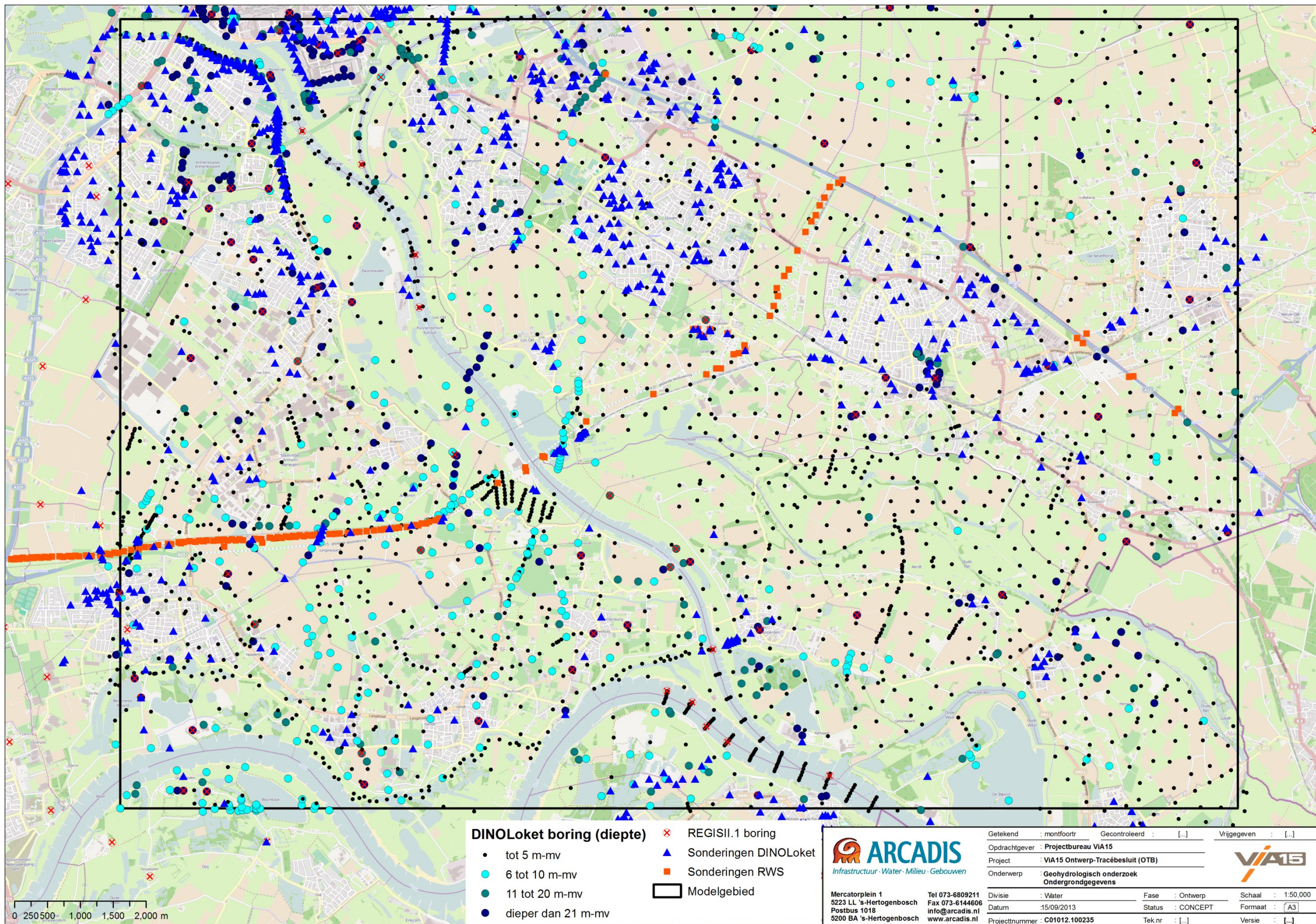
## Referenties

- ARCADIS, 2006. Geohydrologisch onderzoek Huissensche Waarden. Kenmerk: 110301/OF6/337/001368/LE, Apeldoorn, 7 november 2006.
- ARCADIS, 2010. Geohydrologisch onderzoek effecten van doortrekken A15. Kenmerk: 074649388:0.2, Apeldoorn, 3 mei 2010
- Deltares, 2009. Onderzoek naar zettingen in de gemeente Zevenaar. Kenmerk: 2009-U-R79206.
- Harbaugh, A.W., Banta, E.R., Hill, M.C., and McDonald, M.G., 2000. MODFLOW-2000, the U.S. Geological Survey modular ground-water model — User guide to modularization concepts and the Ground-Water Flow Process. Open-File Report 00-92. U.S. Geological Survey.
- Movares, 2008. Inventarisatiefase TN/MER Doortrekking A15/A12: Deelrapport historisch onderzoek milieuverontreinigingen, Kernmerk 9T5159. A0
- Royal HaskoningDHV, 2014. Vooronderzoek Bodem ViA15.
- Rumbaugh, J.O. & D.B. Rumbaugh. 2011. Groundwater Vistas. Guide to Using, Version 6, Reinholds: Environmental Simulations, Inc.

# Bijlagen

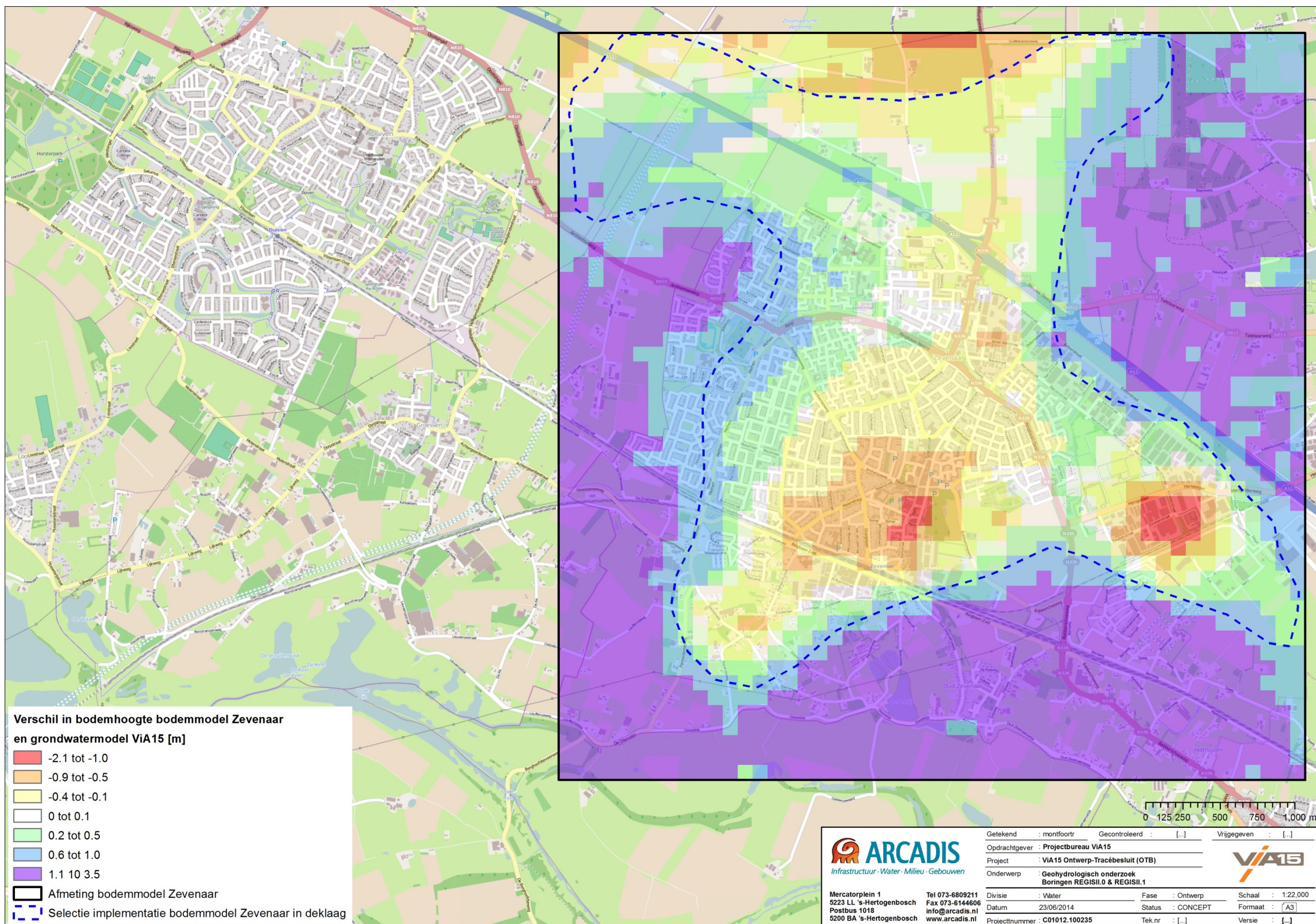
# Bijlage 1

# Ondergrondgegevens



## Bijlage 2

# Bodemmodel Zevenaar



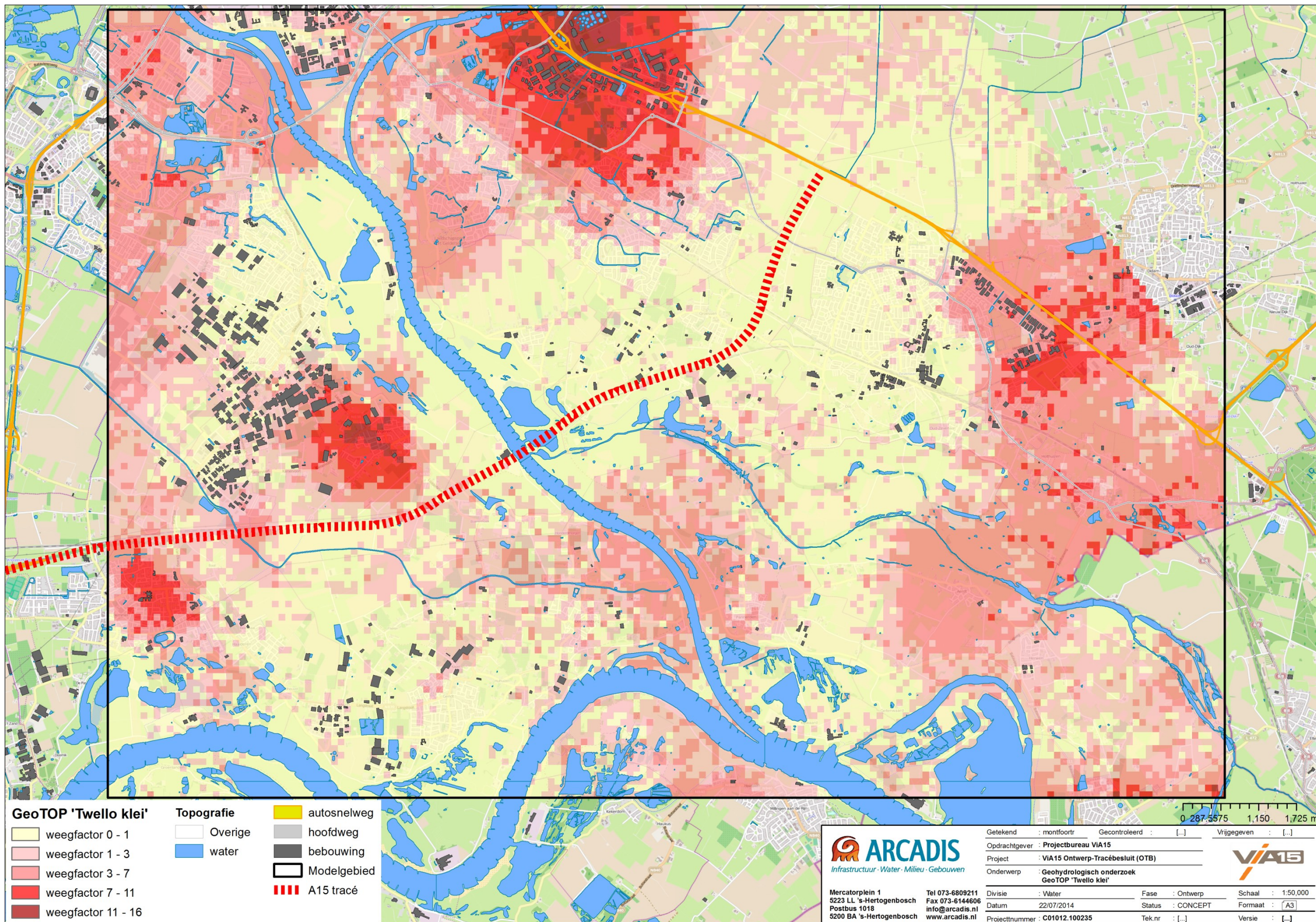
C:\Workspace\ViA15\_OTB\Water\ViA15\_OTB\_Zevenaar.mxd

OpenStreetMap - © OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA | Logo VIA15 - www.diel2.com

## Bijlage 3

## GeoTOP





E:\Workspace\#VIA15\_OTB\Water\VIA15\_OTB\_GeoTOP.mxd



Mercatorplein 1  
5223 LL 's-Hertogenbosch  
Postbus 1018  
5200 BA 's-Hertogenbosch

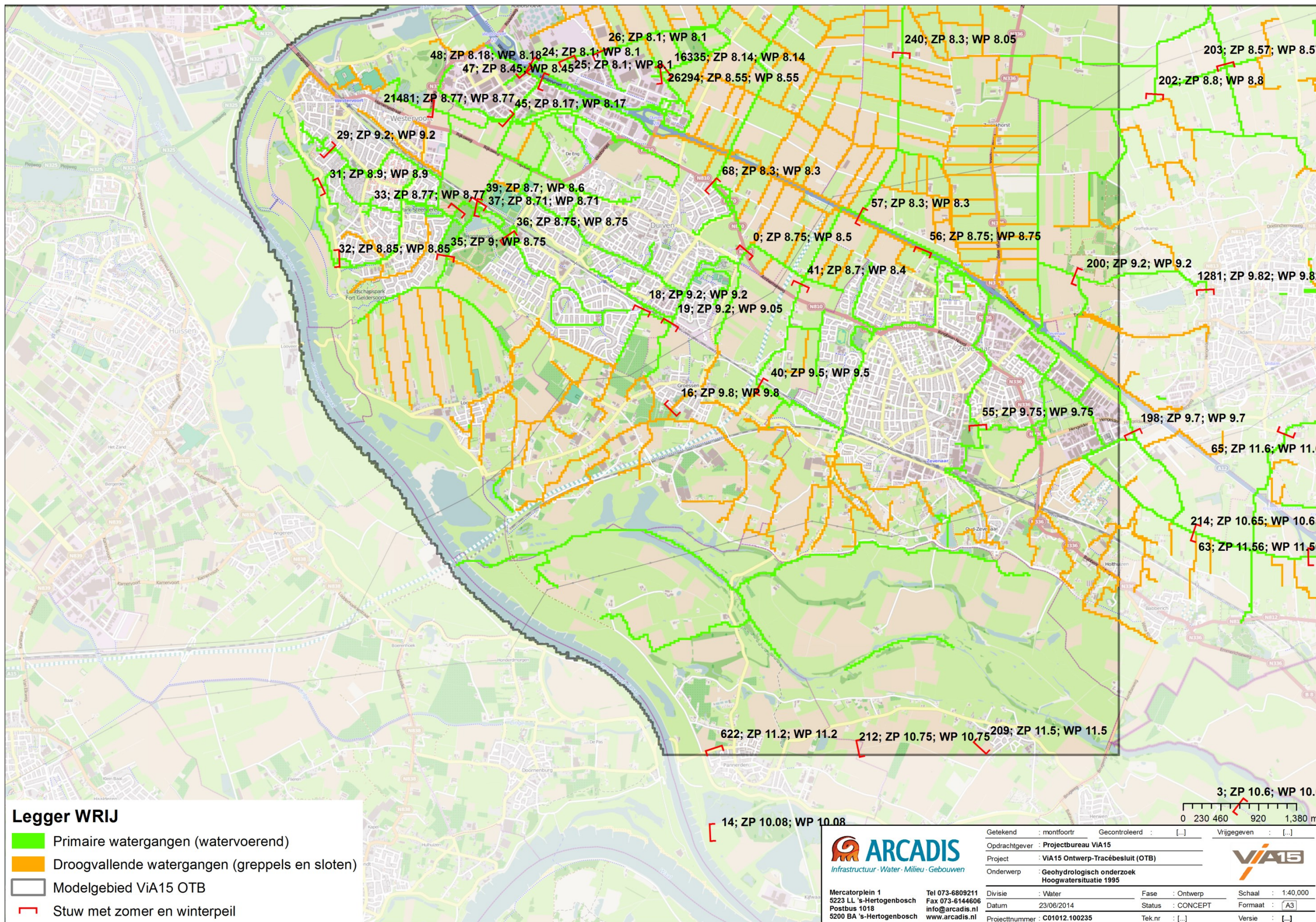
Tel 073-6809211  
Fax 073-6144606  
info@arcadis.nl  
www.arcadis.nl

Getekend : montfootr	Gecontroleerd : [...]	Vrijgegeven : [...]
Opdrachtgever : Projectbureau VIA15		
Project : VIA15 Ontwerp-Tracébesluit (OTB)		
Onderwerp : Geohydrologisch onderzoek GeoTOP 'Twello klei'		
Divisie : Water	Fase : Ontwerp	Schaal : 1:50,000
Datum : 22/07/2014	Status : CONCEPT	Formaat : A3
Projectnummer : C01012.100235	Tek.nr : [...]	Versie : [...]

OpenStreetMap - © OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA | Logo VIA15 - www.daal2.com

## Bijlage 4

## Legger WRIJ



**Legger WRIJ**

- Primaire watergangen (watervoerend)
- Droogvallende watergangen (greppels en sloten)
- Modelgebied ViA15 OTB
- Stuw met zomer en winterpeil

**ARCADIS**  
Infrastructuur · Water · Milieu · Gebouwen

Mercatorplein 1  
5223 LL 's-Hertogenbosch  
Postbus 1018  
5200 BA 's-Hertogenbosch

Tel 073-6809211  
Fax 073-6144606  
info@arcadis.nl  
www.arcadis.nl

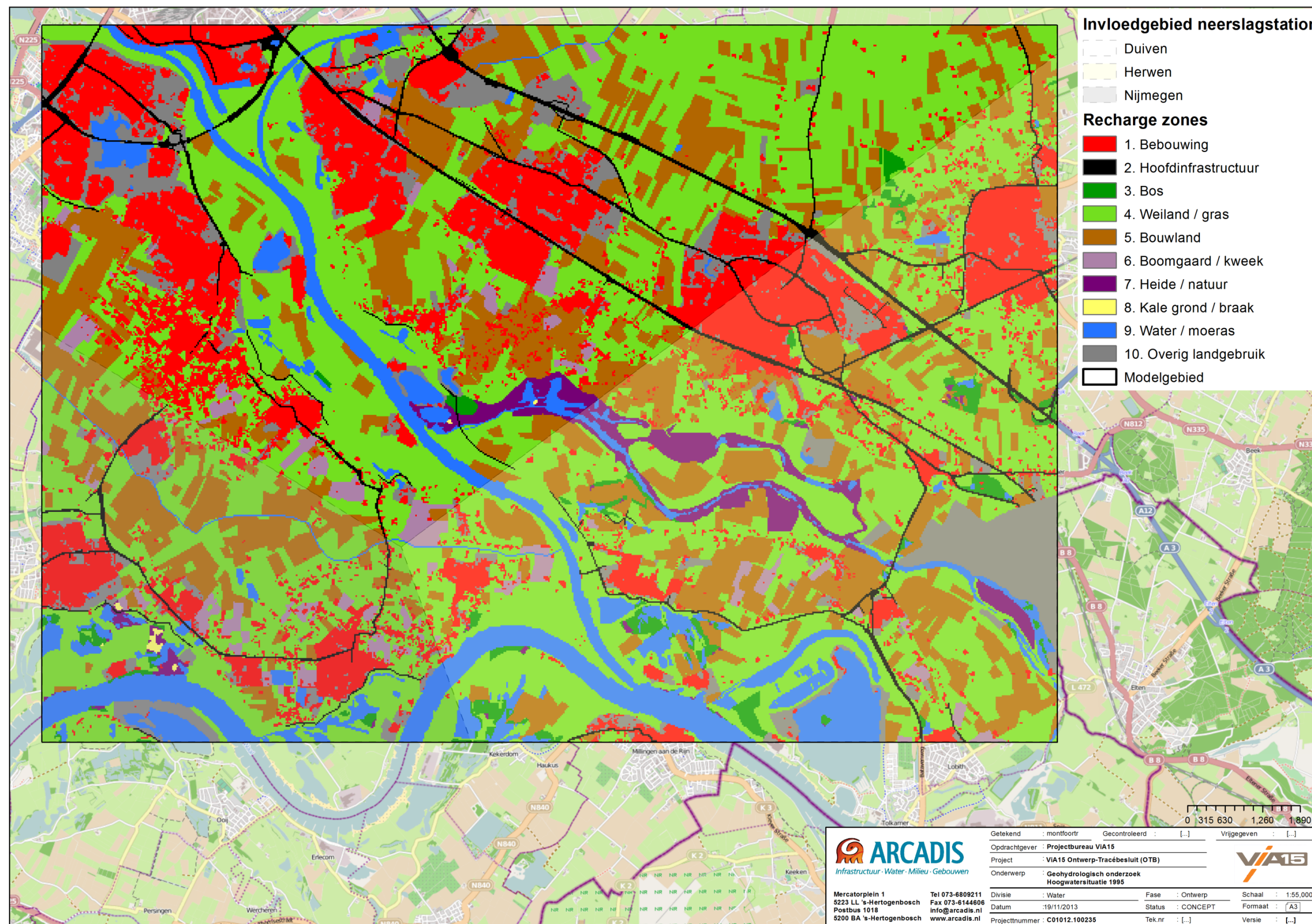
Getekend : montfoort	Gecontroleerd : [...]	Vrijgegeven : [...]
Opdrachtgever : Projectbureau VIA15		
Project : VIA15 Ontwerp-Tracébesluit (OTB)		
Onderwerp : Geohydrologisch onderzoek Hoogwatersituatie 1995		
Divisie : Water	Fase : Ontwerp	Schaal : 1:40,000
Datum : 23/06/2014	Status : CONCEPT	Formaat : A3
Projectnummer : C01012.100235	Tek.nr : [...]	Versie : [...]

C:\Workspace\ViA15\_OTB\Water\ViA15\_OTB\_RIVER\_WRIJ.mxd

OpenStreetMap - © OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA | Logo VIA15 - www.dcel2.com

## Bijlage 5

# Grondwateraanvulling



**ARCADIS**  
Infrastructuur - Water - Milieu - Gebouwen

Mercatorplein 1  
5223 LL 's-Hertogenbosch  
Postbus 1018  
5200 BA 's-Hertogenbosch

Tel 073-6809211  
Fax 073-6144606  
info@arcadis.nl  
www.arcadis.nl

Getekend : montfoortr	Gecontroleerd : [...]	Vrijgegeven : [...]
Opdrachtgever : Projectbureau VIA15		
Project : VIA15 Ontwerp-Tracébesluit (OTB)		
Onderwerp : Geohydrologisch onderzoek Hoogwatersituatie 1995		
Divisie : Water	Fase : Ontwerp	Schaal : 1:55,000
Datum : 19/11/2013	Status : CONCEPT	Formaat : A3
Projectnummer : C01012.100235	Tek.nr : [...]	Versie : [...]

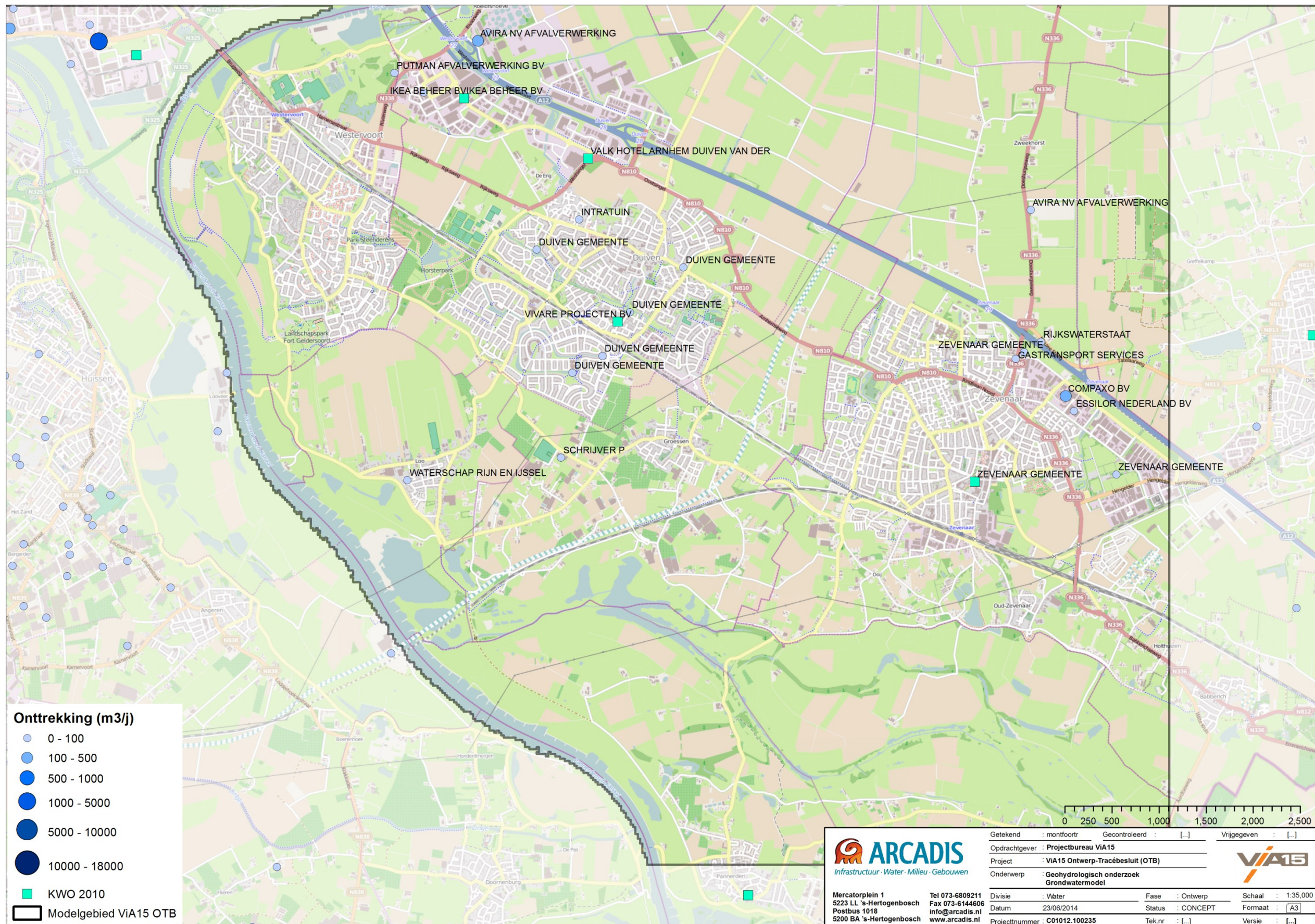
VIA15

L:\VIA15\_OTB\Water\VIA15\_OTB\_RCH\_ZONES.mxd

OpenStreetMap - © OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA | LON 3 © Alterra, Wageningen | Logo VIA15 - www.diel2.com

## Bijlage 6

# Grondwateronttrekkingen



C:\Workspace\VIA15\_OTB\Water\VIA15\_OTB\_BC's.mxd

OpenStreetMap - © OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA | Logo VIA15 - www.deel2.com

## Bijlage 7

# Grondwaterstanden



Tabel 10 | Gemiddelde grondwaterstanden hydrologisch jaar 1997.

Naam	X	Y	Maaiveld	Bk filter	Ok filter	Model- laag	Gemiddeld gws	Aantal gws	Groep Nummer
	[RD]	[RD]	[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]		[mNAP]		
B40D0259_2	199540	435650	10,06	6,06	5,06	4	9,62	19	2
B40D0259_1	199540	435650	10,06	7,56	6,56	3	9,6	19	2
B40D0260_2	198760	434940	10,85	6,86	5,86	4	8,8	19	2
B40D0260_1	198760	434940	10,85	7,99	6,99	3	8,81	19	2
B40E0346_1	201260	437750	11,01	8,31	7,81	3	9,2	21	1
B40G0211_2	200860	437210	11,03	7,03	6,03	4	9,5	19	2
B40G0211_1	200860	437210	11,03	8,53	7,53	3	9,5	19	2
B40G0212_2	200400	436180	10,11	6,11	5,11	4	9,69	18	2
B40G0212_1	200400	436180	10,11	7,61	6,61	3	9,69	18	2
B40E0287_1	200030	438660	10,05	2,37	-9,53	5	9,14	24	1
B40D0258_2	199440	436620	11,2	6,2	5,2	4	9,57	19	2
B40D0258_1	199440	436620	11,2	8,7	7,7	3	9,6	19	2
B40B0456_1	197961	437706	10,93	3,63	-8,37	4	9,27	24	1
B40G0205_1	203060	436910	11,28	0	-0,72	3	9,53	4	3
B40G0214_2	203320	435110	12,14	8,14	7,14	4	9,88	19	2
B40G0214_1	203320	435110	12,14	9,64	8,64	3	9,89	19	2
B40G0215_2	203112,7	434400	11,09	7,09	6,09	4	9,76	19	2
B40G0215_1	203100	434400	11,09	8,59	7,59	3	9,77	19	2
B40E0341_1	202760	437610	11,29	8,39	7,89	3	9,49	21	1
B40G0213_2	204300	436650	11,25	7,25	6,25	4	9,9	19	2
B40G0213_1	204300	436650	11,25	8,75	7,75	3	9,9	19	2
B40D0257_2	196510	437350	12,51	8,31	7,31	3	8,72	19	2
B40D0257_1	196510	437350	12,51	10,01	9,01	2	9,17	15	2
B40B0609_1	195390	439840	10,3	9,3	7,3	2	8,96	23	1
B40E0295_1	203380	440920	10,3	2,64	1,64	3	8,95	4	3
B40E0336_1	203100	438810	10,58	8,1	7,6	3	8,84	21	1
B40B0447_1	196350	442310	9,31	0	-8,19	4	8,74	23	1
B40B0469_1	196160	442500	9,55	1,45	-1,55	3	8,29	24	1
B40B0451_1	195050	441870	10,43	2,4	-9,6	4	8,4	13	2
B40B0449_1	194730	441470	10,61	3,13	-8,51	4	8,15	4	3
B40B0448_1	194440	441820	10,34	2,34	-9,66	4	8,14	4	3
B40B0463_1	194430	441080	9,75	0,95	-0,05	3	8,81	21	1
B40E0317_1	200380	442750	9,6	7	6	2	7,95	23	1
B40E0348_1	202925	440950	9,82	7,19	6,19	3	8,62	23	1
B40B0432_1	198910	438430	10,76	-5,41	-8,41	5	9,09	24	1
B40B0452_1	198830	440310	11,51	0	-1,72	4	8,37	24	1
B40B0602_1	197730	440860	10,15	8,43	7,43	2	8,63	24	1
B40B0280_1	199600	442530	9,3	6,6	5,6	3	8,05	23	1
B40B0280_2	199600	442530	9,3	-23,54	-26,54	6	8,32	23	1
B40B0280_3	199600	442530	9,3	-45,55	-48,55	6	8,32	23	1
B40B0377_1	195500	439850	11,39	8,4	6,4	2	8,99	21	1
B40B0377_3	195500	439850	11,39	-75,6	-77,6	8	8,81	21	1
B40B0377_4	195500	439850	11,39	-102,6	-104,6	8	8,85	21	1
B40B0377_5	195500	439850	11,39	-121,6	-123,6	8	8,84	16	2

Tabel 11 | Dynamische grondwaterstandmeetpunten hoogwatersituatie 1994/1995.

Naam	X	Y	Maaiveld	Bk filter	Ok filter
	[RD]	[RD]	[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]
B40B0280_1	199600	442530	9,3	6,6	5,6
B40B0280_2	199600	442530	9,3	-23,54	-26,54
B40B0280_3	199600	442530	9,3	-45,55	-48,55
B40B0377_1	195500	439850	11,39	8,4	6,4
B40B0377_3	195500	439850	11,39	-75,6	-77,6
B40B0377_4	195500	439850	11,39	-102,6	-104,6
B40B0377_5	195500	439850	11,39	-121,6	-123,6
B40B0432_1	198910	438430	10,76	-5,41	-8,41
B40B0447_1	196350	442310	9,31	0	-8,19
B40B0448_1	194440	441820	10,34	2,34	-9,66
B40B0449_1	194730	441470	10,61	3,13	-8,51
B40B0451_1	195050	441870	10,43	2,4	-9,6
B40B0452_1	198830	440310	11,51	0	-1,72
B40B0456_1	197961	437706	10,93	3,63	-8,37
B40B0463_1	194430	441080	9,75	0,95	-0,05
B40B0469_1	196160	442500	9,55	1,45	-1,55
B40B0602_1	197730	440860	10,15	8,43	7,43
B40B0609_1	195390	439840	10,3	9,3	7,3
B40D0257_1	196510	437350	12,51	10,01	9,01
B40D0257_2	196510	437350	12,51	8,31	7,31
B40D0258_1	199440	436620	11,2	8,7	7,7
B40D0258_2	199440	436620	11,2	6,2	5,2
B40D0259_1	199540	435650	10,06	7,56	6,56
B40D0259_2	199540	435650	10,06	6,06	5,06
B40D0260_1	198760	434940	10,85	7,99	6,99
B40D0260_2	198760	434940	10,85	6,86	5,86
B40E0287_1	200030	438660	10,05	2,37	-9,53
B40E0295_1	203380	440920	10,3	2,64	1,64
B40E0317_1	200380	442750	9,6	7	6
B40E0336_1	203100	438810	10,58	8,1	7,6
B40E0341_1	202760	437610	11,29	8,39	7,89
B40E0346_1	201260	437750	11,01	8,31	7,81
B40E0348_1	202925	440950	9,82	7,19	6,19
B40G0205_1	203060	436910	11,28	0	-0,72
B40G0211_1	200860	437210	11,03	8,53	7,53
B40G0211_2	200860	437210	11,03	7,03	6,03
B40G0212_1	200400	436180	10,11	7,61	6,61
B40G0212_2	200400	436180	10,11	6,11	5,11
B40G0213_1	204300	436650	11,25	8,75	7,75
B40G0213_2	204300	436650	11,25	7,25	6,25
B40G0214_1	203320	435110	12,14	9,64	8,64
B40G0214_2	203320	435110	12,14	8,14	7,14
B40G0215_1	203100	434400	11,09	8,59	7,59
B40G0215_2	203100	434400	11,09	7,09	6,09

Tabel 12 | Dynamische grondwaterstandmeetpunten laagwatersituatie 2003.

Naam	X	Y	Maaiveld	Bk filter	Ok filter
	[RD]	[RD]	[mNAP]	[mNAP]	[mNAP]
B40B0280_1	199600	442530	9,3	6,6	5,6
B40B0280_2	199600	442530	9,3	-23,54	-26,54
B40B0280_3	199600	442530	9,3	-45,55	-48,55
B40B0432_1	195500	439850	11,39	8,4	6,4
B40B0447_1	195500	439850	11,39	-75,6	-77,6
B40B0452_1	195500	439850	11,39	-102,6	-104,6
B40B0456_1	195500	439850	11,39	-121,6	-123,6
B40B0463_1	198910	438430	10,76	-5,41	-8,41
B40B0469_1	196350	442310	9,31	0	-8,19
B40B0602_1	194440	441820	10,34	2,34	-9,66
B40D0257_1	194730	441470	10,61	3,13	-8,51
B40D0257_2	195050	441870	10,43	2,4	-9,6
B40D0258_1	198830	440310	11,51	0	-1,72
B40D0258_2	197961	437706	10,93	3,63	-8,37
B40D0259_1	194430	441080	9,75	0,95	-0,05
B40D0259_2	196160	442500	9,55	1,45	-1,55
B40D0260_1	197730	440860	10,15	8,43	7,43
B40D0260_2	195390	439840	10,3	9,3	7,3
B40D2083_1	196510	437350	12,51	10,01	9,01
B40D2084_1	196510	437350	12,51	8,31	7,31
B40D2085_1	199440	436620	11,2	8,7	7,7
B40D2086_1	199440	436620	11,2	6,2	5,2
B40E0287_1	199540	435650	10,06	7,56	6,56
B40E0317_1	199540	435650	10,06	6,06	5,06
B40E0336_1	198760	434940	10,85	7,99	6,99
B40E0341_1	198760	434940	10,85	6,86	5,86
B40E0346_1	200030	438660	10,05	2,37	-9,53
B40E0348_1	203380	440920	10,3	2,64	1,64
B40G0211_1	200380	442750	9,6	7	6
B40G0211_2	203100	438810	10,58	8,1	7,6
B40G0212_1	202760	437610	11,29	8,39	7,89
B40G0212_2	201260	437750	11,01	8,31	7,81
B40G0213_1	202925	440950	9,82	7,19	6,19
B40G0213_2	203060	436910	11,28	0	-0,72
B40G0214_1	200860	437210	11,03	8,53	7,53
B40G0214_2	200860	437210	11,03	7,03	6,03
B40G0215_1	200400	436180	10,11	7,61	6,61
B40G0215_2	200400	436180	10,11	6,11	5,11
B40G1053_1	204300	436650	11,25	8,75	7,75
B40G1054_1	204300	436650	11,25	7,25	6,25
B40G1056_1	203320	435110	12,14	9,64	8,64
B40G1057_1	203320	435110	12,14	8,14	7,14
B40G1077_1	203100	434400	11,09	8,59	7,59
B40G1084_1	203100	434400	11,09	7,09	6,09
B40G1066_1	202708	436554	11,03	9,03	8,03