

RAPPORT

Zoekgebieden grondwaterwinningen

Verkenning strategische grondwatervoorraad in het
grensgebied van provincies Gelderland, Utrecht en
Zuid-Holland

Klant: Provincie Gelderland

Referentie: WATBF8017R001F01WM

Versie: 0.1/Finale versie

Datum: 28 juni 2018



Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Netherlands
Water

Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Zoekgebieden grondwaterwinningen

Ondertitel: Zoekgebieden
Referentie: WATBF8017R001F01WM
Versie: 0.1/Finale versie
Datum: 28 juni 2018

Projectnaam: Verkenning strategische grondwatervoorraad in het grensgebied van provincies
Gelderland, Utrecht en Zuid-Holland

Projectnummer: BF8017

Auteur(s): Floris Verhagen, Ben van der Wal, Bjorn Bolhuis, Wouter Engel

Opgesteld door:

Gecontroleerd door: Floris Verhagen

Datum/Initialen: 28-06-2018 / FV

Goedgekeurd door: Andries Krikken

Datum/Initialen: 28-06-2018 / AK



Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Aanpak en leeswijzer	1
2	Beoordeling MORIA model	2
2.1	Modelopzet	2
2.1.1	Laagopbouw MORIA	2
2.1.2	REGIS II.2	3
2.1.3	Modelrand	4
2.1.4	Opschaling topsysteem	4
2.2	Modelafwijkingen	4
2.3	Effect Schalwijk	7
2.4	Mogelijke modelverbeteringen	10
2.5	Modelverbeteringen	10
3	Locaties van nieuwe winlocaties	14
3.1	Kwetsbare gebieden en locaties	14
3.2	Geohydrologische criteria	15
3.3	Effecten bestaande winningen	23
4	Effecten van nieuwe winlocaties	27
4.1	Potentiële nieuwe individuele winningen (verkenninglocaties)	27
4.2	Onderlinge beïnvloeding verkenninglocaties	29
4.3	Grensoverschrijdende effecten	30
4.4	Definitie van de scenario's	30
4.5	Geohydrologische effecten van de scenario's	32
5	Effecten voor functies	42
5.1	Criteria	42
5.2	Berekende effecten	48
6	Samenvattende conclusies	49

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Alle provincies moeten volgens de rijks Beleidsnota 'Schoon drinkwater voor nu en later' aanvullende strategische voorraden aanwijzen als voorziening voor drinkwaterbedrijven in 2040. De aanvullende strategische voorraden zijn bedoeld als regionale strategische reserve voor regionale calamiteiten en om bij een mogelijke economische groei op de middellange termijn in de drinkwaterbehoefte te kunnen voorzien.

De provincie Gelderland is op zoek naar maximaal 40 miljoen m³/jaar extra te winnen grondwater. Daarvoor onderzoekt zij in de gehele provincie hoeveel water beschikbaar is. De provincies Utrecht en Zuid-Holland kennen een vergelijkbaar proces en hebben in hun omgevingsvisies al gebieden gereserveerd voor de drinkwaterwinning. Mogelijke nieuwe waterwinningen nabij de grens van de drie provincies moeten op elkaar worden afgestemd. Eventuele cumulatieve effecten moeten hierbij in beeld komen. Het beste is om gezamenlijk te bepalen wat de draagkracht is van het grondwatersysteem in het grensgebied van de drie provincies. Daarom is, in samenwerking met de provincies Utrecht en Zuid-Holland, in deze studie verkend wat de effecten zijn van het onttrekken van grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening op nieuwe locaties in het rivierengebied.

In het Rivierengebied liggen potentiële gebieden waar grondwater gewonnen kan worden. Deze liggen dicht bij elkaar. Het gaat om:

- In de provincie Gelderland: Tieler- en Culemborgerwaarden, Bommelerwaard, gebied tussen Tiel en Culemborg.
- In de provincie Utrecht: Schalkwijk, zuidwesten van IJsselstein, Everdingen, Hagestein, uitbreiding winlocatie bij Tull en 't Waal.
- In de provincie Zuid-Holland zijn geen nieuwe gebieden aangewezen, maar liggen wel bestaande winningen in de nabijheid.

De drie provincies willen gezamenlijk een verkenning uitvoeren naar de mogelijkheid om extra grondwater te winnen in deze gebieden. Door de provincie Gelderland is aan Royal HaskoningDHV gevraagd om deze verkenning uit te voeren, waarbij gebruik wordt gemaakt van het bestaande grondwatermodel MORIA.

1.2 Aanpak en leeswijzer

De verkenning is in de periode februari 2018 tot en met juni 2018 in vijf stappen uitgevoerd:

1. Beoordeling MORIA model.
2. Eerste voorstel voor mogelijke locaties.
3. Eerste berekeningen.
4. Definitieve berekeningen en effectbepaling.
5. Eindrapportage.

Hoofdstuk 2 bevat de beoordeling van het MORIA model met een beschrijving van de doorgevoerde modelverbeteringen. Vervolgens is in een eerste stap verkend op welke locaties nieuwe winningen mogelijk zijn op basis van kwetsbare ruimtelijke functies en geohydrologische criteria (hoofdstuk 3). Vervolgens zijn modelberekeningen gedaan voor 11 individuele verkenningslocaties en 5 scenario's die zijn samengesteld en meerdere nieuwe potentiële winningen (hoofdstuk 4). In hoofdstuk 5 zijn de effecten van de scenario's beoordeeld ten aanzien van criteria voor kwetsbare functies. Het rapport wordt afgesloten met samenvattende conclusies in hoofdstuk 6.

2 Beoordeling MORIA model

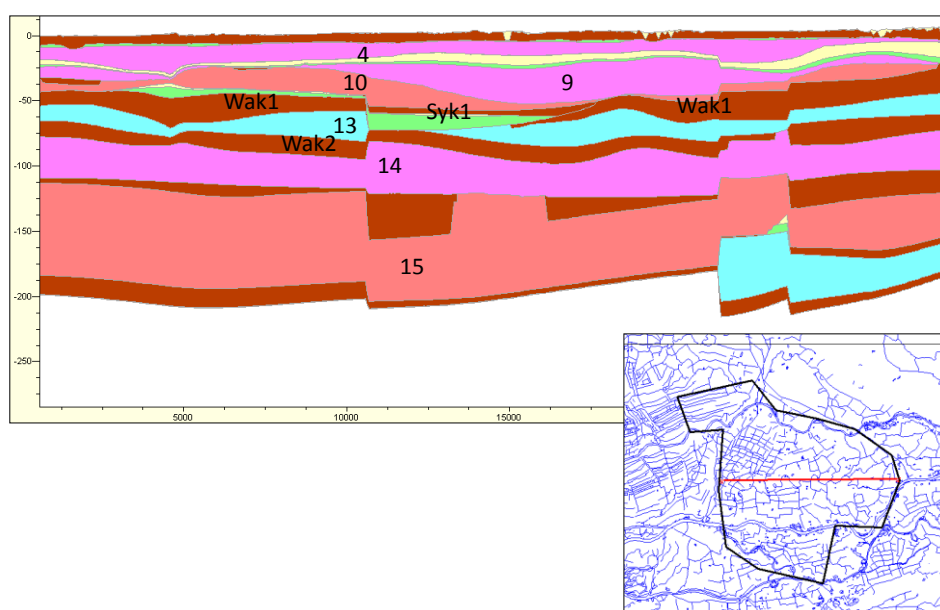
Waterschap Rivierenland, provincie Gelderland en Vitens hebben het modelinstrumentarium MORIA (Modellering Ondergrond Rivierenland Interactief en Actueel) laten ontwikkelen. Het instrumentarium omvat een grondwatermodel van het gehele beheergebied van het waterschap Rivierenland. Het model is gericht aan metingen van grondwaterstand en stijghoogten. Dit is alleen gedaan binnen de grenzen van het waterschapsgebied. Ten noorden van de Lek is de controle niet gedaan. We hebben de geschiktheid van het MORIA model versie 3.2 (uit 2016) beoordeeld op drie punten:

1. Een beoordeling van het modelconcept, zoals de schematisatie in modellagen en de ligging van de modelrand. De modelrand moet namelijk voldoende veraf liggen om effecten binnen het modelgebied goed te kunnen berekenen.
2. Een vergelijking van de gemeten en berekende waarden voor de grondwaterstand en stijghoogten in het gebied ten noorden van de Lek. Voor de metingen maken we gebruik van een dataset die we eerder samengesteld hebben voor projecten in het MORIA gebied (Royal HaskoningDHV, 2016).
3. Een toetsing van het effect van de potentiële winning Schalkwijk. Dit effect is eerder berekend in een andere studie met een gecombineerd HYDROMEDAH / MORIA model. Wij maken dezelfde berekening met MORIA en beoordelen of dit overeenkomt met de eerdere berekening.

2.1 Modelopzet

2.1.1 Laagopbouw MORIA

MORIA versie 3.2 bestaat uit 19 watervoerende modellagen en 18 scheidende lagen. De laagopbouw van de huidige versie van MORIA is gebaseerd op REGISII.1. Bij het aanmaken van de laagopbouw zijn watervoerende lagen uit REGIS samengenomen. De weerstand van tussenliggende slecht doorlatende REGIS-lagen wordt toegevoegd aan de eronder of erboven gelegen scheidende modellaag. De opbouw in het aandachtsgebied is weergegeven in Figuur 2-1 met een west-oost raai door het aandachtsgebied. De slecht doorlatende lagen zijn bruin gekleurd. De meest relevante slecht doorlatende lagen zijn benoemd in Figuur 2-1: Waalreklei 1 en 2 (Wak 1 en 2) en Stramproy (Syk1). De belangrijkste watervoerende pakketten zijn genummerd.

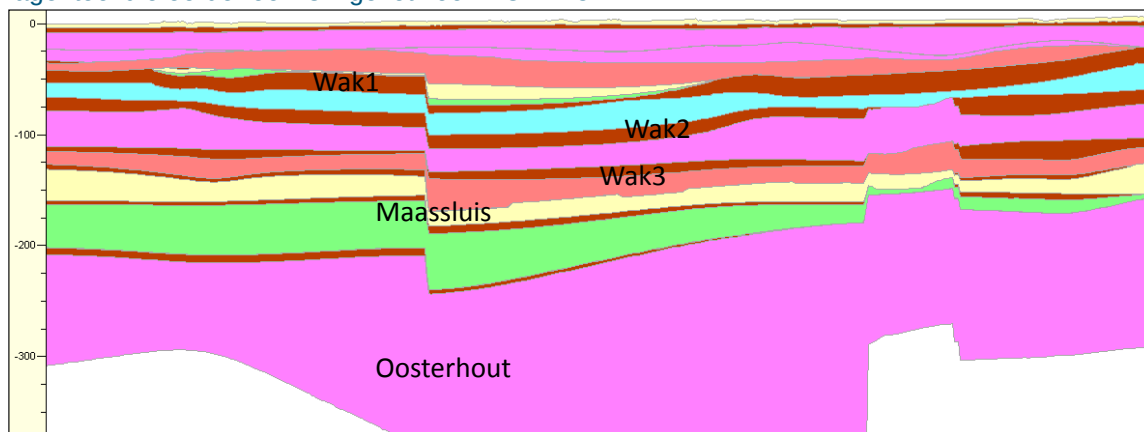


Figuur 2-1 Lagenmodel MORIA (in zwart het zoekgebied voor nieuwe winningen).

2.1.2 REGIS II.2

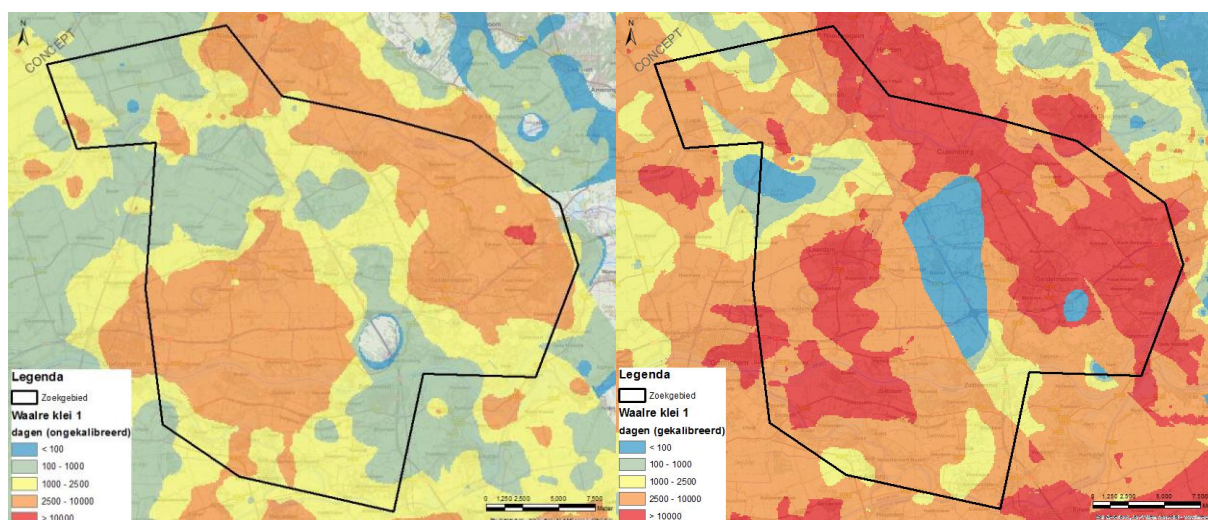
De meest actuele (2017) lagenschematisatie is beschikbaar in REGIS II.2. We hebben vergeleken hoe deze opbouw zich verhoudt tot MORIA dat met REGISII.1 is geschematiseerd.

We hebben REGIS II.2 omgezet in een lagenmodel (Figuur 2-2). Dit hebben we gedaan met de NHI lagentool die eerder ook is ingezet voor MORIA 3.2.



Figuur 2-2 Doorsnede lagenmodel op basis van REGISII.2.

Er zijn duidelijk verschillen zichtbaar met de raai in Figuur 2-1. Dit komt deels door de keuzes die zijn gemaakt bij het genereren van de modellagen en deels door het verschil tussen REGISII.1 en REGIS II.2. In het nieuwe lagenmodel met REGIS II.2 zijn Wak1 en Wak3 veel meer aaneengesloten en is Syk1 toegerekend aan Wak1. In Figuur 2-3 is de weerstand van de Waalreklei1 (Wak1) volgens REGISII.2 en volgens MORIA 3.2 (gebaseerd op REGISII.1) weergegeven. Duidelijk is dat de verbreiding aanzienlijk is aangepast. De grootte van de weerstand verschilt ook. Bij de ijking van MORIA 3.2 is de weerstand verhoogd met een factor 18. Als REGIS II.2 gebruikt zou worden moet de weerstand ook met een ijkfactor worden aangepast, maar deze ijkfactor zal lager zijn dan 18, omdat de weerstandswaarden in REGIS II.2 hoger zijn dan in REGISII.1 (Figuur 2-3).



Figuur 2-3 De weerstand van de Waalre klei 1, links de weerstand uit REGIS II.2 (ongekalibreerd) en rechts de gekalibreerde Waalre klei uit MORIA 3.2 (REGISII.1).

Daarnaast zijn de Formaties van Maassluis en Oosterhout in meer detail geschematiseerd:

- Er zijn meer sublagen gedefinieerd. De Formatie van Oosterhout was ter plaatse van het aandachtsgebied in REGISII.1 niet geschematiseerd.
- Aan de sublagen Ooc en Msc zijn parameterwaarden toegekend in REGISII.2. In REGISII.1 was dit niet het geval en zijn door ons destijds hogere doorlatendheden aangenomen voor MORIA 3.2.

In de meeste lagen zit er meer verticale weerstand in REGIS II.2 in vergelijking met REGISII.1.

2.1.3 Modelrand

De modelrand van MORIA ligt aan de noordkant het dichtst bij het zoekgebied. De afstand tot de rand is circa 6 km. Dit zou net genoeg moeten zijn voor het berekenen van de effecten van een nieuwe put in het noordelijk deel van het zoekgebied. Deze conclusie is gebaseerd op de berekende effecten van de nieuwe winning Schalkwijk.

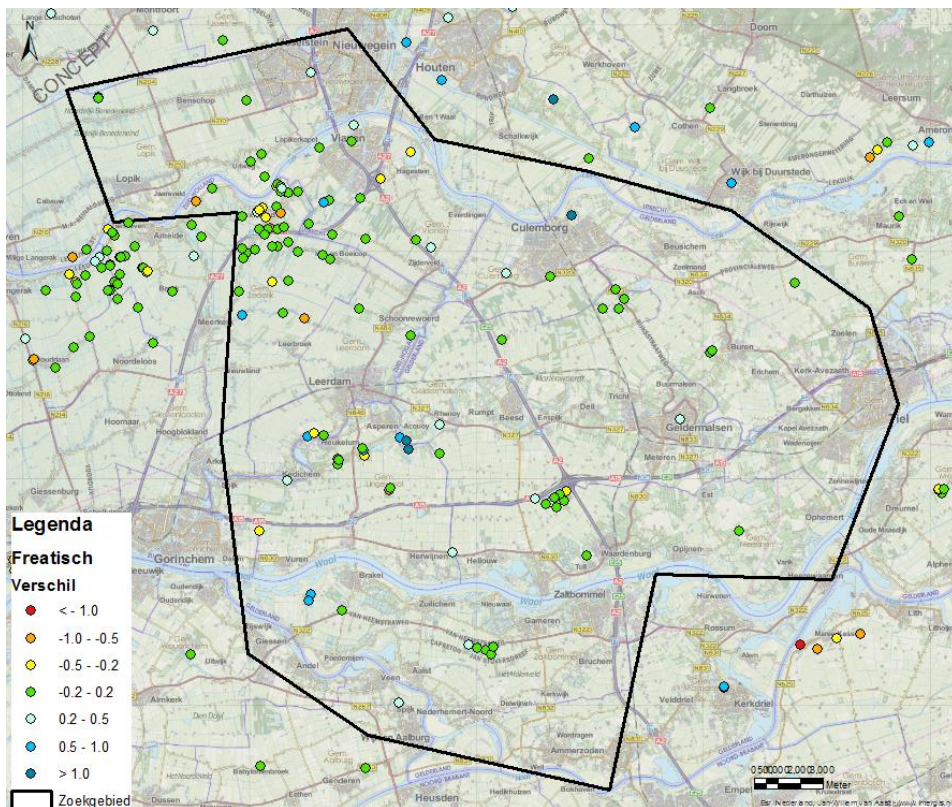
2.1.4 Opschaling topsysteem

Uit eerdere studies met iMOD modellen is gebleken dat de opschaling niet goed verloopt van de basisinformatie van rasters van 25*25 meter naar grovere rasters. In gebieden met dikke kleideklagen wordt bij de opschaling geen rekening gehouden met het feit dat het neerslagwater door de klei veel weerstand ondervindt bij de stroming naar de sloten. Het effect van de waterlopen wordt daardoor overschat. De effecten van een onttrekking worden hierdoor te veel gedempt en worden dus onderschat. Maar voor een studie met zoekgebieden, maakt dit minder uit, omdat het gaat om een vergelijking tussen locaties. Om discussie te voorkomen is besloten om alle effecten op een raster van 25*25 meter door te rekenen.

2.2 Modelafwijkingen

De uitkomsten van een stationaire berekening met MORIA zijn vergeleken met metingen. Er is gebruik gemaakt van een ijkset die eerder is opgevraagd bij de kalibratie van MORIA in 2015. De ijkset bevat gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten voor de periode 1 april 2002 tot en met 31 maart 2010. De afwijkingen zijn weergegeven in onderstaande bolletjeskaarten voor 3 niveaus:

- Freatisch.
- Watervoerend pakket 1, boven de Waalre klei, modellaag 2 t/m 12.
- Watervoerend pakket 2, onder de Waalre klei, modellaag 13 en 14.

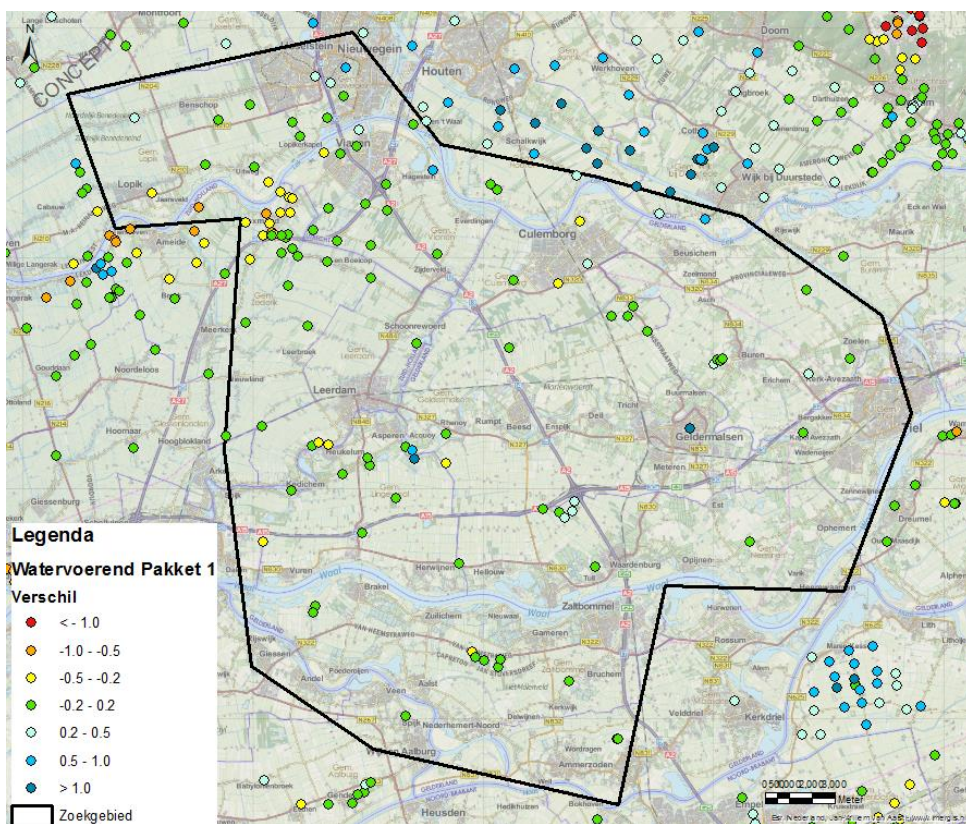


Figuur 2-4 Modelafwijkingen in het freatische pakket.

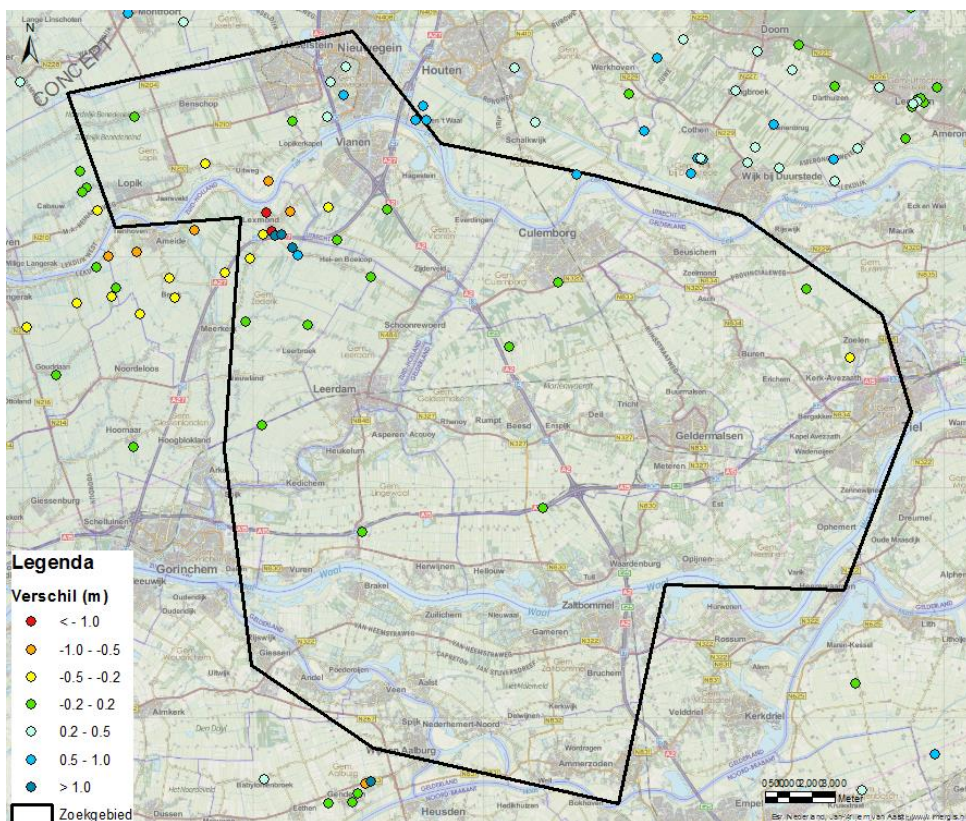
De afwijkingen op freatisch niveau zijn overwegend kleiner dan 0,2 meter (Figuur 2-4). Dit voldoet voor onze studie.

In het watervoerend pakket boven de Waalre klei wordt de stijghoogte ter plaatse van de Lek vaak te laag berekend (gele en oranje bolletjes in Figuur 2-5). Verder naar het westen neemt dit toe. Het wordt waarschijnlijk veroorzaakt door onvoldoende infiltratie in de modelberekeningen vanuit de Lek. De stijghoogten rond het Amsterdam-Rijn Kanaal zijn te hoog berekend (blauwe bolletjes). Mogelijk draineert het Amsterdam-Rijn kanaal onvoldoende water in de modelberekeningen.

De meeste afwijkingen in het watervoerend pakket onder de Waalre klei zijn relatief klein en acceptabel voor onze studie (Figuur 2-6).



Figuur 2-5 Modelafwijkingen watervoerend pakket boven Waalre klei 1 (laag 2 t/m 12).



Figuur 2-6 Modelafwijkingen watervoerend pakket onder Waalre klei 1 (laag 13 en 14).

2.3 Effect Schalkwijk

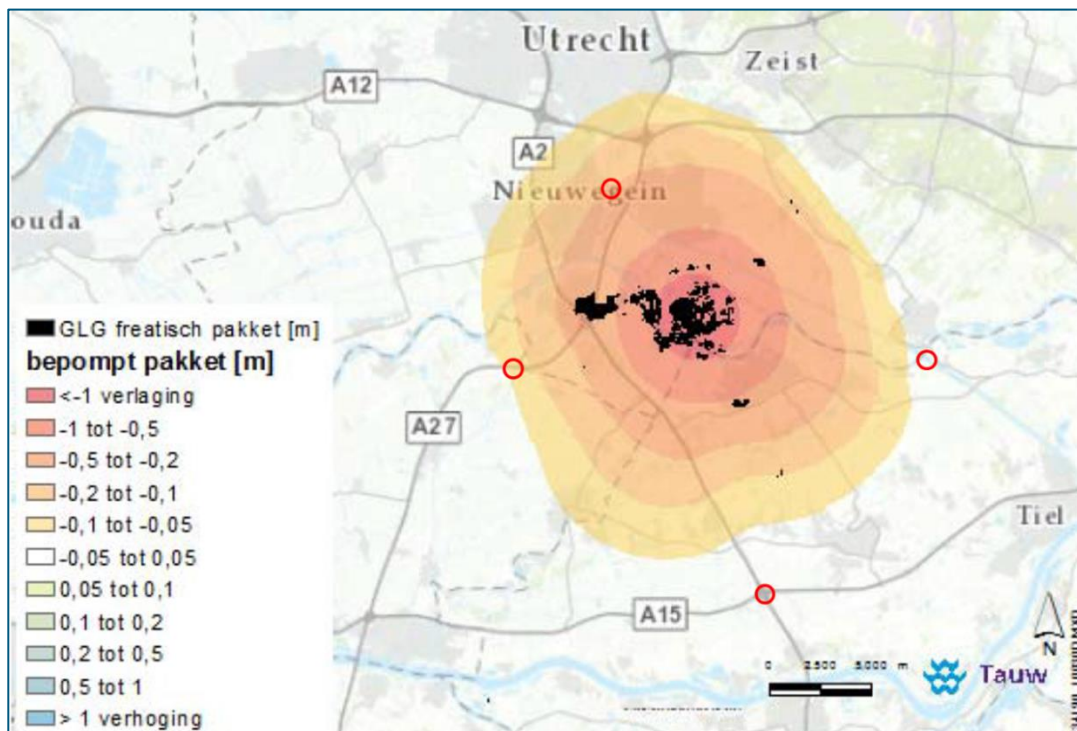
Tauw heeft in 2017 het effect van de mogelijke nieuwe winning Schalkwijk in beeld gebracht. De effectberekeningen zijn uitgevoerd met een grondwatermodel dat is samengesteld uit MORIA versie 3.0 en HYDROMEDAH. Deze twee modellen zijn samengevoegd omdat het HYDROMEDAH model aan de zuidzijde niet ver genoeg reikt.

Wij hebben dezelfde berekening opnieuw uitgevoerd met MORIA 3.2 om te beoordelen of de effecten overeenkomen met de eerder uitgevoerde berekeningen. De putlocatie is overgenomen uit figuur 3.1 van Tauw rapportage (2017). De winning is in MORIA opgenomen met één onttrekkingspunt (X: 140670 en Y: 443235) en een debiet van 7 Mm³/jaar. Uit de geohydrologische opbouw van HYDROMEDAH is te herleiden dat de winning onder Waalre klei 2 is geplaatst, ofwel modellaag 14 in MORIA.

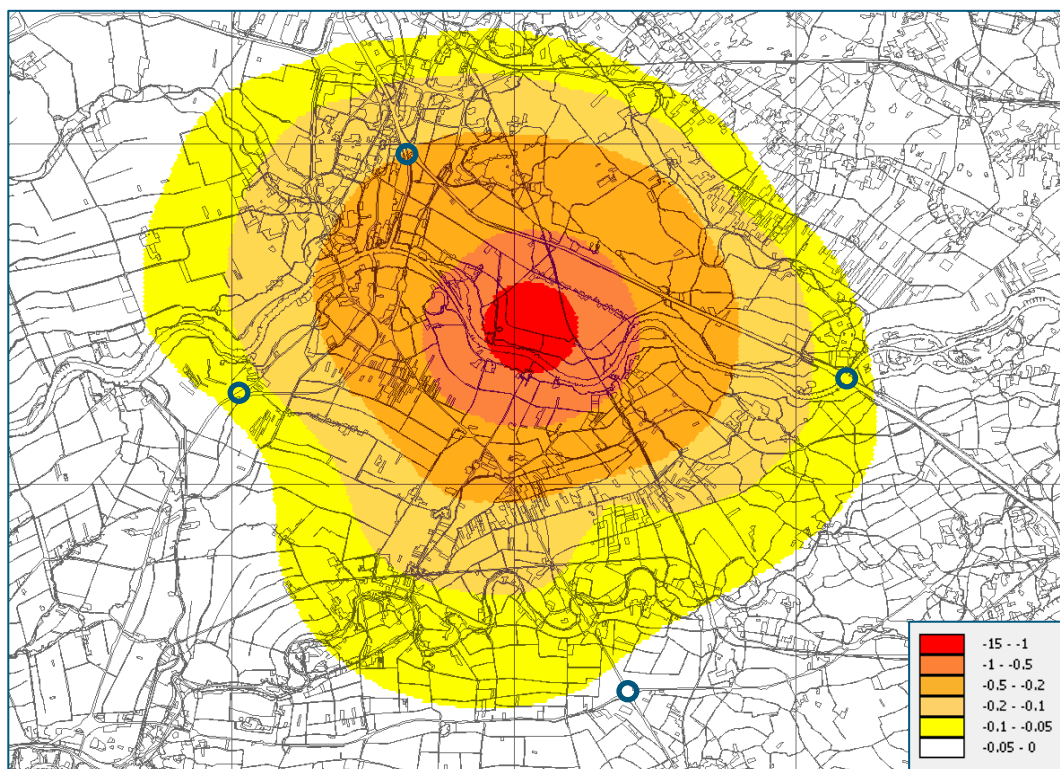
De door Tauw berekende verlagingen in het bepompde pakket zijn weergegeven in Figuur 2-7. Er zijn vier oriëntatiepunten in Figuur 2-7 opgenomen om de vergelijking met de resultaten met MORIA (Figuur 2-8) te vereenvoudigen. Op een zelfde manier is de berekende freatische grondwaterstand met elkaar vergeleken (Figuur 2-9 en Figuur 2-10). Dit levert het volgende beeld:

- De effecten in het bepompde pakket komen redelijk overeen (Figuur 2-7 en Figuur 2-8). De berekende verlaging in het bepompde pakket heeft in MORIA een wat grotere verbreiding.
- Er is een groot verschil in berekende freatische effecten (Figuur 2-9 en Figuur 2-10). HYDROMEDAH / MORIA berekent verlagingen in een groter gebied tot circa 10 cm. MORIA 3.2 berekent bijna geen effect groter dan 5 cm. De verschillen worden onder andere veroorzaakt doordat de weerstand van de Waalre klei 1 veel hoger is in MORIA 3.2 (circa 20.000 dagen) dan in HYDROMEDAH / MORIA (circa 5000 dagen). Opvallend is dat ook verlagingen worden berekend in modelcellen waar de Lek voorkomt. Dit is niet waarschijnlijk.

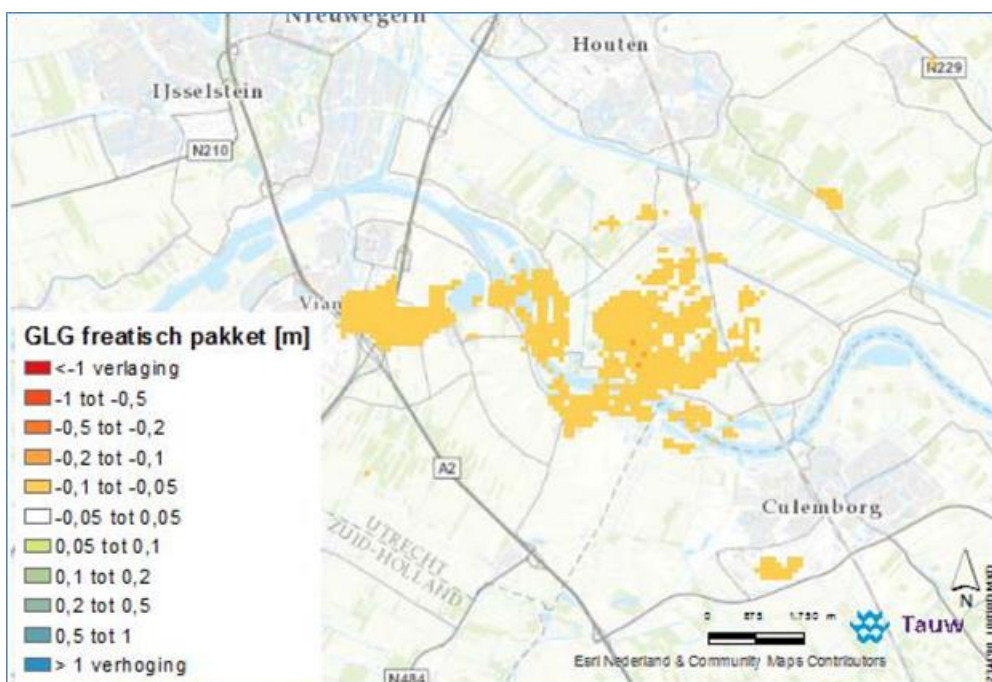
Conclusie is dat de freatische effecten van de twee modellen van elkaar verschillen, maar dat het berekende effect van MORIA 3.2 meer waarschijnlijk lijkt.



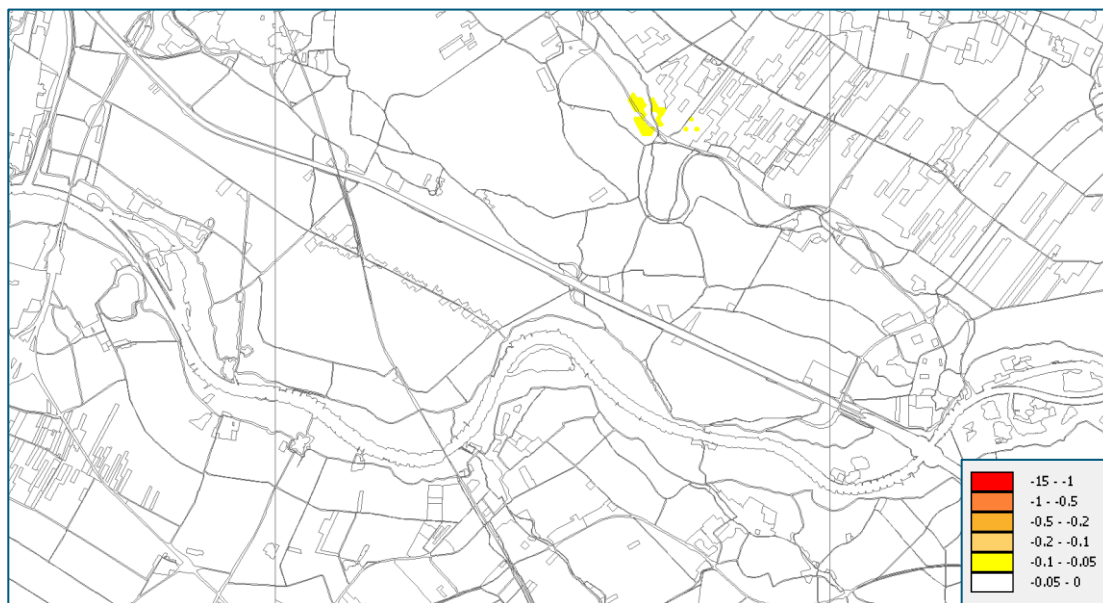
Figuur 2-7 Verlagning stijghoogte bepompte pakket door winning Schalkwijk 7 Mm³/jaar (bron: Tauw (2017)) met HYDROMEDAH/MORIA. De rode cirkels staan ter oriëntatie, in Figuur 2-8 staat deze cirkels op dezelfde locatie.



Figuur 2-8 Verlagning stijghoogte bepompte pakket door winning Schalkwijk 7 M m³/jaar in MORIA 3.2. De rode cirkels staan ter oriëntatie. In Figuur 2-7 staat deze cirkels op dezelfde locatie.



Figuur 2-9 Verlaging van de GLG door de winning Schalkwijk 7 M m³/jaar (bron: Tauw, 2017) berekend met HYDROMEDAH/MORIA.



Figuur 2-10 Verlaging van de freatische grondwaterstand door de winning Schalkwijk 7 M m³/jaar berekend met MORIA 3.2.

2.4 Mogelijke modelverbeteringen

De modelafwijkingen binnen het zoekgebied zijn beperkt. Vooral in het noordelijk deel van het modelgebied zijn er structurele afwijkingen tussen berekeningen en metingen in het watervoerende pakket boven de Waalre klei 1. Voor een verkennende studie kan dit model gebruikt worden met de aantekening dat de uitkomsten soms van de werkelijkheid kunnen afwijken. Ons advies was om het model op twee punten te verbeteren, de meest actuele geologische laagopbouw volgens REGIS II.2 en het aanpassen van de weerstanden van de Lek en het Amsterdam Rijn-Kanaal. Dit advies is overgenomen door de begeleidingsgroep en wordt nader toegelicht in de volgende paragraaf.

Tabel 2-1 Mogelijke modelverbeteringen.

Onderdeel	Constatering	Mogelijke verbetering
<i>Lagenmodel</i>	De modelschematisatie in het vernieuwde REGIS II.2 is meer actueel en beter dan REGIS II.1. De weerstandswaarden van de Waalre klei kunnen daardoor verschillen. Dit heeft een gevolg voor berekende freatische effecten (boven de klei).	1. Geen modelaanpassing. Maar tekstuele aandacht in het rapport met waarschuwingen en nuanceringen waar laagopbouw sterk afwijkt. 2. Model aanpassen voor de lagen vanaf Wak1 met REGISII.2 en weerstand opnieuw iken met een Monte-Carlo berekening.
<i>Weerstand Lek en Amsterdam-Rijn Kanaal</i>	Uit de modelafwijkingen blijkt dat de Lek onvoldoende kan infiltreren in het model. Ten westen van het zoekgebied wordt dit effect nog sterker. Dit betekent dat de effecten van een winning minder gedempt zullen worden dan in werkelijkheid. Ook het Amsterdam-Rijn Kanaal lijkt niet goed genoeg te draineren. Deze valt buiten het zoekgebied en is het dus minder van belang het model hier aan te passen.	1. Aanpassen van de weerstand van de deklaag en de infiltratieweerstand van de Lek. 2. Van minder groot belang is om hetzelfde voor Amsterdam-Rijn Kanaal te doen.
<i>Berekening Schalkwijk</i>	Freatisch verschillen de uitkomsten tussen MORIA 3.2 en MORIA3.0/HYDROMEDAH.	Geen aanpassing nodig. MORIA 3.2 is meer plausibel.
<i>Modelgrens</i>	Modelgrens ligt aan de noordgrens ongeveer 6 km weg. Dit is nog net acceptabel.	Geen aanpassing nodig.
<i>Opschaling</i>	Opschaling met grovere rasters dan 25*25 meter gaat nu niet goed binnen MORIA 3.2 Opschalen met methode Wim de Lange. Voor MORIA 3.2 is deze optie nog niet eerder toegepast.	Geen aanpassing nodig voor deze studie.

2.5 Modelverbeteringen

Het geohydrologisch model is verbeterd met het inbrengen van REGIS II.2 en het aanpassen van de weerstand van de Lek en Amsterdam-Rijn Kanaal (de eerste twee aanbevelingen genoemd in Tabel 2-1). De weerstand van de Lek en het Amsterdam Rijn-Kanaal is verlaagd. Dit gaf gelijk betere modeluitkomsten. Voor het bepalen van de optimale weerstand van de Waalreklei1 (weerstand tussen modellagen 12 en 13) zijn meerdere berekeningen gemaakt met een Monte Carlo-analyse. Uit deze analyse blijkt dat het modelresultaat voor een vermenigvuldigingsfactor van zowel 2, 2,5 als 3 vergelijkbare afwijkingen geeft als het referentiemodel (het gekalibreerde model met REGISII.1). De

beoordeling is zowel gedaan voor de gemiddelde afwijkingen (Tabel 2-2) als de absolute afwijkingen (Tabel 2-3). Het resultaat voor de gemiddelde afwijkingen is zelfs iets minder goed in vergelijking met de referentie. Bij de vergelijking dient rekening te worden gehouden met het aantal beschikbare meetpunten. De lagen met de meeste meetpunten zijn het meest relevant voor de vergelijking. Er is gekozen om de vermenigvuldigingsfactor van 2 aan te houden, omdat dit het meeste aansluit bij kennis uit pompproeven in het gebied.

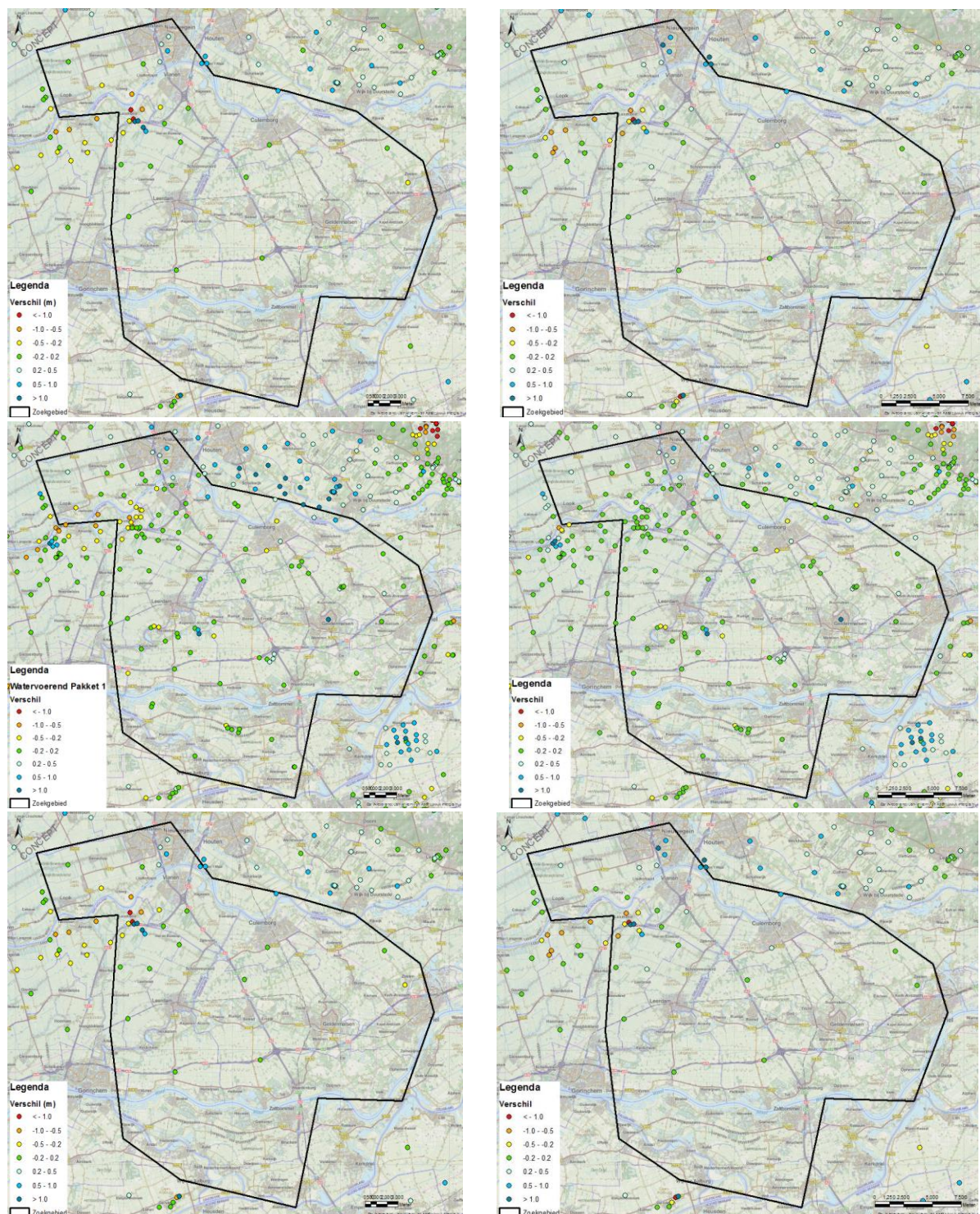
Tabel 2-2 Gemiddelde afwijkingen (m) tussen berekening en meting per modellaag voor verschillende vermenigvuldigingsfactoren van de Waalreklei 1. In de laatste kolom staat het aantal beschikbare meetpunten.

	Referentie	Vermenigvuldigingsfactor Waalreklei			Aantal
		2	2.5	3	
Alle meetpunten	0.19	0.23	0.22	0.22	2293
Alle meetpunten in interesse gebied	0.08	0.16	0.15	0.13	
modellaag 1 in interesse gebied	0.08	0.11	0.11	0.11	126
modellaag 2 in interesse gebied	0.15	0.18	0.18	0.17	28
modellaag 3 in interesse gebied	0.08	0.11	0.11	0.11	1
modellaag 4 in interesse gebied	0.01	0.13	0.13	0.14	70
modellaag 6 in interesse gebied	0.06	0.13	0.13	0.14	6
modellaag 7 in interesse gebied	-0.01	-0.17	-0.17	-0.17	4
modellaag 9 in interesse gebied	0.04	0.12	0.13	0.14	17
modellaag 10 in interesse gebied	0.11	0.11	0.11	0.12	9
modellaag 11 in interesse gebied	0.07	0.10	0.10	0.10	1
modellaag 12 in interesse gebied	0.09	0.16	0.16	0.16	4
modellaag 13 in interesse gebied	-0.14	0.07	-0.02	-0.10	33
modellaag 14 in interesse gebied	0.37	0.47	0.40	0.34	16
modellaag 15 in interesse gebied	0.48	0.35	0.27	0.19	9
modellaag 16 in interesse gebied	0.29	0.52	0.46	0.40	10
modellaag 17 in interesse gebied	0.23	0.50	0.44	0.38	11

Tabel 2-3 Absolute afwijkingen (m) tussen berekening en meting per modellaag voor verschillende vermenigvuldigingsfactoren van de Waalreklei 1. In de laatste kolom staat het aantal beschikbare meetpunten.

Absolute afwijkingen	Referentie	Vermenigvuldigingsfactor Waalreklei			Aantal
		2	2.5	3	
Alle meetpunten	0.47	0.48	0.48	0.47	2293
Alle meetpunten in interesse gebied	0.27	0.26	0.26	0.26	
modellaag 1 in interesse gebied	0.24	0.24	0.24	0.24	126
modellaag 2 in interesse gebied	0.28	0.28	0.28	0.28	28
modellaag 3 in interesse gebied	0.08	0.11	0.11	0.11	1
modellaag 4 in interesse gebied	0.21	0.16	0.16	0.16	70
modellaag 6 in interesse gebied	0.19	0.19	0.20	0.20	6
modellaag 7 in interesse gebied	0.55	0.31	0.31	0.31	4
modellaag 9 in interesse gebied	0.23	0.21	0.22	0.22	17
modellaag 10 in interesse gebied	0.14	0.12	0.13	0.13	9
modellaag 11 in interesse gebied	0.07	0.10	0.10	0.10	1
modellaag 12 in interesse gebied	0.11	0.16	0.16	0.16	4
modellaag 13 in interesse gebied	0.34	0.35	0.38	0.41	33
modellaag 14 in interesse gebied	0.49	0.47	0.41	0.36	16
modellaag 15 in interesse gebied	0.49	0.45	0.40	0.35	9
modellaag 16 in interesse gebied	0.39	0.52	0.46	0.40	10
modellaag 17 in interesse gebied	0.24	0.50	0.44	0.38	11

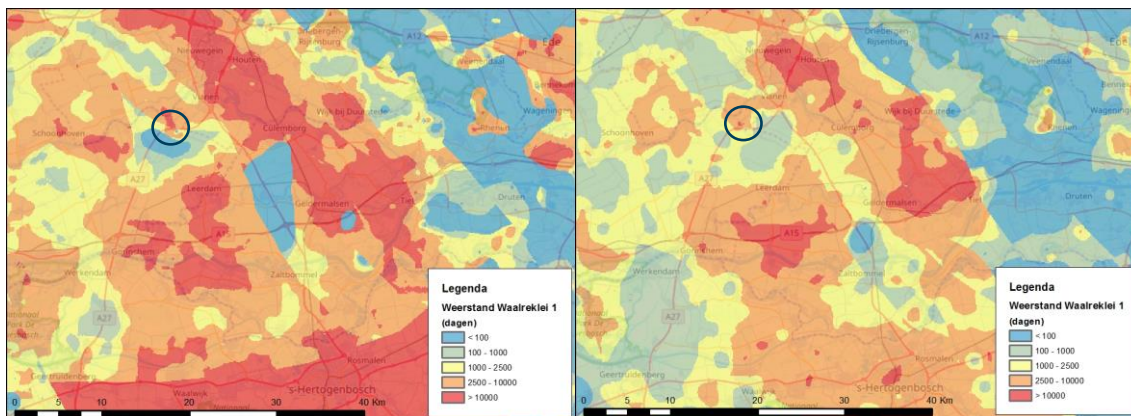
De afwijkingen tussen berekening en meting zijn geografisch gepresenteerd in Figuur 2-11. Te zien is dat de afwijkingen in de buurt van de Lek boven de Waalre klei een stuk kleiner zijn dan in het model gebaseerd op REGISII.1.



Figuur 2-11

Afwijkingen tussen berekening en meting voor de gekalibreerde modellen met REGISII.1 (links) en REGIS II.2 (rechts) voor de freatische laag (boven), het watervoerend pakket boven de Waalreklei1 (midden) en het watervoerend pakket onder de Waalreklei1 (onder).

Het verbeterde model geeft dus een beperkt verbeterd resultaat in verschil tussen metingen en berekeningen. Maar het nieuwe verbeterde model is wel gebaseerd op de meest recente inzichten in geologische laagopbouw (REGIS II.2) en sluit beter aan op de te verwachten bodemparameters uit pompproeven en de initiële waarde in REGIS. Uit aangeleverde informatie van Oasen blijkt dat de weerstandswaarde van de Waalre klei 1 bij de winning Lexmond 3000 dagen bedraagt. De weerstand van de Waalreklei in het verbeterde model is lager dan in de voorgaande versie van het model (Figuur 2-12). Rond Lexmond is de weerstand weinig veranderd en komt gemiddeld redelijk overeen met de aangetroffen 3000 dagen.



Figuur 2-12 Weerstand van de Waalreklei1 in het gekalibreerde grondwatermodel op basis van REGISII.1 (links) en REGIS II.2 (rechts). In de cirkel: winning Lexmond.

3 Locaties van nieuwe winlocaties

De optimale locaties voor nieuwe winningslocaties zijn in drie stappen bepaald:

1. Paragraaf 3.1: Eerst is een beoordeling gemaakt van kwetsbare functies (Paragraaf 3.1). Potentiele (11) nieuwe winningen, verkenningslocaties genaamd, zijn zo veel mogelijk uit de buurt gehouden.
2. Paragraaf 3.2: Vervolgens is een beoordeling gemaakt van de geohydrologische parameters voor de 11 winningslocaties. Er is gekeken naar de dikte van het pakket waaruit water wordt onttrokken, de mate van bescherming (dikte van kleilagen) en de diepte van het zoet-zout grensvlak.
3. Paragraaf 3.3: Als laatste is gekeken naar het cumulatieve effect van bestaande winningen. Hiervoor is een berekening gemaakt dat inzicht geeft in gezamenlijk effect van nieuwe winningen ten opzichte van bestaande winningen.

3.1 Kwetsbare gebieden en locaties

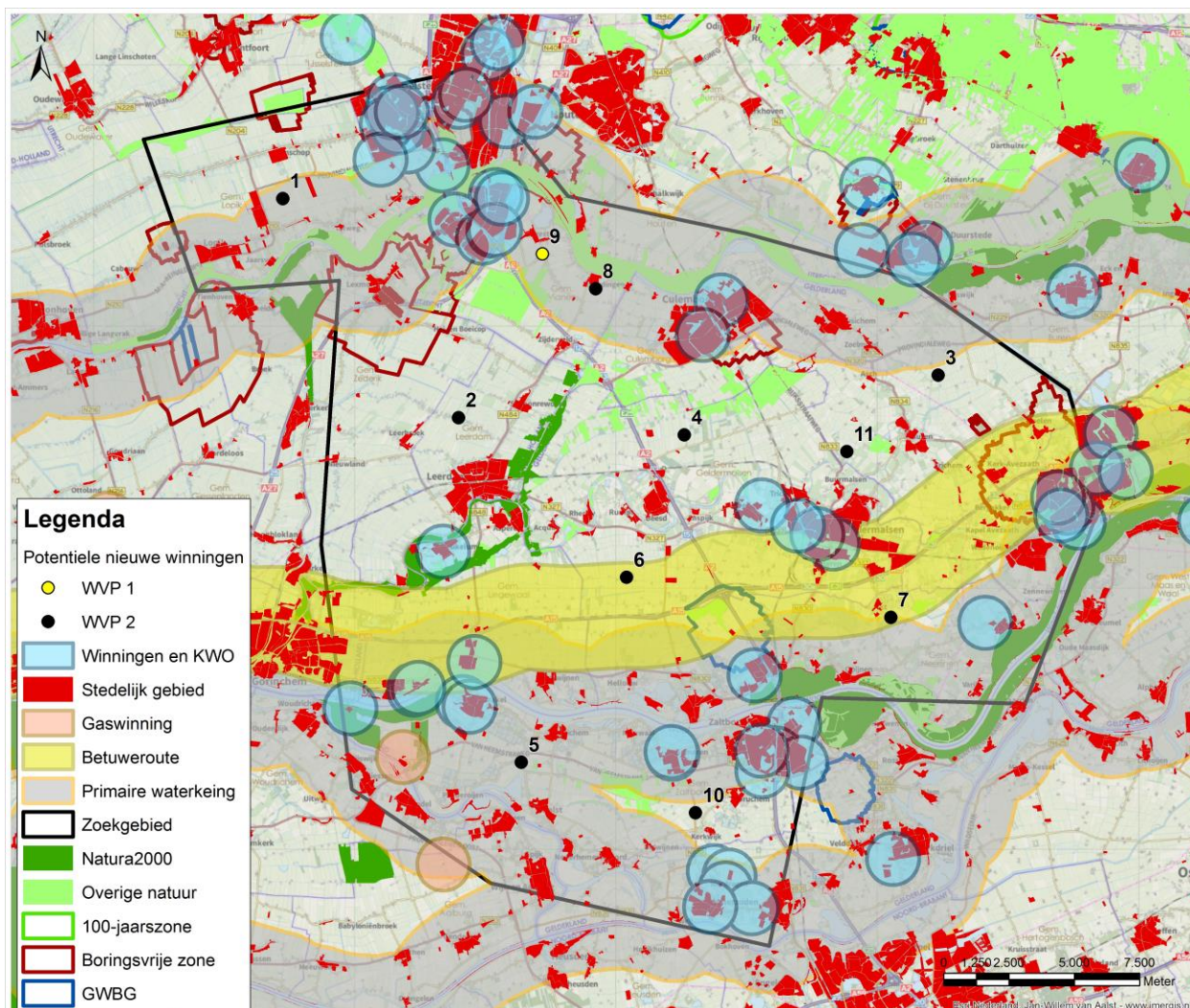
Om te onderzoeken welke gebieden mogelijk geschikt zijn voor een nieuwe drinkwaterwinning is een GIS analyse uitgevoerd. Een nieuwe grondwaterwinning is minder wenselijk:

- binnen een (N-2000) natuurgebied;
- binnen stedelijk gebied;
- binnen 2 km afstand van een primaire waterkering;
- binnen 2 km afstand van de Betuweroute;
- binnen een straal van 1 km van bestaande industriële grondwaterwinningen of KWO installaties;
- binnen aangewezen potentieel gebied voor gaswinning.

Figuur 3-1 laat het totaal overzicht zien van de GIS analyse. De deelanalyses per thema en eindanalyse zijn opgenomen in de bijlage op A3 formaat. In Figuur 3-1 is te zien dat de Bommelerwaard voor een groot gedeelte is uitgesloten vanwege de zone rondom de primaire keringen. De Tielerwaard is voor een groot gedeelte uitgesloten vanwege de zone rond de Betuweroute. De zone rondom de Lek is uitgesloten rond de primaire keringen. Er is geen rekening gehouden met regionale keringen, zoals om de Linge. De meeste winningen en KWO installaties liggen in stedelijk gebied of in andere zones welke al worden uitgesloten vanwege andere objecten.

De kaart in Figuur 3-1 was het startpunt van een werksessie met de begeleidingsgroep op 28 maart 2018. Er werd geconstateerd dat wel erg veel gebieden werden uitgesloten, omdat de bufferzones rond de dijken en Betuweroute ruim zijn gedefinieerd. Dit criterium is daarom minder strak gehanteerd. Er zijn 11 punten geselecteerd samen met de leden van de projectgroep op het overleg van 14 februari 2018¹. Hierbij is rekening gehouden met de ligging van stedelijk gebied, natuur en bestaande winningen (Figuur 3-1).

¹ Winning 11 is later gedefinieerd en in april 2018 doorgerekend en toegevoegd aan de rapportage. Winning 12 en 13 zijn nog later toegevoegd aan de scenario's (zie hoofdstuk 5)

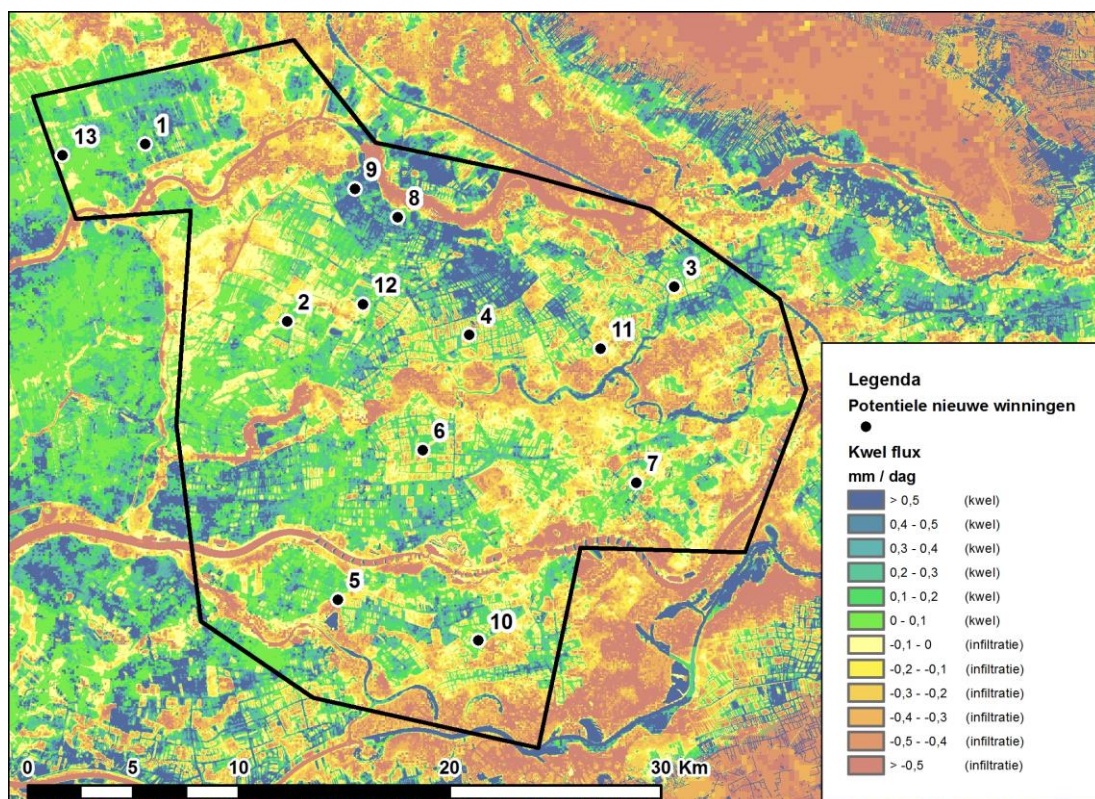


Figuur 3-1 Zoekgebieden welke niet de voorkeur hebben voor het starten van een nieuwe drinkwaterwinning en de 11 geselecteerde verkenninglocaties.

3.2 Geohydrologische criteria

Kwel / Infiltratie

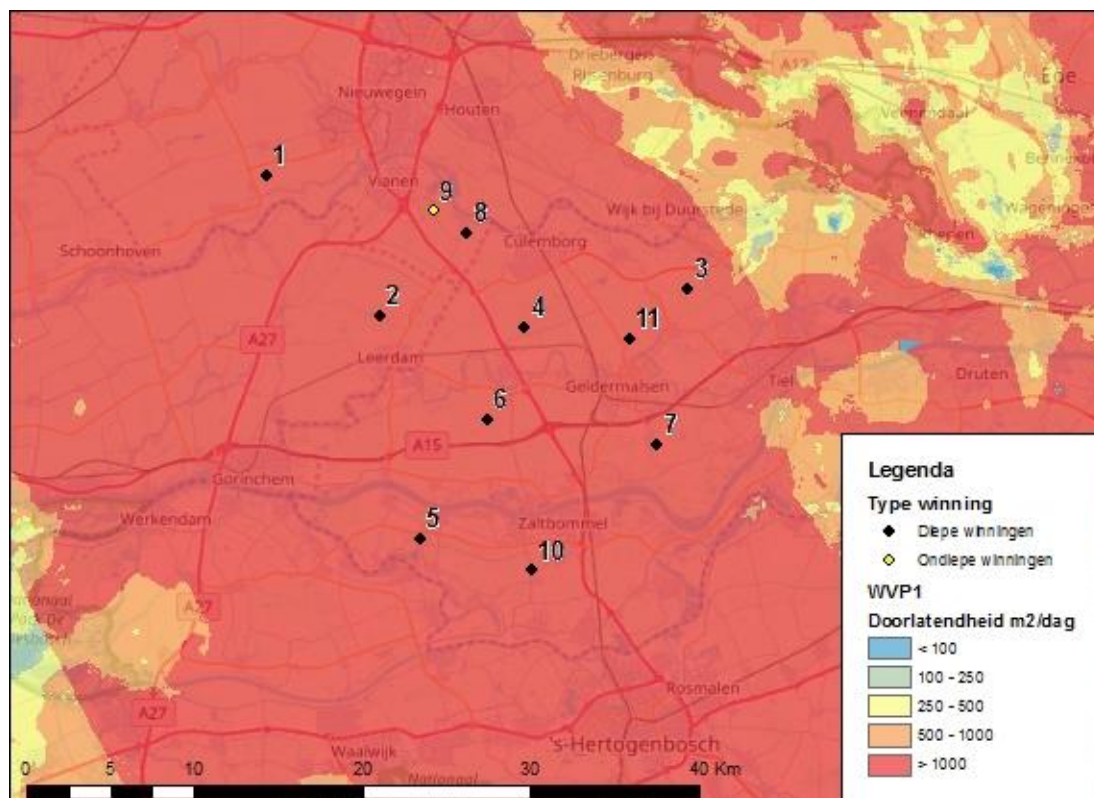
Het onttrekken van grondwater verandert de verticale richting van grondwaterstroming. Daardoor kan de huidige kwelstroming naar maaiveld omslaan in infiltratie. Figuur 3-2 geeft een beeld van de huidige kwel- en infiltratiesterkte ten opzichte van maaiveld. Het rivierengebied is overwegend een kwelgebied. De verkenninglocaties 8 en 9 liggen in een gebied met de meeste kwel. Infiltratie komt vooral voor langs de grote rivieren en de Linge. Verkenninglocatie 11 ligt in een overwegend infiltratiegebied.



Figuur 3-2 Berekende kwel/infiltratie ten opzichte van maaiveld in mm/d met MORIA 3.2 (na modelkalibratie).

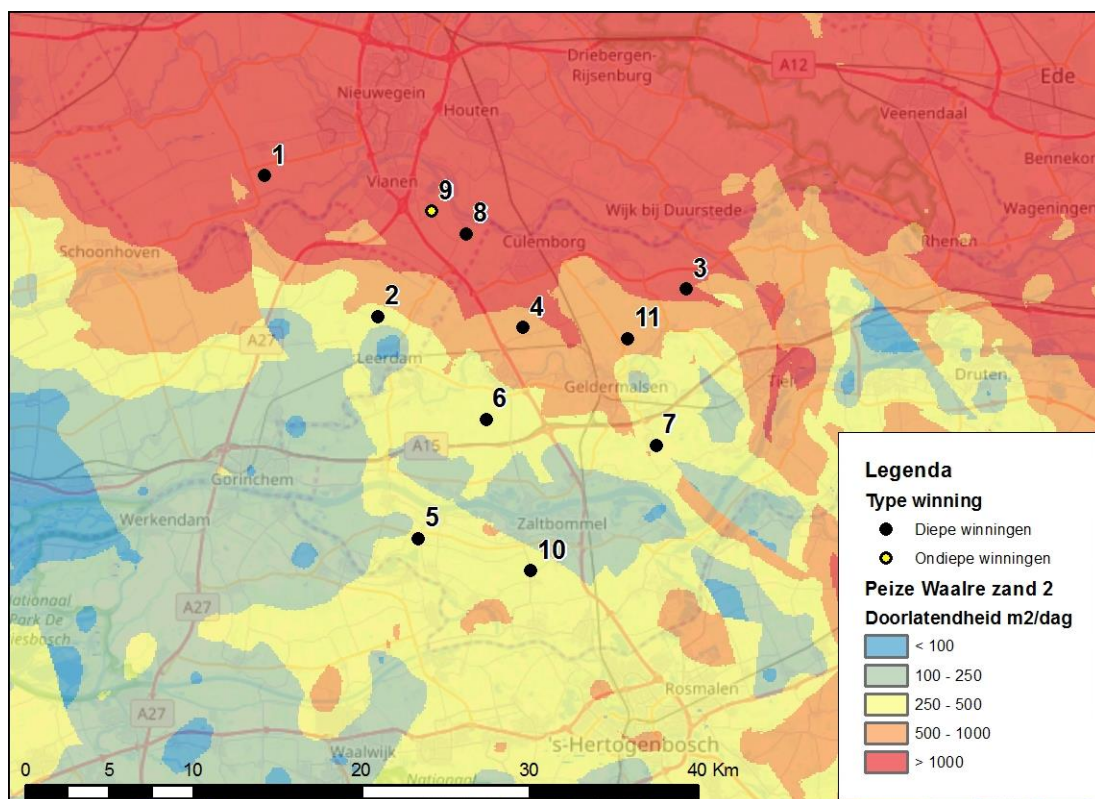
Doorlaatvermogen

Het doorlaatvermogen van de watervoerende lagen waaruit onttrokken gaat worden moet hoog genoeg zijn (groter dan 500 m²/d). Het eerste watervoerende pakket voldoet overal aan die eis (Figuur 3-3).



Figuur 3-3 Transmissiviteit WVP1, Peize Waalrezand 1 REGIS II v2.2 (na modelkalibratie).

Het doorlaatvermogen in de diepere watervoerende pakketten is minder hoog. De kD-waarde van de watervoerende lagen boven de Waalreklei als onder de Waalreklei waren in het oorspronkelijk geohydrologisch model, gebaseerd op REGIS II.1 en voldoende groot (bijna overal groter dan 500 m²/d). In het aangepaste model op basis van REGIS II.2 is de kD-waarde gekalibreerd en lager dan in het voorgaande model. De lagere kD-waarde wordt dan een kritische en onderscheidende parameter.

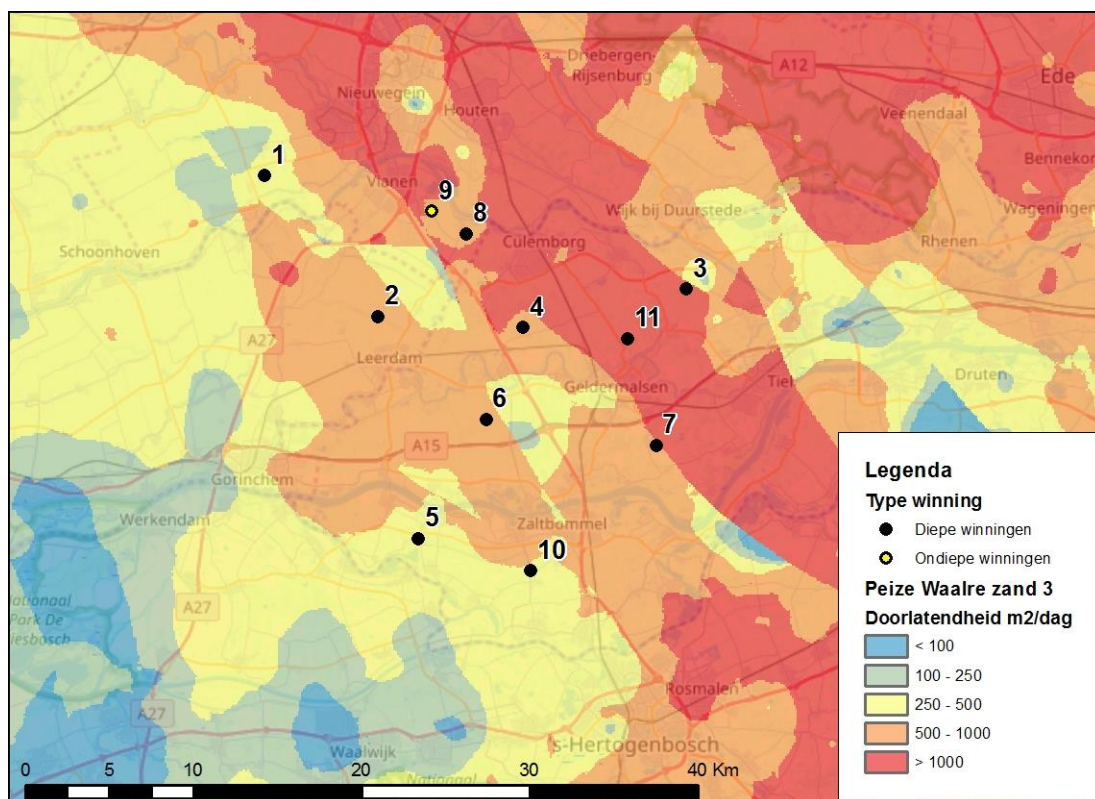


Figuur 3-4 Transmissiviteit WVP2, Peize Waalrezand 2 REGIS II v2.2 (na modelkalibratie).

De transmissiviteit (watervoerendheid) van het tweede watervoerende pakket neemt af in zuidelijke richting. Dit betekent dat de winningen 5, 6, 7 en 10 in een pakket staan dat onvoldoende water kan leveren (Figuur 3-4).

Als alternatief kan gekeken worden naar het derde watervoerende pakket. De transmissiviteit van dit watervoerend pakket neemt af in zuidwestelijke richting (Figuur 3-5). De locaties 6 en 7 liggen hier in een gebied met een iets hogere transmissiviteit dan 500 m²/d.

Tabel 3-1 geeft een samenvatting van de transmissiviteit per verkenninglocatie in het tweede (circa 100 meter diep) en derde watervoerende pakket (circa 150 meter diep). Op de locaties waar het tweede watervoerende pakket onvoldoende watervoerend is (oranje vakken in Tabel 3-1) is het alternatief om te onttrekken uit het eerste of derde watervoerende pakket. Gezien de risico's op het aantrekken van zout water is niet verder gekeken naar mogelijkheden van onttrekking van grondwater uit het derde watervoerende pakket. In het vervolg van deze studie de mogelijkheden verkend van onttrekking uit het eerste watervoerende pakket, wat overal voldoende watervoerend is (zie Figuur 3-3).



Figuur 3-5 Transmissiviteit WVP3, Peize Waalrezand 3 REGIS II v2.2 (na modelkalibratie).

Tabel 3-1 Transmissiviteit van de watervoerende pakketten 2 en 3.

Winning	KD WVP2 (m²/dag)	KD WVP3 (m²/dag)
1	1900	350
2	350	750
3	1250	1250
4	700	850
5	300	425
6	325	650 ² (900)
7	480	800
8	2400	950 ³ (2200)
9	2750	1000
10	350	400 ⁴ (1000)
11	700	1350

Weerstand Waalreklei

Winningen onder een kleilaag hebben het voordeel dat ze beter beschermd zijn. De Waalre klei 1 is een belangrijke slecht doorlatende laag in dit gebied. Een belangrijke keuze is of de toekomstige winning

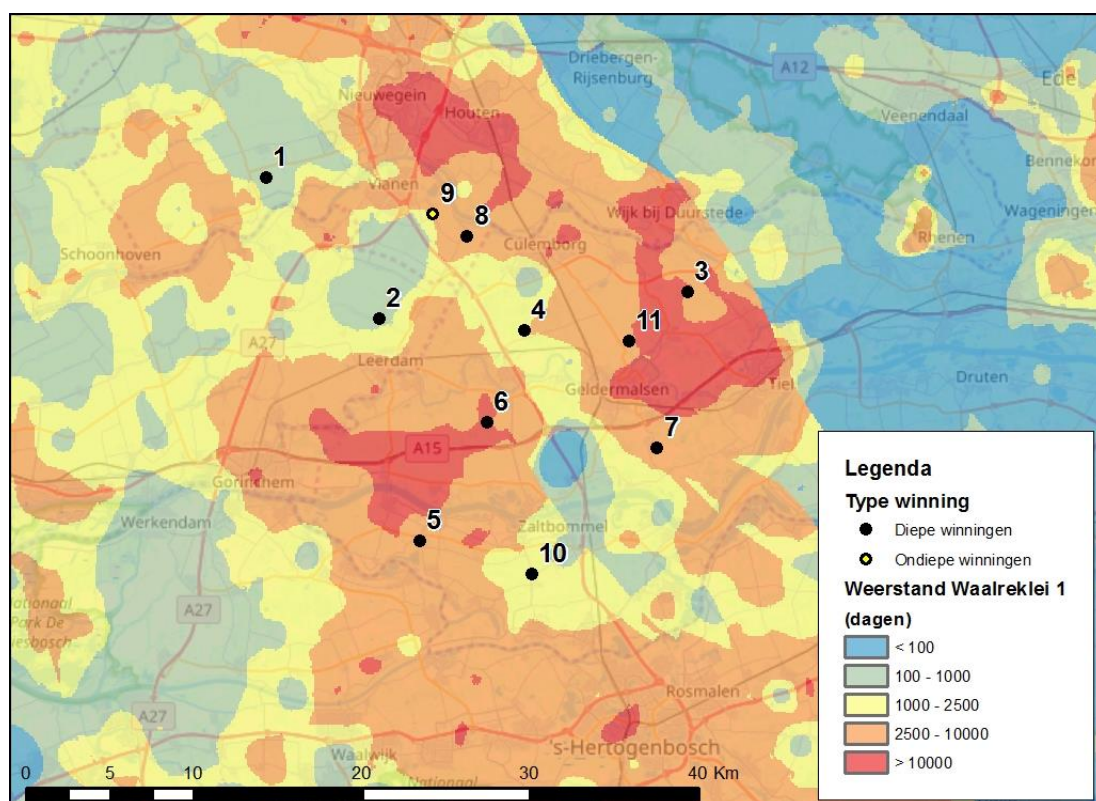
² Dit is de doorlatendheid van Peize Waalrezand 3, de waalreklei 3 is nauwelijks aanwezig. Tussen haken waarde met Maassluiszand 1, Maassluislei 1 wel aanwezig.

³ Idem 1

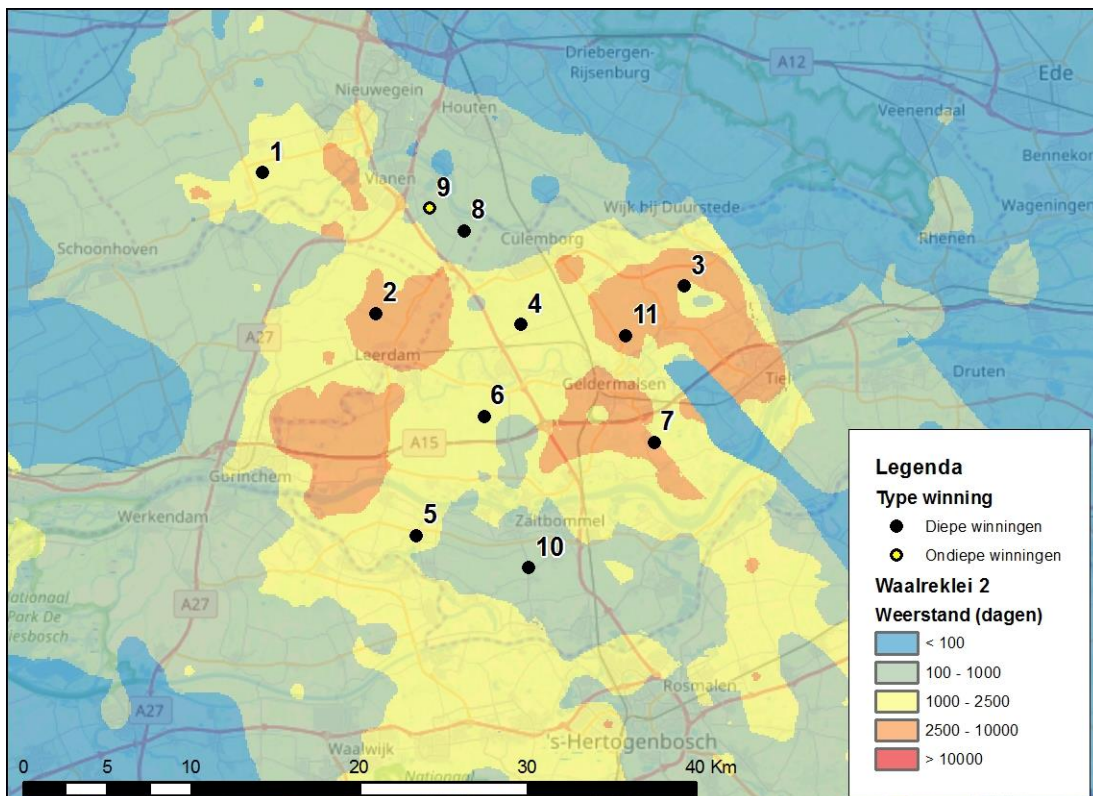
⁴ Idem 1

boven of onder de Waalre klei 1 komt. In Figuur 3-6 is de weerstand van de Waalre klei uit REGIS II.2 weergegeven. Er zijn twee zones met hoge weerstand van de Waalre klei en dus goede bescherming: het oostelijke deel van het zoekgebied, nabij Buren en in het westen rondom Leerdam.

In Figuur 3-5 is de weerstand van de Waalre klei 2 uit REGIS II.2 weergegeven. De weerstand van de Waalre klei 2 bepaalt in hoeverre het tweede en derde watervoerende pakket van elkaar zijn gescheiden. Grondwaterwinning is potentieel mogelijk in beide watervoerende pakketten. De weerstand is kleiner dan 1000 dagen aan de randen van het interessegebied. Dit betekent dat ter plekke van de locaties 8, 9 en 10 de watervoerende pakketten weinig van elkaar zijn gescheiden.



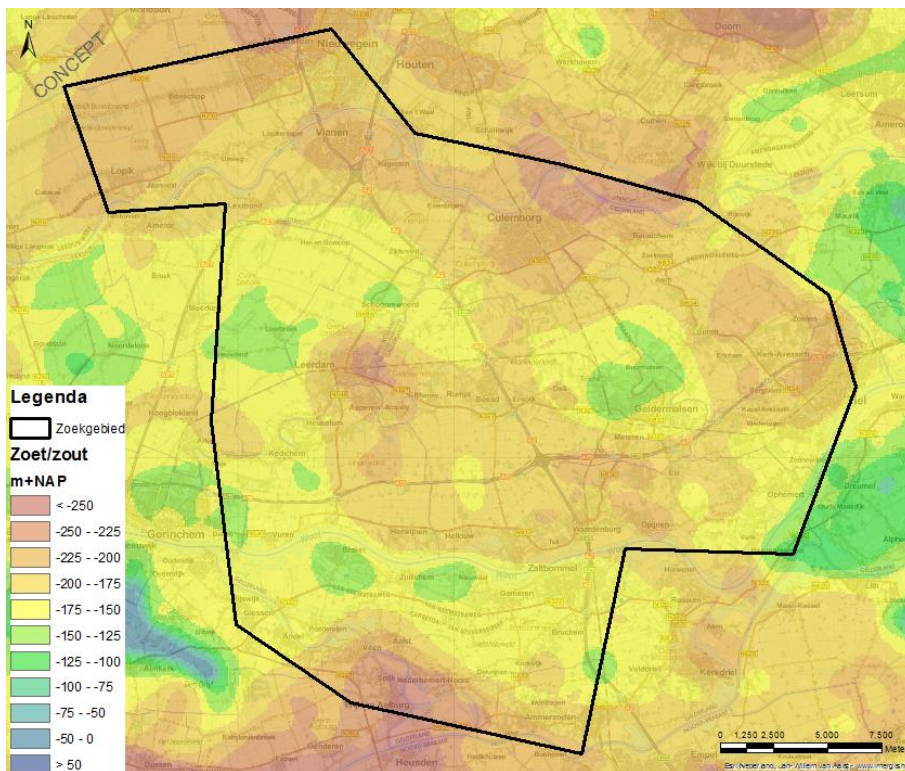
Figuur 3-6 De weerstand van de Waalre klei 1, de weerstand volgens REGIS II.2 (gekalibreerd met het grondwatermodel).



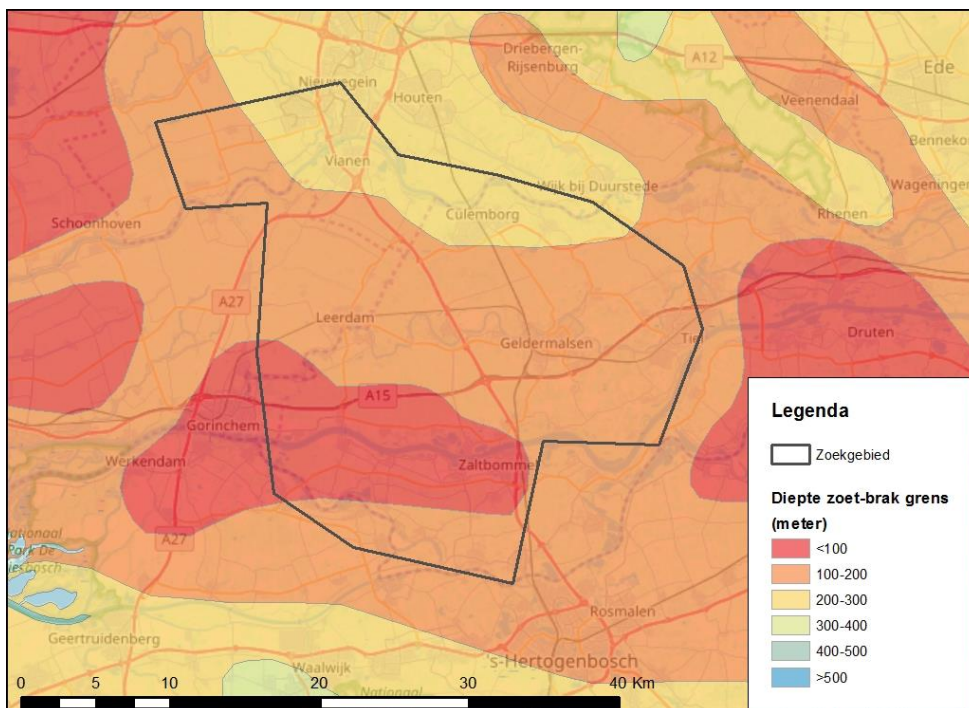
Figuur 3-7 De weerstand van de Waalre klei 2, de weerstand volgens REGIS II.2 (gekalibreerd met het grondwatermodel).

Zoet-zout grensvlak

Indien er voor wordt gekozen om de winning dieper te plaatsen kan zout water een probleem vormen. Figuur 3-8 en Figuur 3-9 geven een indruk van de ligging van het brak/zout grensvlak (1000 mg/l chloride) en zoet/brak grensvlak (150 mg/l). De twee kaarten geven een wat verschillend beeld. De brakwatergrens zit in het noordelijk gedeelte van het aandachtsgebied het meest ondiep. De zoet-watergrens ligt juist in het zuiden van het interessegebied het meest ondiep. Het is bekend dat met meer lokale gegevens de ligging van de grensvlakken kan afwijken en hoger kan liggen. Een grote toename van de opwaartse flux ten gevolge van nieuwe winningen is ongewenst omdat zo zout water omhoog kan worden getrokken. Hoe dichter een winning bij dit vlak komt hoe groter het risico is op aantrekken van zout water. De Waalre klei 1 ligt op ongeveer 60 meter diepte; de Waalre klei 2 op 100 meter diepte. Het brak-zout grensvlak komt volgens de NHI kaart tot op 125 meter diepte voor (Figuur 3-8). Plekken waar het grensvlak hoger ligt zijn gerelateerd aan een lagere weerstand van de Waalre klei.



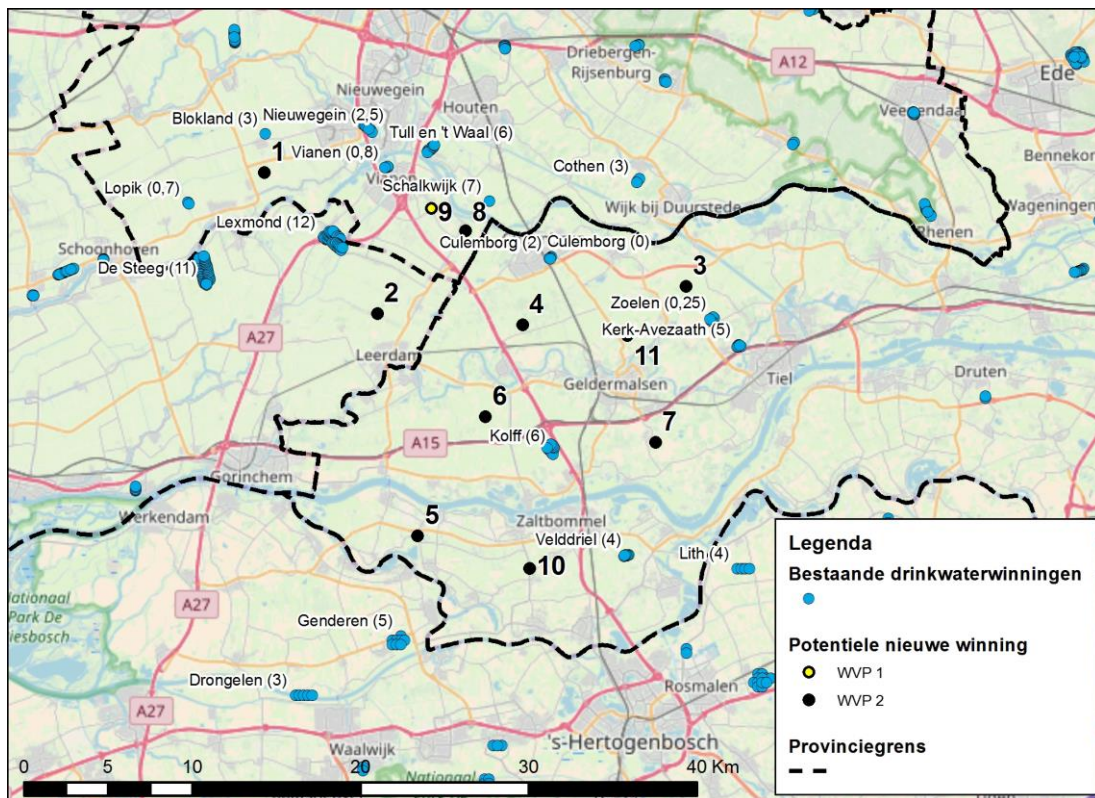
Figuur 3-8 Zoet/zout grensvlak (1000 mg/l chloride) op basis van NHI gegevens.



Figuur 3-9 Zoet/brak grensvlak (150 mg/l chloride) (bron TNO, 1981).

3.3 Effecten bestaande winningen

In het gebied komen bestaande drinkwaterwinningen voor. Deze hebben in de huidige situatie al een effect op stijghoogten en grondwaterstanden. De locaties van de winputten voor drinkwater met het totaal jaarlijks vergund debiet per winlocatie zijn vermeld in Figuur 3-10.

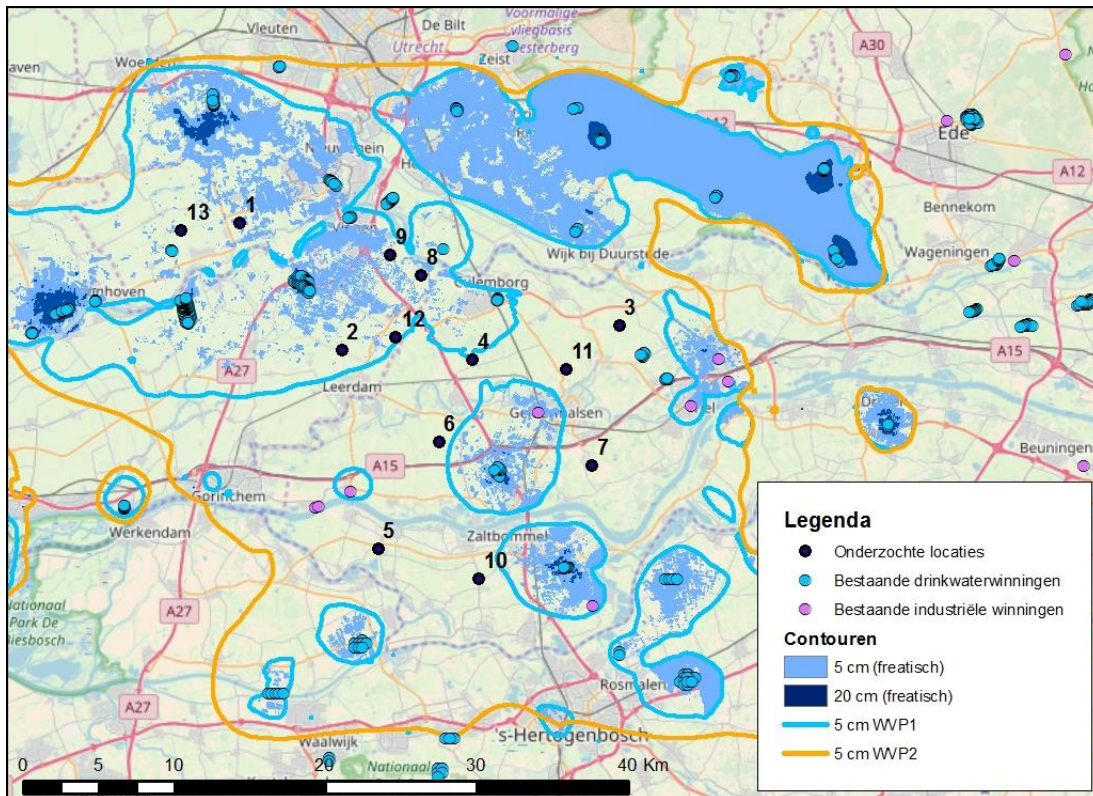


Figuur 3-10 Locaties van bestaande winningen en behoefte van de drinkwaterwinning (met vergund onttrekkingsdebiet per jaar in miljoen m³/jaar) en de 11 verkenninglocaties.

In de directe omgeving gaat het om ongeveer 70 miljoen m³/jaar aan drinkwateronttrekkingen (de weergegeven winningen in Figuur 3-10). De industriële onttrekkingen onttrekken minder grondwater en zijn op Figuur 3-11 weergegeven. De winningen Schalkwijk en Blokland⁵ zijn geplande winningen, maar nog niet in de praktijk gerealiseerd. Om inzicht te hebben in dit cumulatieve effect, zijn berekeningen met het grondwatermodel gemaakt waarin een onderscheid is gemaakt in het effect van de bestaande winningen en het gezamenlijke effect van bestaande en nieuwe winningen.

Als eerste is het effect van de bestaande winningen in beeld gebracht (Figuur 3-11). De 11 verkenninglocaties zijn bewust op enige afstand gelegd van de bestaande winningen. Met de berekeningen kan worden gecontroleerd wat het effect van de huidige winningen is op de verkenninglocaties. Rond de verkenninglocaties is in de huidige situatie de grondwaterstand beperkt verlaagd (Figuur 3-11). In het noordwestelijk deel van het interessegebied zijn de effecten van de huidige winningen groter rond de verkenninglocaties dan elders in het gebied. Hier treden dus meer cumulatieve effecten op.

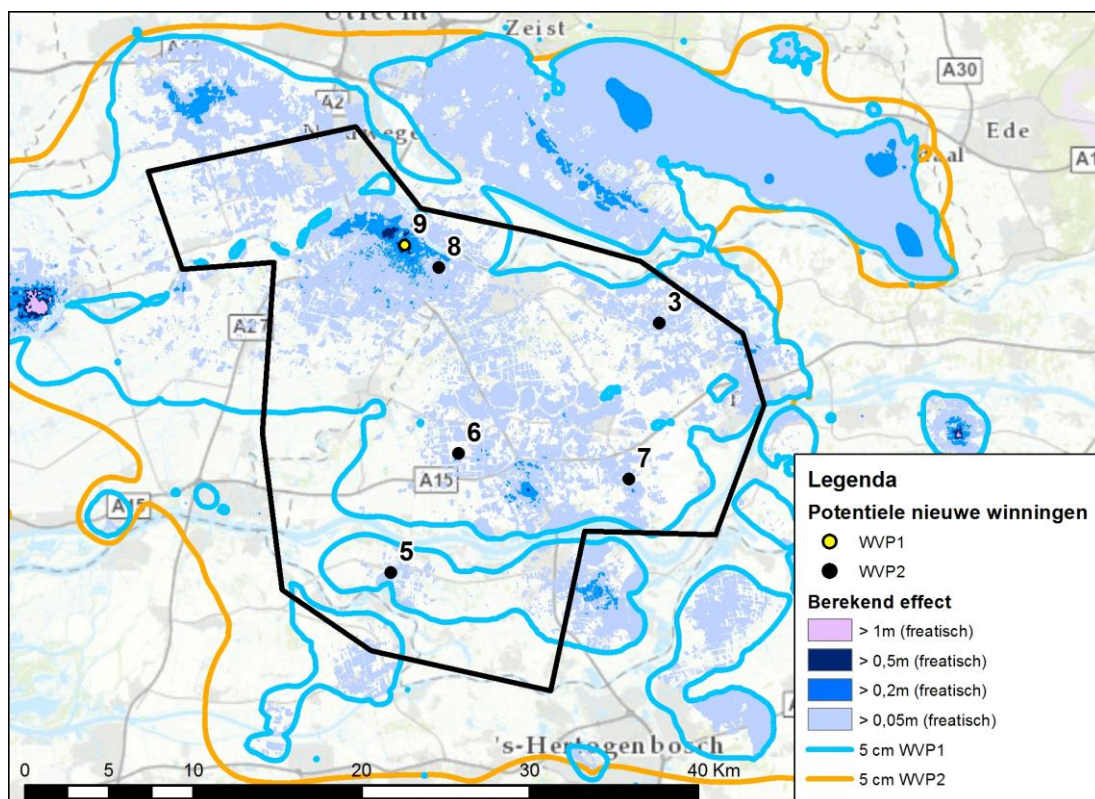
⁵ De winning Schalkwijk is wel al in MORIA 3.2 opgenomen; winning Blokland nog niet.



Figuur 3-11 Berekende effect van alle bestaande onttrekkingen (drinkwater en industrie).

Vervolgens is uitgerekend wat het cumulatieve effect is van de huidige onttrekkingen plus 42 miljoen m³/jr extra onttrekking uit zes verkenninglocaties (nummers 3, 5, 6, 7, 8 en 9). Onttrekking vindt gelijk verdeeld (42 miljoen m³/jr per locatie) plaats uit het tweede watervoerende pakket. Uitzondering is de winning 9 die grondwater uit het eerste watervoerende pakket onttrekt.

Het cumulatieve effect in verlaging in grondwaterstand is gepresenteerd Figuur 3-12. Op enkele plekken is het cumulatieve effect in daling in grondwaterstand groter dan 20 cm. Dit treedt op langs de Lek rond winning 9 en bij winning Kolff tussen de locaties 6 en 7. Lokaal kan de verlaging in grondwaterstand groter dan 50 cm worden langs de Lek in buurt van verkenninglocatie 9.



Figuur 3-12 Berekende effect in de drie watervoerende pakketten ten gevolge van onttrekken van 7 miljoen m³/jaar in de verkenninglocaties 3, 5, 6, 7, 8 en 9 plus het effect van alle bestaande onttrekkingen (drinkwater en industrie).

De mate van beïnvloeding met bestaande (drinkwater)winlocaties is samengevat in Tabel 3-2 met de volgende indeling per verkenninglocatie:

- Veel: Bestaande winningen hebben hier meer dan 5cm verlaging in het watervoerend pakket en meer dan 5cm verlaging in grondwaterstand in de directe omgeving.
- Matig: Bestaande winningen hebben hier ongeveer 5cm verlaging in het watervoerend pakket en minder dan 5cm verlaging in grondwaterstand in de directe omgeving.
- Weinig: Bestaande winningen hebben hier minder dan 5cm verlaging in het watervoerend pakket en minder dan 5cm verlaging in grondwaterstand in de directe omgeving.

De winningen 1, 8 en 9 liggen dicht in de buurt bij meerdere bestaande drinkwaterwinningen. De locaties 3, 5, 7, 10 en 11 hebben relatief weinig verlaging te verwachten van de bestaande winningen.

Tabel 3-2 Mate van cumulatief effect in daling in grondwaterstand per verkenninglocatie en bestaande drinkwaterwinningen.

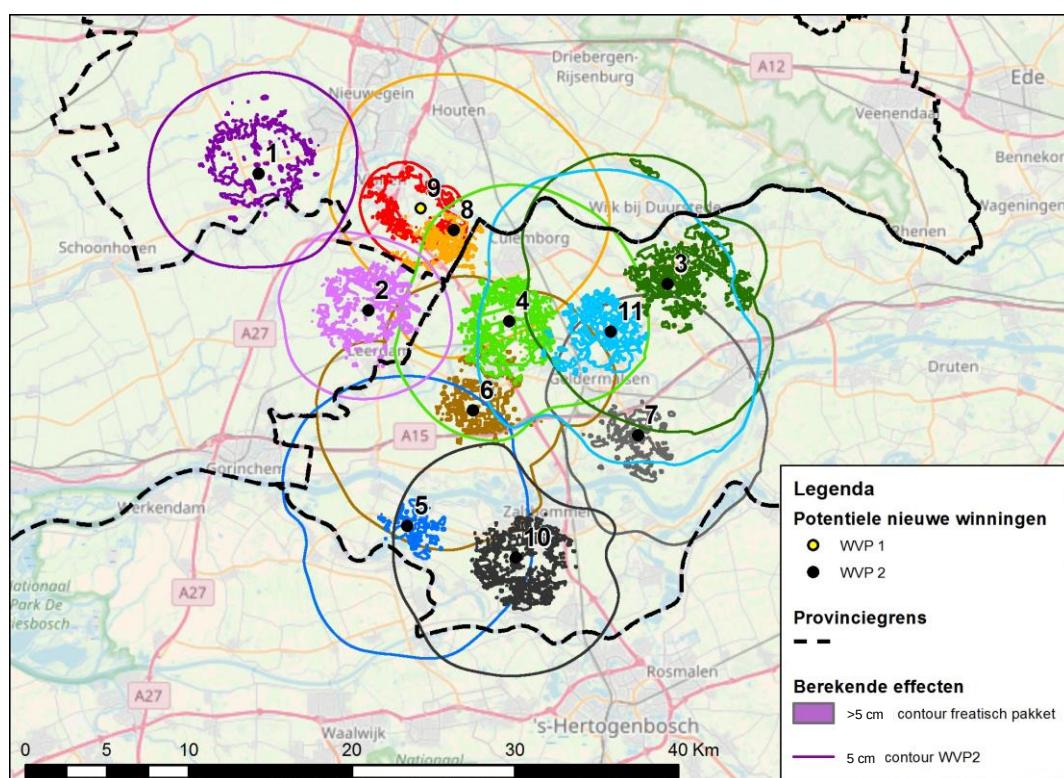
Winning	Cumulatief effect met bestaande winning?	Omliggende drinkwaterwinningen
1	Veel	Nieuwegein, Vianen, Lexmond, De Steeg, Blokland
2	Matig	Lexmond
3	Weinig	
4	Matig	Culemborg
5	Weinig	
6	Matig	Kolff
7	Weinig	
8	Veel	Tull en 't Waal, Vianen, Schalkwijk, Culemborg
9	Veel	Tull en 't Waal, Vianen, Schalkwijk, Culemborg
10	Weinig	
11	Weinig	

4 Effecten van nieuwe winlocaties

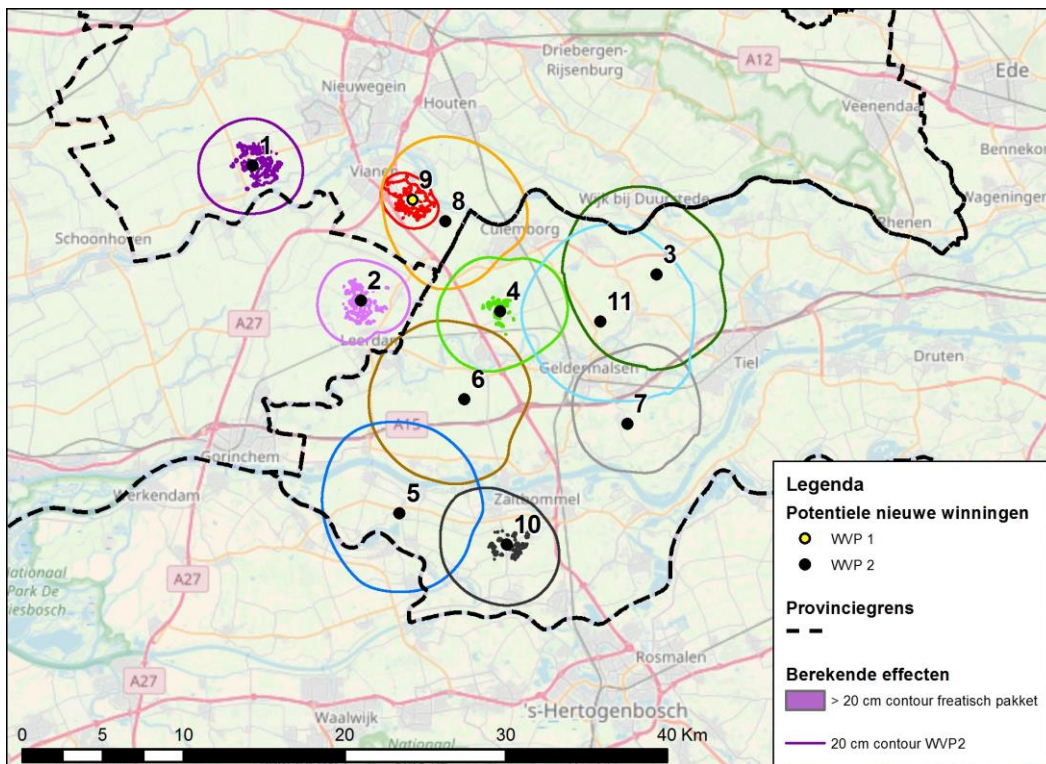
4.1 Potentiële nieuwe individuele winningen (verkenninglocaties)

Als eerste stap zijn 11 mogelijke winningslocaties (verkenninglocaties) doorgerekend met het verbeterde geohydrologische model. De locaties zijn verdeeld over het interessegebied waarbij globaal rekening is gehouden met de ligging van bestaande natuurgebieden, bestaande winningen en infrastructuur. De gekozen locaties zijn geprikt om een eerste indicatie te krijgen van mogelijke effecten en een indruk in het systeemgedrag. Van de 11 locaties zijn er negen locaties onder de Waalreklei1 geprojecteerd; één locatie (nummer 9, langs de Lek) is boven de Waalreklei1 geprojecteerd. Dit kan als een oeverwinning worden gezien. Alle winningen zijn doorgerekend met een gemiddeld jaardebiet van 7 miljoen m³. De winningen zijn los van elkaar doorgerekend op een modelgrid van 25 * 25 meter.

De effecten van de winningen zijn samengevat voor alle doorgerekende winningen voor de 5 cm contour (Figuur 4-1) en de 20 cm-contour (Figuur 4-2). Per figuur is zowel het effect weergegeven in de freatische laag als in het watervoerend pakket onder de Waalreklei.



Figuur 4-1 Berekende 5 cm contour in het watervoerend pakket onder de Waalre klei en het freatisch pakket (watervoerende pakket is buitenste lijn) voor 11 apart doorgerekende locaties.



Figuur 4-2 Berekende 20 cm contour in het watervoerend pakket onder de Waalre klei en het freatisch pakket (watervoerende pakket is buitenste lijn) voor 11 apart doorgerekende locaties.

De grootte in effecten verschilt per winningslocatie. De mate van uitstraling wordt vooral bepaald door de kD-waarde van het pakket waaruit onttrokken wordt; een grotere kD-waarde geeft meer uitstraling. Het effect van winning 9 is beperkt omdat hier minder diep wordt onttrokken en er meer dempende werking is van de Lek. Het effect naar de freatische laag wordt vooral bepaald door de weerstandsbiedende werking van de Waalreklei; een grotere weerstand van de kleilaag geeft minder freatisch effect. Dit is apart in beeld gebracht door het effect op de freatische grondwaterstand te plotten op de figuur met de weerstandswaarde van de Waalreklei (**Error! Reference source not found.**). Alleen locaties met een winning waar de weerstand van de Waalreklei kleiner is dan 2500 dagen heeft een effect van meer dan 20 cm in het bovenliggende freatische pakket.

4.2 Onderlinge beïnvloeding verkenningslocaties

De verkenningslocaties zijn in deze studie samengesteld tot scenario's die uit meerdere verkenningslocaties bestaan. Als de verkenningslocaties dicht bij elkaar liggen zullen er mogelijk cumulatieve effecten optreden. Dat wil zeggen dat de totale effecten in grondwaterstandsaling groter zijn dan de losse effecten. Vooraf is dit beoordeeld en als volgt ingedeeld:

0. Verkenningslocaties liggen ver van elkaar vandaan, er zijn waarschijnlijk geen cumulatieve effecten.
1. Verkenningslocaties kunnen elkaar mogelijk beïnvloeden. De 5cm verlagingscontour in het tweede watervoerende pakket overlapt elkaar. Dit kan voor een klein of groter gedeelte het geval zijn.
2. Verkenningslocaties zullen elkaar beïnvloeden. De 20 verlagingscontour in het tweede watervoerende pakket overlapt elkaar en/of de freatische effecten in grondwaterstand (5 cm) raken elkaar.
3. Verkenningslocaties hebben grote invloed op elkaar. De freatische effecten in grondwaterstand (5 cm) overlappen elkaar.

Het resultaat van de analyse is gepresenteerd in Tabel 4-1. Uit deze tabel kan afgeleid worden welke verkenningslocaties elkaar beïnvloeden en welke locaties dus het best met elkaar gecombineerd kunnen worden. De winningen aan de rand van het zoekgebied zoals nummer 1 en 10 beïnvloeden elkaar logischerwijs het minst; de winning in het centrum nummer 4 en 6 hebben veel beïnvloeding. Locatie 8 heeft de meeste onderlinge beïnvloeding. In deze tabel is geen rekening gehouden met de ligging van bestaande grondwaterwinningen. De volgende paragraaf gaat daar nader op in.

Tabel 4-1 Mate van onderlinge beïnvloeding van de verkenningslocaties (voor uitleg: paragraaf 4-2.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totaal
1		1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5
2	1		2	1	1	1	0	2	1	0	0	9
3	0	2		1	0	1	2	1	0	0	2	9
4	0	1	1		1	2	1	2	0	0	2	10
5	0	1	0	1		2	1	0	0	2	0	7
6	0	1	1	2	2		1	1	0	1	1	10
7	0	0	2	1	1	1		0	0	1	1	7
8	1	2	1	2	0	1	0		3	0	1	11
9	1	1	0	0	0	0	0	3		0	1	6
10	1	0	0	0	2	1	1	0	0		0	5
11	1	0	2	2	0	1	1	1	1	0		9

4.3 Grensoverschrijdende effecten

Deze studie heeft tot doel om te onderzoeken hoeveel grondwater in principe beschikbaar is. De provincies Utrecht en Zuid Holland kennen een vergelijkbaar proces en hebben in hun omgevingsvisies al gebieden gereserveerd voor de drinkwaterwinning. Mogelijke nieuwe waterwinningen nabij de grens van de drie provincies moeten op elkaar worden afgestemd:

- De locaties 1, 8 en 9 zijn binnen Utrecht geprojecteerd.
- De locatie 2 is binnen Zuid-Holland geprojecteerd.
- De locaties 3 en (in mindere mate) 11 hebben een verlagend effect in stijghoogte (meer dan 5 cm) tot binnen de provincie Utrecht.
- De locatie 6 geeft een verlagend effect in stijghoogte (meer dan 5 cm) tot binnen de provincie Zuid-Holland. Het betreft echter een heel klein gebied.

Conclusie is dat de voor de overige verkenninglocaties in de provincie Gelderland (4, 5, 6, 7 en 10) geen effecten tot buiten de provinciegrens zijn te verwachten.

4.4 Definitie van de scenario's

Na het uitvoeren van de berekeningen voor de 11 potentiële individuele winningen (verkenninglocaties) zijn zes situaties in beeld gebracht die het cumulatieve effect in beeld brengen van een combinatie aan nieuwe winningen. In alle scenario's zijn de bestaande winningen (inclusief Schalkwijk) opgenomen, omdat deze deel uitmaken van de huidige situatie. Alleen het effect van de nieuwe winningen is in beeld gebracht. Het cumulatieve effect van de bestaande winningen is eerder beschreven in paragraaf 3.3, inclusief een figuur met de ligging van de bestaande winputten.

De scenario's zijn samengesteld als kansrijke combinatie, waarbij rekening is gehouden met de ligging van bestaande natuurgebieden, bestaande winningen, infrastructuur en de freatische effecten. Het eerste scenario is vastgesteld met de leden van de projectgroep tijdens het overleg van 28 maart 2018. Na het doorrekenen van dit scenario en het presenteren van de tussenresultaten zijn de scenario's 2 tot en met 5 gedefinieerd in overleg met de projectgroep. De vijf scenario's zijn:

1. De verkenninglocaties 3, 5, 6, 7, 8 en 9 met elk een debiet van 7 Mm³/jaar (in totaal 42 Mm³/jaar). Dit waren alle vooraf gedefinieerde kansrijke verkenninglocaties.
2. Dit scenario is voorzichter ingestoken met een accent op winningen in het westen. De verkenninglocaties 3, 8, 11 onttrekken uit het tweede watervoerende pakket en de verkenninglocaties nummer 5 (5 miljoen m³/jr) en nummer 9 (7 miljoen m³/jr) onttrekken uit het eerste watervoerende pakket. Winning 5 is toegevoegd om ook een winning in de Bommelerwaard te hebben. Winning uit een dieper (derde) watervoerende pakket valt af, vanwege het risico op aantrekken van zout grondwater.
3. Dit scenario lijkt op scenario 3, maar heeft een accent met winningen in het zuidelijk deel van het zoekgebied. De verkenninglocaties 3, 8, 11 onttrekken uit het tweede watervoerende pakket en de verkenninglocaties 6 en 7 onttrekken uit het eerste watervoerende pakket (7 miljoen m³/jr), vergelijkbaar met de nabij gelegen bestaande drinkwaterwinning Kolff.
4. Dit scenario onttrekt de helft van debiet van scenario 1. De locaties zijn bijna gelijk aan elkaar, alleen locatie 9 is door locatie 4 en 11 vervangen. Locatie 4 en 11 zijn zo zuidelijk mogelijk gepositioneerd waarbij het tweede watervoerende pakket nog voldoende dik is om voldoende water te leveren. De verkenninglocaties 3, 4, 8, 11 onttrekken uit het tweede watervoerende pakket en de verkenninglocaties 6 en 7 onttrekken uit het eerste watervoerende pakket. Het onttrekkingsdebiet is voor elke winning gehalveerd tot 3,5 miljoen m³/jr).
5. Dit scenario is gelijk aan scenario 4 plus twee extra winningen in de provincie Utrecht en Zuid-Holland. De verkenninglocaties 1 en 2 zijn in dit gebied geprojecteerd, maar deze winningen hebben een groot effect aan maaiveld. Daarom zijn twee nieuwe verkenninglocaties (12 en 13) geprikt op

plekken waar de Waalreklei1 dikker is en dus meer weerstand zal hebben. Locatie 12 is als alternatief van locatie 2 gedefinieerd en ligt verder oostelijk. Locatie 13 is een alternatief van verkenninglocatie 1, maar komt erg dicht in de buurt van de huidige winning Lopik. Deze winning zou dus eventueel ook uitgebreid kunnen worden. Samengevat bestaat dit scenario uit de verkenninglocaties 3, 8, 11, 12 en 13 in het tweede watervoerende pakket en de verkenninglocaties 6 en 7 in het eerste watervoerende pakket allen met een debiet van 7 miljoen m³/jr. Van alle scenario's heeft dit scenario het grootste totale debiet.

Tabel 4-2 Samenvatting van de scenario's van het doorgerekende windebiet per winlocatie in miljoen m³/jaar. Winningen uit het eerste watervoerende pakket zijn in rood en uit tweede watervoerende pakket in blauw vermeld.

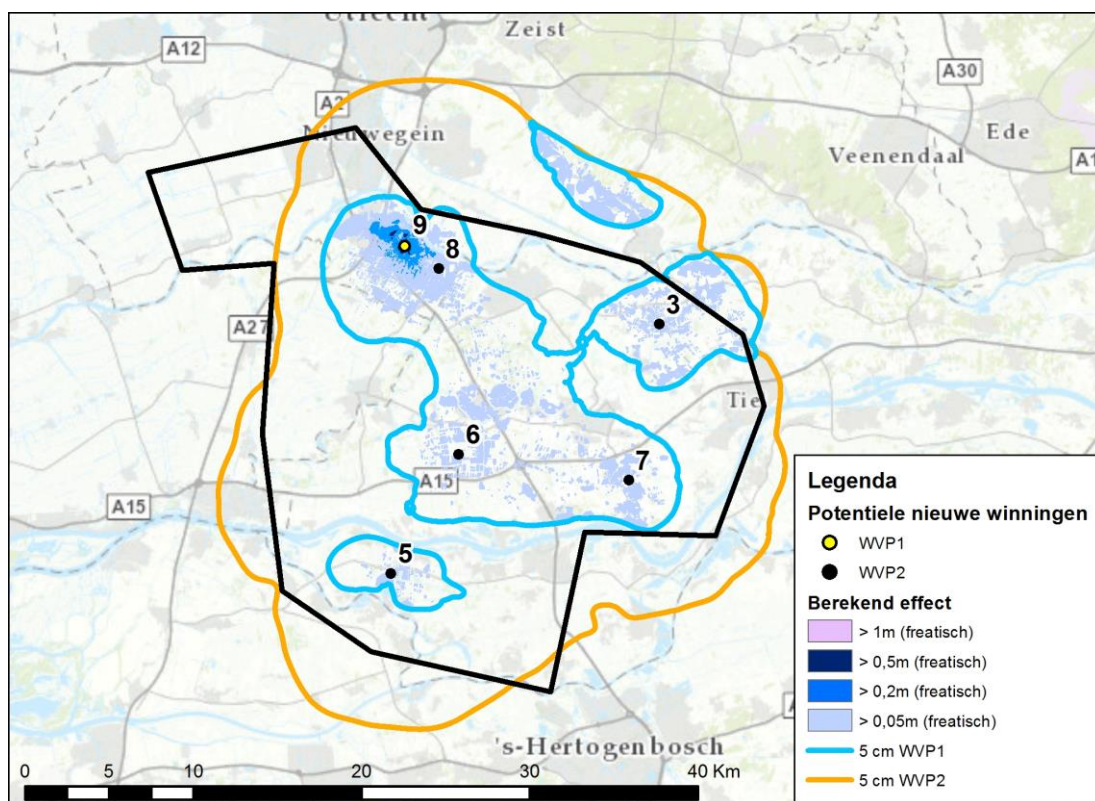
# Scenario	Nummer van de verkenninglocatie													Huidig	Totaal
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1			7		7	7	7	7	7						42
2			7		5			7	7		7				33
3			7			7	7	7			7				35
4			3,5	3,5		3,5	3,5	3,5			3,5				21
5			7			7	7	7			7	7	7		49

4.5 Geohydrologische effecten van de scenario's

De effecten van de scenario's zijn samengevat voor de gebieden met minimaal 5 cm en 20 cm verlaging in het freatische pakket. Daarnaast zijn de 5-cm contouren weergegeven voor het eerste en tweede watervoerende pakket.

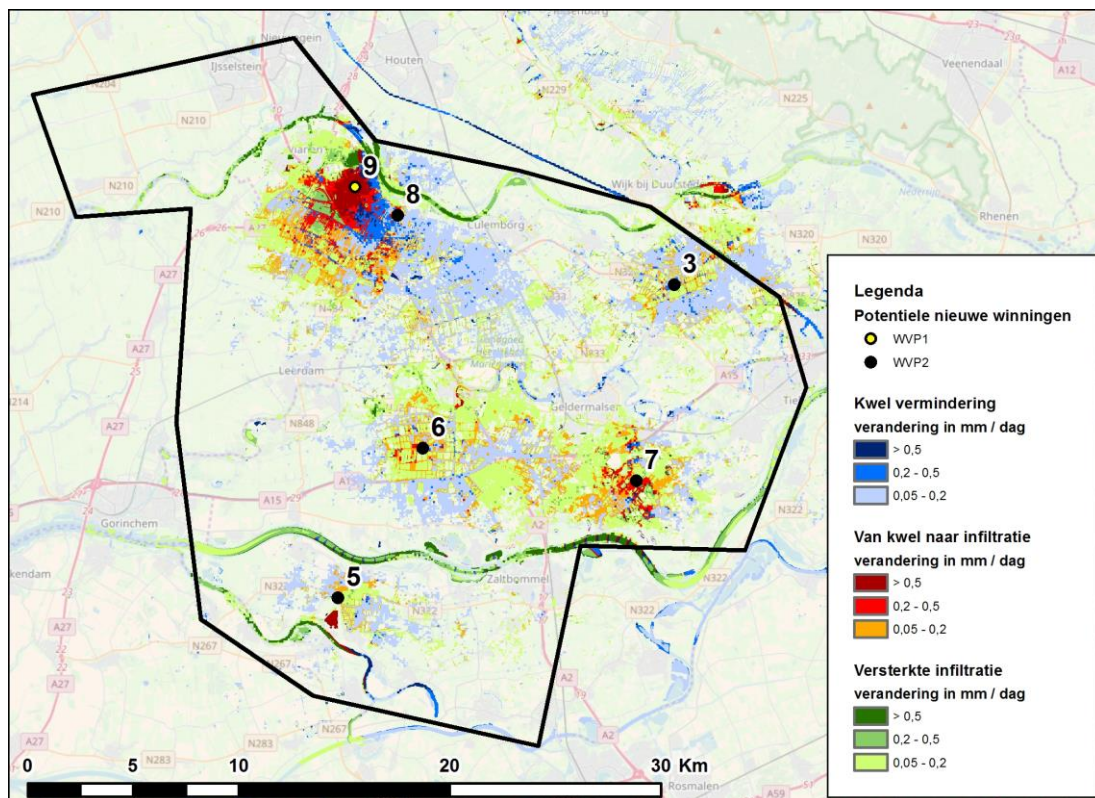
Scenario 1

In Figuur 4-3 is te zien dat het effect van de zeven winningen in het bepompde pakket zich uitstrekt in een ruime cirkel van ongeveer 10 km om de winningen heen. De 5 cm-contour in het bepompde pakket (Figuur 4-3) is groter dan de losse contouren bij elkaar, zoals gepresenteerd aan het begin van dit hoofdstuk (Figuur 4-1). Het effect in het eerste watervoerende pakket is kleiner, en het freatische effect is nog kleiner. De verlaging in grondwaterstand is het grootst bij verkenninglocatie 9 waar alleen heel lokaal de grondwaterstand met meer dan 50 cm daalt. Tussen Houten en Wijk bij Duurstede (langs de Kromme Rijn) is een gebied waar een groter effect dan 5 cm optreedt in het eerste watervoerende en freatische pakket. Dit heeft te maken met de geohydrologische karakteristieken van het gebied. De Waalre klei 1 is in dit gebied dunner.



Figuur 4-3

Berekende verandering stijghoogte en grondwaterstand in drie watervoerende pakketten ten gevolge van onttrekken van elk 7 miljoen m³/jaar in de verkenninglocaties 3, 5, 6, 7, 8 en 9.

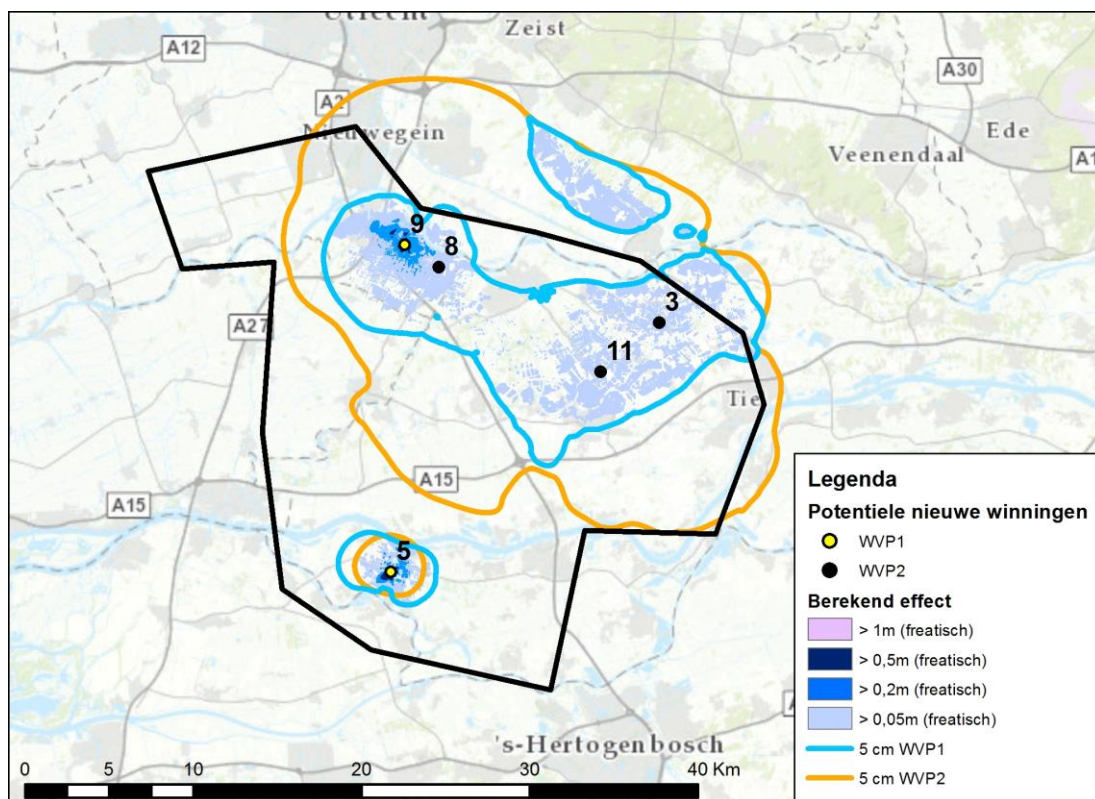


Figuur 4-4 Berekende verandering in kwel en infiltratie ten gevolge van onttrekken van elk 7 miljoen m³/jaar in de verkenningslocaties 3, 5, 6, 7, 8 en 9.

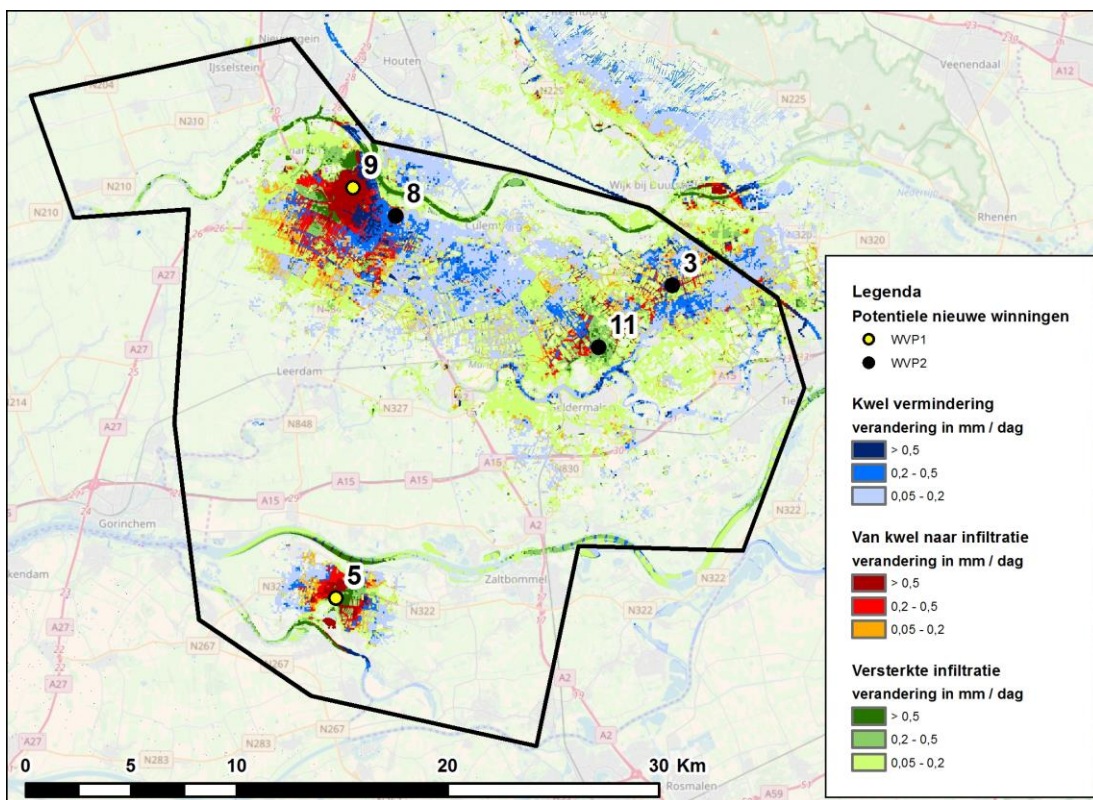
Rond de locatie 9 slaat de huidige kwel om in infiltratie. Voor de nabij gelegen locatie 8 neemt de kwel af, maar blijft er nog wel kwel over. Bij locatie 7 kwam beperkt kwel voor en dit verandert in infiltratie.

Scenario 2

In scenario 2 is ten opzichte van scenario 1 de winning 11 toegevoegd. De winningen 6 en 7 zijn komen te vervallen. De verkenningslocaties 5 en 9 onttrekken uit het eerste watervoerende pakket. Rond deze twee locaties kan de grondwaterstand heel lokaal dalen tot meer dan 50 cm. Bij de andere drie locaties blijft de daling beperkt tot minder dan 20 cm. De effecten in grondwaterstandsverlaging zijn daarom kleiner in het zuidelijk deel van het gebied, maar wat groter in noordoostelijke richting (Figuur 4-5).



Figuur 4-5 Berekende verandering stijghoogte en grondwaterstand in drie watervoerende pakketten ten gevolge van onttrekken van 7 miljoen m³/jaar in de verkenningslocaties 3, 8, 9 en 11 en 5 miljoen m³/jr uit verkenningslocatie 5.

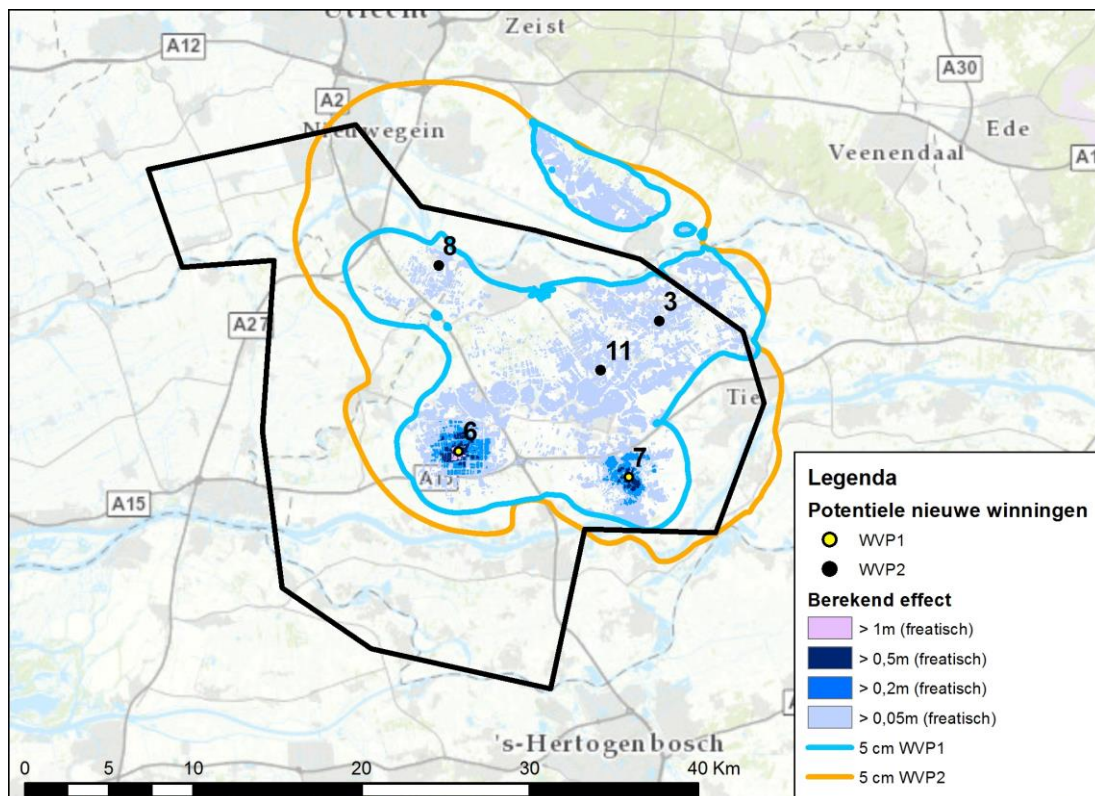


Figuur 4-6: Berekende verandering in kwel en infiltratie ten gevolge van onttrekken van 7 miljoen m³/jaar in de verkenningslocaties 3, 8, 9 en 11 en 5 miljoen m³/jr uit verkenningslocatie 5.

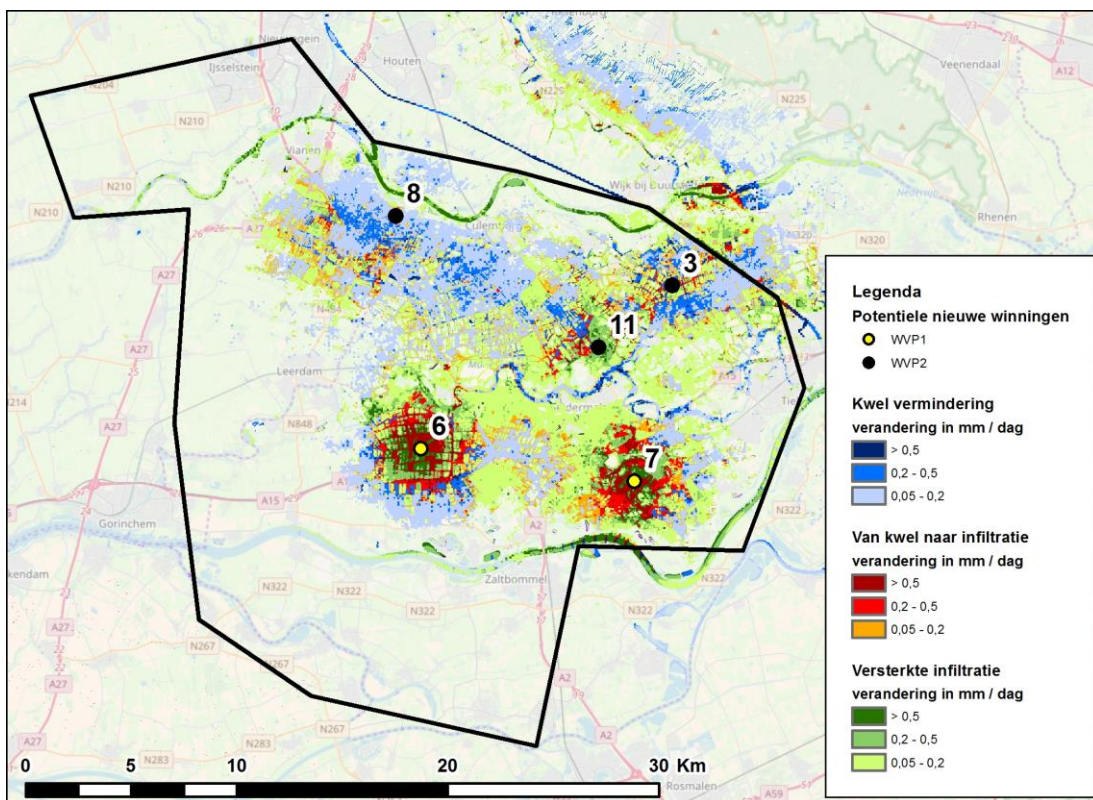
Rond de locatie 9 slaat de huidige kwel om in infiltratie. Voor de nabij gelegen locatie 8 neemt de kwel af, maar blijft er nog wel kwel over. Bij locatie 5 kwam beperkt kwel voor en dit verandert in infiltratie.

Scenario 3

In scenario 3 is ten opzichte van scenario 1 (maximaal) de winning 11 toegevoegd. De winningen 5 en 9 zijn komen te vervallen. De winlocaties 6 en 7 (in het zuiden) onttrekken uit het eerste watervoerende pakket. Daarom zijn de effecten in daling in grondwaterstand hier relatief groot, met lokaal dalen van de grondwaterstand van meer dan 1 meter bij locatie 6 en meer dan 50 cm bij locatie 7 (Figuur 4-7). Dit is een duidelijk groter effect in vergelijking met onttrekking van verkenninglocaties 6 en 7 uit het tweede watervoerende pakket (zie Figuur 4-3).



Figuur 4-7 Berekende verandering stijghoogte en grondwaterstand in drie watervoerende pakketten ten gevolge van onttrekken van 7 miljoen m³/jaar in de verkenninglocaties 3, 6, 7, 8, en 11.

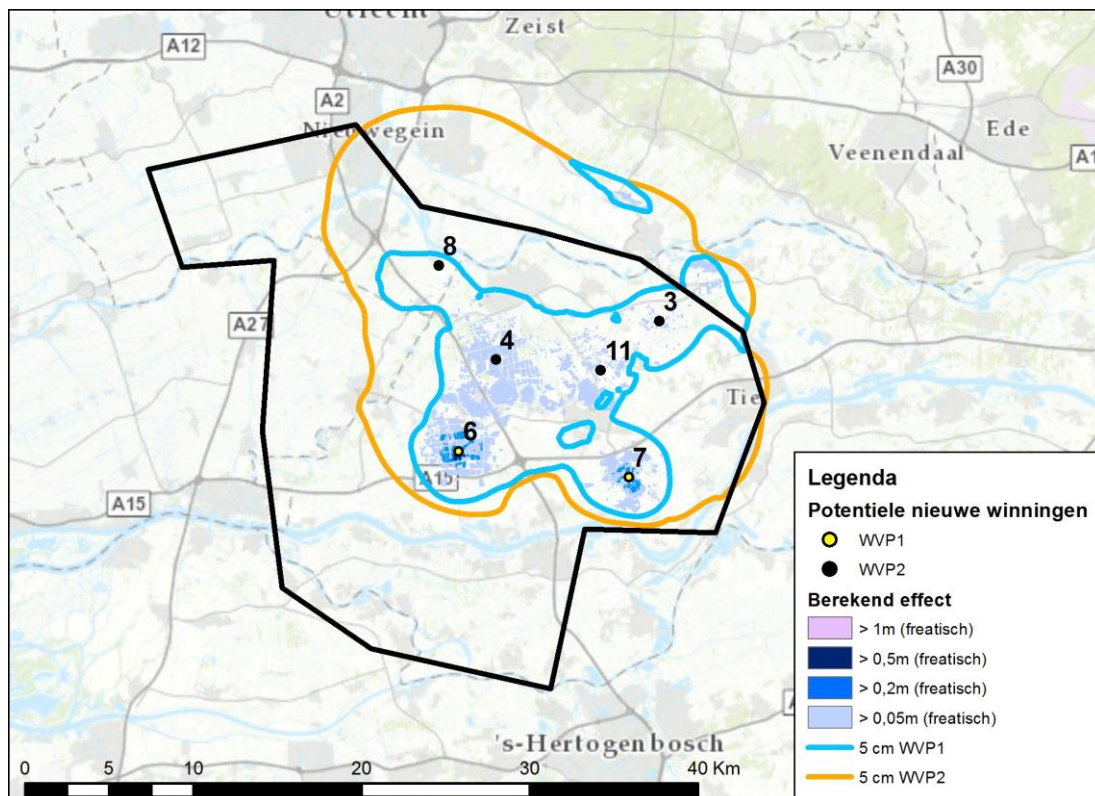


Figuur 4-8 Berekende verandering in kwel en infiltratie ten gevolge van onttrekken van 7 miljoen m³/jaar in de verkenninglocaties 3, 6, 7, 8, en 11.

Rond de verkenninglocaties 6 en 7 slaat de huidige (beperkte) kwel om in infiltratie (Figuur 4-8). Het effect is hier groot omdat grondwater uit het eerste watervoerende pakket wordt gewonnen. Dit heeft een veel grotere invloed om de kwel/infiltratie in vergelijking met onttrekking van grondwater uit het tweede watervoerende pakket (zie Figuur 4-4).

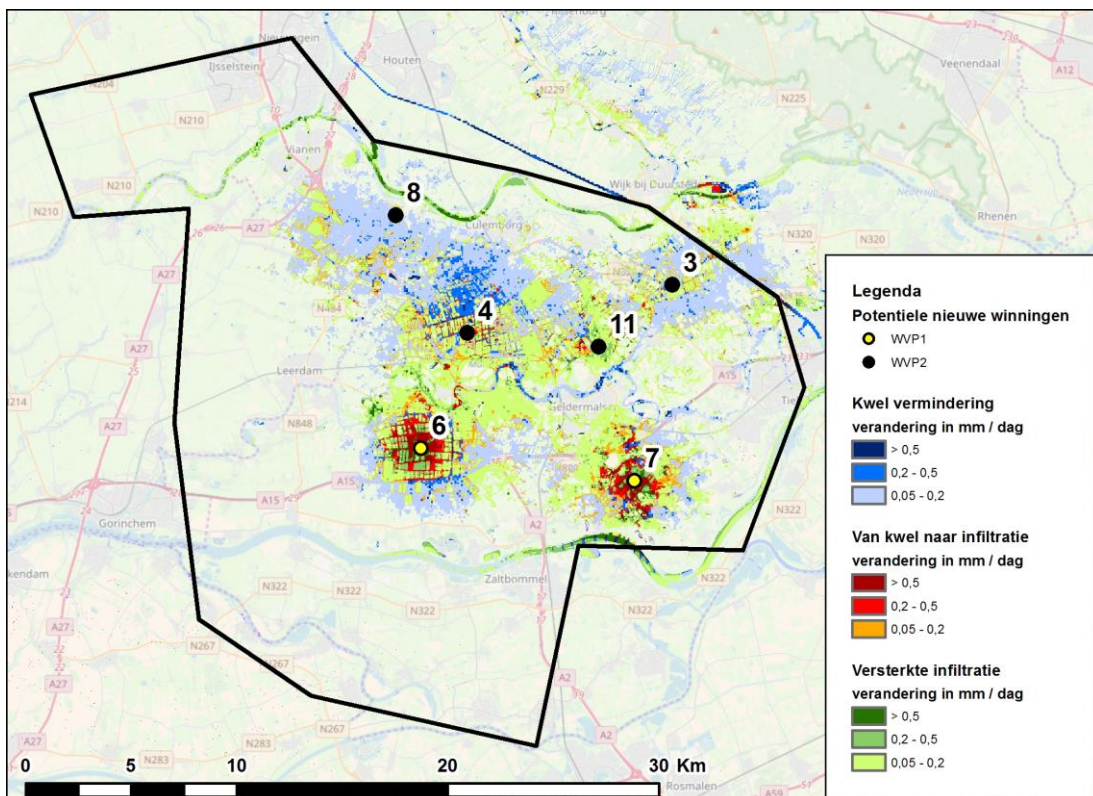
Scenario 4

In scenario 4 wordt de helft van het grondwater onttrokken in vergelijking met scenario 1 (maximaal). De effecten in grondwaterstanddaling zijn daarom beperkt (Figuur 4-9) ten opzichte van het maximale scenario (Figuur 4-3). In de verkenninglocaties 6 en 7 wordt uit het eerste watervoerende pakket onttrokken. Ondanks het beperkte debiet van 3,5 miljoen m³/jr per locatie is er toch een aanzienlijke grondwaterstanddaling. Lokaal rond verkenninglocatie 6 is de daling in grondwaterstand meer dan 50 cm; rond locatie 7 blijft de verlaging onder de 50 cm.



Figuur 4-9

Berekende effect in de drie watervoerende pakketten ten gevolge van onttrekken van elk 3,5 miljoen m³/jaar in de verkenninglocaties 3, 4, 6, 7, 8 en 11.

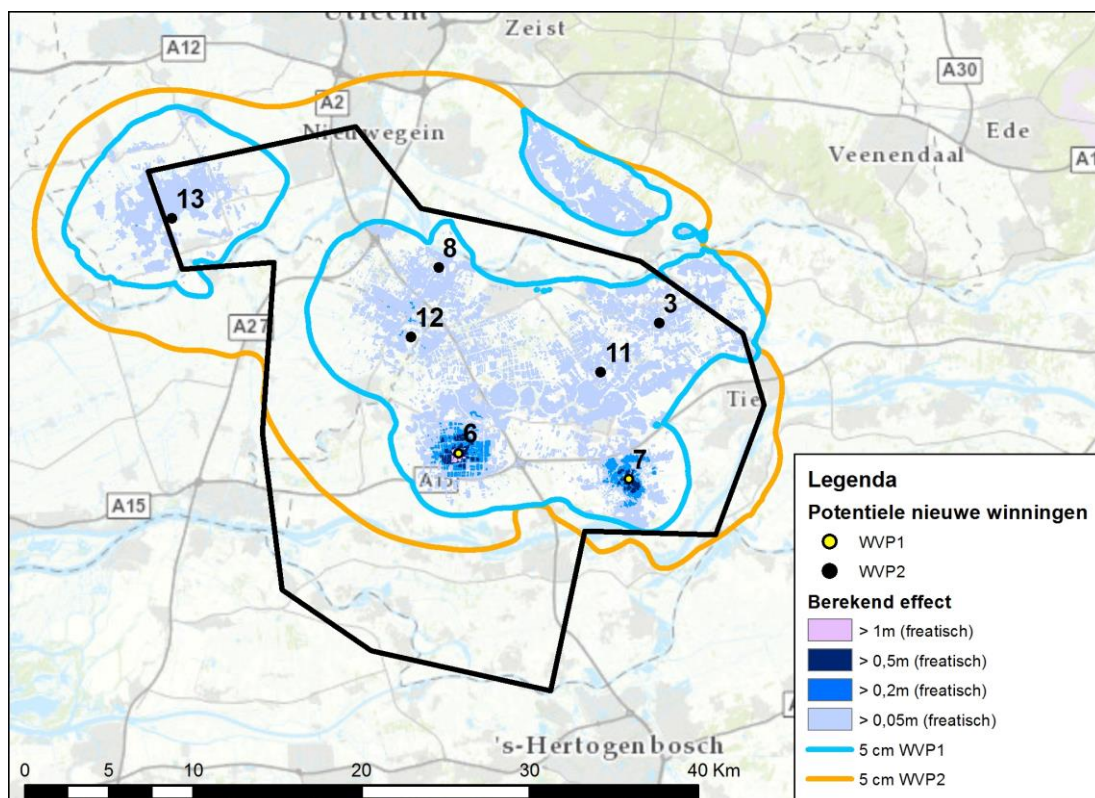


Figuur 4-10 Berekende verandering in kwel en infiltratie ten gevolge van onttrekken van elk 3,5 miljoen m³/jaar in de verkenninglocaties 3, 4, 6, 7, 8 en 11.

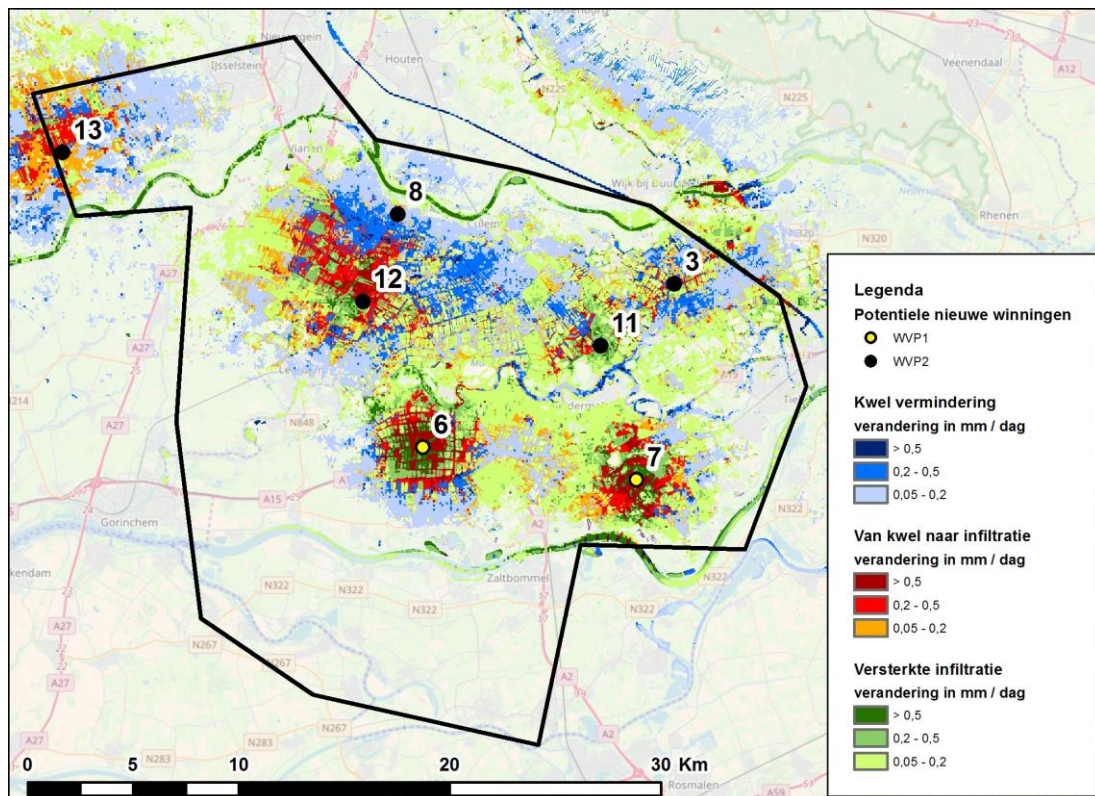
Rond de verkenninglocaties 6 en 7 slaat de huidige (beperkte) kwel om in infiltratie (Figuur 4-11). Het effect is wel minder groot in vergelijking met scenario 3 (Figuur 4-8) omdat de onttrekkingshoeveelheid gehalveerd is.

Scenario 5

Scenario 5 heeft twee nieuwe verkenninglocaties in de provincies Zuid-Holland (locatie 12) en Utrecht (locatie 13). Er wordt 7 miljoen m³/jr onttrokken per winningslocatie, dus in totaal 49 miljoen m³/jr. De locaties 6 en 7 zijn in het eerste watervoerende pakket gelegen. De daling in grondwaterstand is hier relatief groot, met lokaal dalingen van de grondwaterstand van meer dan 1 meter bij locatie 6 en meer dan 50 cm bij locatie 7 (Figuur 4-11). De daling in grondwaterstand rond de overige vier winningen blijft (vrijwel overall) beperkt tot minder dan 20 cm maar strekt zich wel uit over een groot gebied.



Figuur 4-11 Berekende effect in de drie watervoerende pakketten ten gevolge van onttrekken van 7 miljoen m³/jaar in de verkenninglocaties 3, 6, 7, 8, 11, 12 en 13.



Figuur 4-12 Berekende effect in de drie watervoerende pakketten ten gevolge van onttrekken van 7 miljoen m³/jaar in de verkenningslocaties 3, 6, 7, 8, 11, 12 en 13.

Rond de verkenningslocaties 6, 7, 12 en 13 slaat de huidige (beperkte) kwel om in infiltratie (Figuur 4-12). Het effect is hier groot omdat grondwater uit het eerste watervoerende pakket wordt gewonnen. Dit heeft een veel grotere invloed om de kwel/infiltratie in vergelijking met onttrekking van grondwater uit het tweede watervoerende pakket (zie Figuur 4-4).

5 Effecten voor functies

5.1 Criteria

De effecten op natuur, landbouw, de Betuweroute, dijken en zetting zijn in beeld gebracht voor de zes doorgerekende scenario's. In Tabel 5-1 zijn de criteria samengevat.

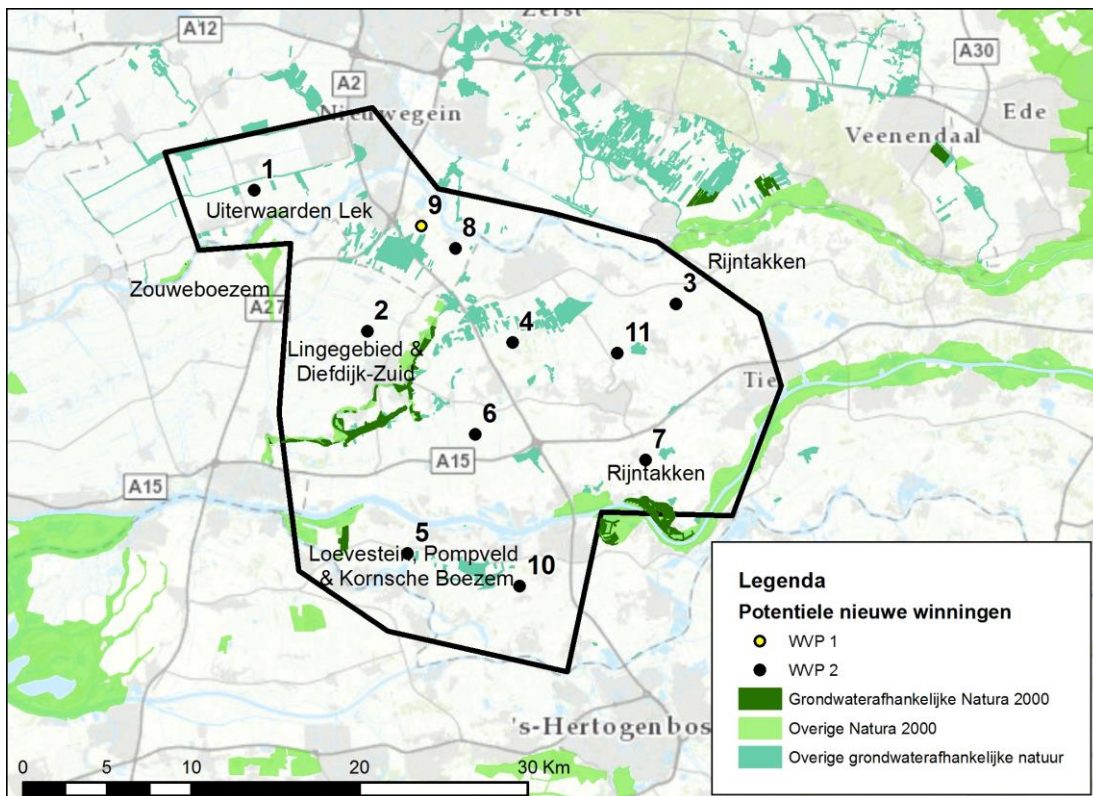
Tabel 5-1 Beoordelingskader van de effecten.

Categorie	Criterium	Gebruikte databron
Aantal ha beïnvloed N-2000 gebied.	> 1 cm	Provinciaal natuurbeheerplan met selectie van grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen.
Aantal ha overig natuurgebied, grondwaterafhankelijk.	> 5 cm	Provinciaal natuurbeheerplan met selectie van grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen.
Aantal ha kwetsbare landbouwteelten binnen grondwatertrap V en V*.	> 5 cm	Basisregistratie Gewaspercelen (BRP), opgave 2016 (situatie 15 mei 2016).
Aantal ha landbouw binnen grondwatertrap V en V*.		De analyse voor de grondwatertrap V en V* is alleen uitgevoerd voor het Gelders deel van het studiegebied op basis van de GT kaart van Gelderland.
Meter Betuweroute beïnvloed.	> 5 cm	Ligging uit topografische kaart.
Meter dijk beïnvloed.	> 5 cm	Ligging uit topografische kaart.
Aantal ha met zettingsfactor hoog (combinatie van daling grondwaterstand en zettingsgevoeligheid).	> 2,5	Landelijke kaart van de zetting die optreedt bij de ophoging met 1 meter zand (Deltares).

Natuur

Het effect op natuur is apart weergegeven voor de N-2000 gebieden en de overige grondwaterafhankelijke natuur. Alleen de grondwaterafhankelijke N-2000 gebieden zijn geselecteerd voor de effectanalyse in dit rapport. Voor N-2000 gebieden geldt een strenger criterium van 1 cm grondwaterstandsval. De locaties van de N-2000 gebieden zijn ontleend aan de provinciale natuurbeheerplannen. De vier N-2000 gebieden binnen het aandachtsgebied zijn: (1) Uiterwaarden Lek, (2) Rijntakken, (3) Lingegebied & Diefdijk-Zuid, (4) Loevestein, Pompveld en Kornsche Boezem.

Voor de overige grondwaterafhankelijke natuur geldt een criterium van 5 cm grondwaterstandsval. De selectie van natuurgebieden is gebaseerd op de provinciale natuurbeheerplannen van Utrecht en Gelderland. De begrenzing van de overige natuur in Utrecht is aangepast voor de buitendijkse gronden. Deze zijn als niet grondwaterafhankelijk gedefinieerd.



Figuur 5-1 Ligging van de grondwaterafhankelijke natuurgebieden met de namen van de N-2000 gebieden.

Landbouw

De analyse voor de effecten voor landbouwgebied zijn uitgevoerd voor twee gebieden:

- Alle landbouw binnen grondwatertrap V en V*.
- Kwetsbare teelten binnen grondwatertrap V en V*.

Een grondwatertrap geeft de fluctuatie van de grondwaterstand aan de hand van de gemiddeld hoogste grondwaterstand in de winter en de gemiddeld laagste grondwaterstand in de zomer (Tabel 5-2). De effecten op landbouw worden alleen beschouwd binnen grondwatertrap V en V*, omdat deze grondwatertrap het meest gevoelig is voor veranderingen in grondwaterstand. Grondwatertrap V* is de drogere variant van de grondwatertrap V met een diepere GHG. De grondwatertrappen I tot en met IV zijn van nature voldoende nat en zullen weinig schade ondervinden bij een grondwaterstands daling. Bij de grondwatertrappen VI en VII zit het grondwater al zo diep dat een extra daling ook weinig invloed op de landbouw heeft. Deze grondwatertrappen komen bovendien in het Rivierengebied nauwelijks voor.

Tabel 5-2 Indeling in grondwatertrappen.

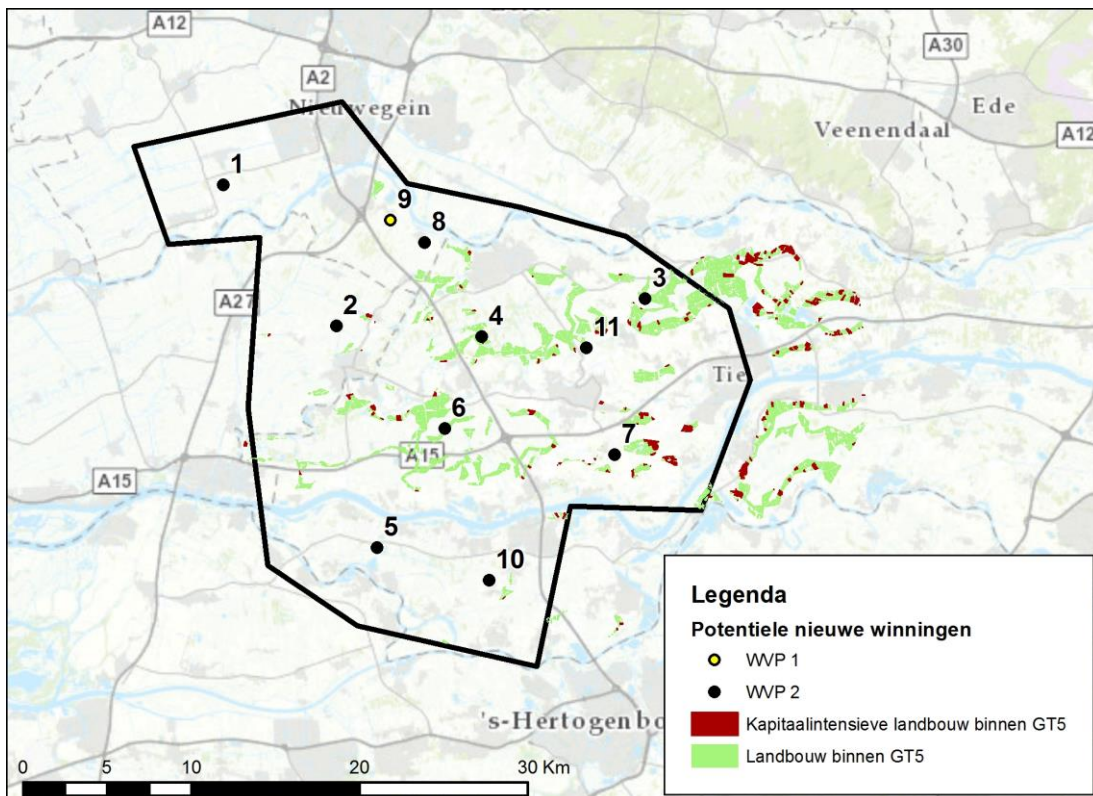
Grondwatertrap	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (cm onder maaiveld)	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (cm onder maaiveld)
I	<20	<50
II	<40	50-80
II*	25-40	50-80
III	<40	80-120
III*	25-40	80-120
IV	>40	80-120
V	<40	>120
V*	25-40	>120
VI	40-80	>120
VII	>80	-
VIII	>140	-

De analyse voor de grondwatertrap V is alleen uitgevoerd voor het Gelders deel van het studiegebied. Reden is dat er voor Gelderland een actuele grondwatertrappenkaart aanwezig is en dat op basis van de landelijke kaart deze grondwatertrap vooral in het Gelderse deel voor lijkt te komen. Deze grondwatertrap is gerelateerd aan de hoger gelegen stroomruggen in het gebied. Voor de andere provincies was niet een actuele grondwatertrappenkaart beschikbaar.

Voor de selectie van landbouwgebieden is gebruik gemaakt van de Basisregistratie Gewaspercelen (BRP), waarin agrariërs jaarlijks gedetailleerd per jaar hun teelt opgeven. Er is gebruik gemaakt van de kaart met de landbouwopgave van 15 mei 2016. De fruitteelt, boomteelt en bloemteelt zijn als kapitaalintensief gedefinieerd. Tabel 5-3 vermeldt welke specifieke teelten hier binnen vallen op basis van teelten gespecificeerd in de BRP.

Tabel 5-3 Kapitaalintensieve teelten

Bloemen	Boomteelt	Fruit
Bloemzaden open grond.	Buxus, open grond.	Aardbeien open grond, productie.
Chrysant, overige bloemkwekerijgewassen.	Kerstbomen.	Appelen.
Iris, overige bloemkwekerijgewassen.	Laanbomen/parkbomen.	Rode bessen.
Lupinen, niet bittere.	Notenbomen.	Bramen.
Overige bloemen, bloembollen en – knollen, overige bloemkwekerijgewassen.	Sierconiferen, Sierheesters en klimplanten open grond.	Frambozen.
Rozenstruiken open grond.	Trek- en besheesters, open grond.	Kersen, zoet.
Vaste planten, open grond.	Vruchtbomen, open grond.	Overig klein fruit (zoals kruisbessen, kiwi's).
Zonnebloemen.		Peren.
		Pruimen.
		Wijndruiven.

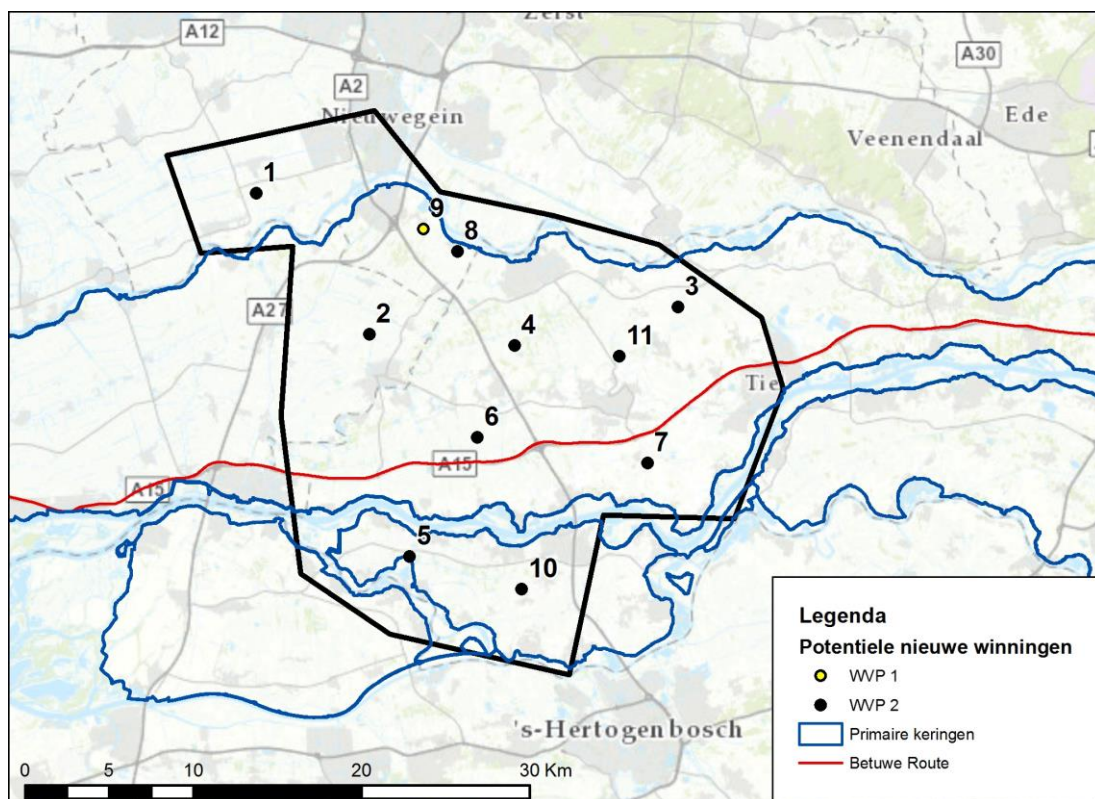


Figuur 5-2 Ligging van de (kapitaalintensieve) landbouwgebieden binnen grondwatertrap V en V*.

Het aandeel kapitaalintensieve teelten binnen grondwatertrap V en V* neemt maar een klein aandeel in (414 ha) ten opzichte van het totaal areaal landbouw binnen grondwatertrap V en V* (6207 ha). De meest voorkomende kapitaalintensieve teelten zijn fruitbomen, peren en appels.

Betuweroute

De Betuweroute (ook vaak de Betuwelijn genoemd) is een goederenspoorlijn die vanaf 2007 de Maasvlakte bij Rotterdam verbindt met Duitsland (Figuur 5-3). De ligging van de spoorlijn is ontleend aan de topografische kaart. De spoorlijn mag geen extra zettingen ondergaan. Pas bij 5 cm grondwaterstands daling zijn eventueel zettingen te verwachten. Daarom is dit criterium aangehouden in de beoordeling. Per meter Betuweroute is beoordeeld of de grondwaterstand het 5 cm criterium overschrijdt.



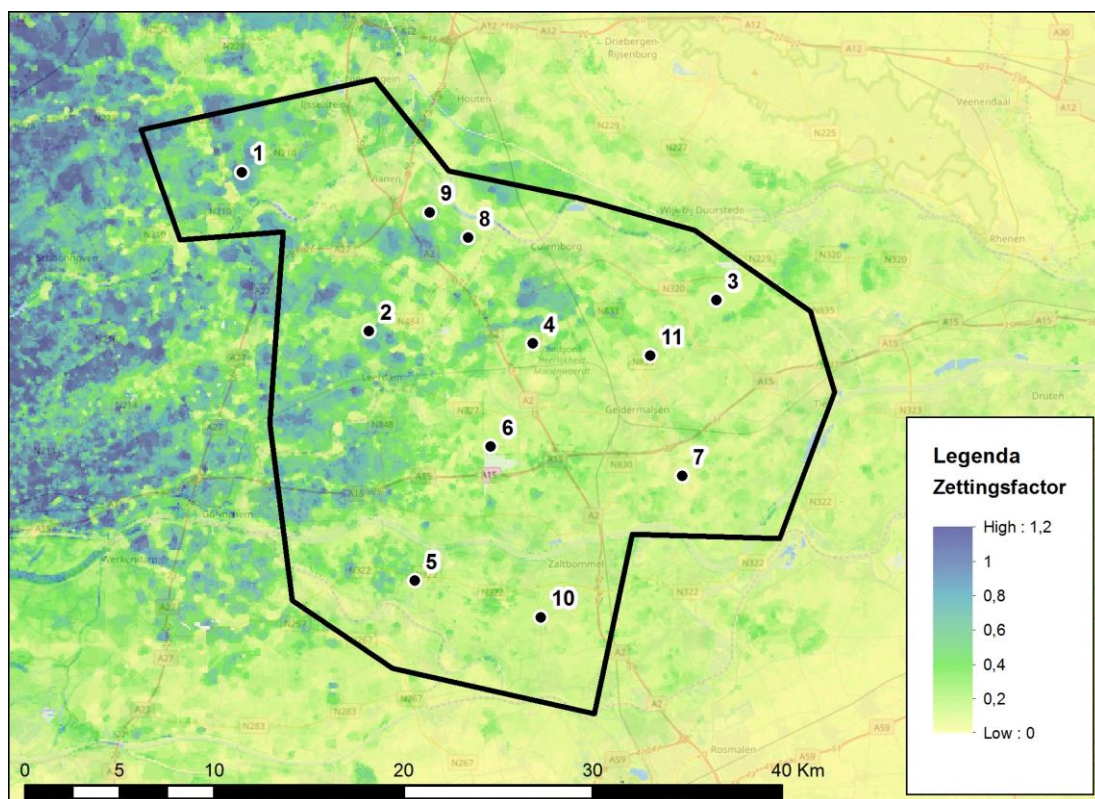
Figuur 5-3 Ligging van Betuweroute en primaire keringen.

Dijken

Een primaire waterkering is de dijk die beschermt tegen het buitenwater, zoals vastgelegd in de Waterwet. Het gaat dus om de dijken langs de grote rivieren. De ligging van de dijken langs de Lek, Waal en Maas is gepresenteerd in Figuur 5-3. De regionale keringen, bijvoorbeeld de dijk langs de Linge, zijn niet in de analyse meegenomen. Per meter dijk is beoordeeld of de grondwaterstand met meer dan 5 cm daalt.

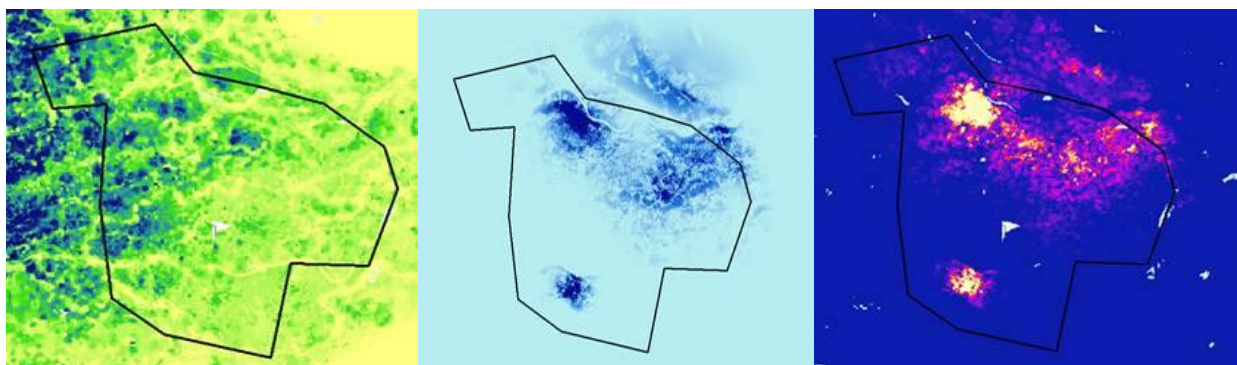
Regionale zetting

Zettingen kunnen verspreid over het gebied schade geven aan gebouwen. Voor dit criterium is gebiedsdekkend in beeld gebracht wat het risico is op zetting. Voor het risico op zetting is gebruik gemaakt van een landelijke kaart opgesteld door Deltares (Figuur 5-4). In deze kaart wordt weergegeven hoeveel de bodem zakt na het opbrengen van 1 meter zand. Dit kan niet kwantitatief vertaald worden in de mate van zetting die zou optreden bij een verlaging van 1 meter in grondwaterstand. De kaart geeft wel een indruk van de zettingsgevoeligheid van de grond; naar het westen wordt de grond slapper en is er meer risico op zetting. De kaart wordt daarom gebruikt als een indicator voor de zettingsgevoeligheid.



Figuur 5-4 Zettingsgevoeligheid van de ondergrond gebaseerd op het aanbrengen van een bovenbelasting met 1 meter zand (Bron: Deltares).

Voor elk scenario is de zettingsfactor vermenigvuldigd met de berekende grondwaterstanddaling. Bijvoorbeeld een daling van 10 cm in grondwaterstand met een zettingsfactor van 0,5 geeft een zettingsscore van 5 cm. De zettingsscores zijn vervolgens ingedeeld in Hoog (> 2,5cm), Matig (1 – 2,5 cm) en Laag (< 1 cm). Het oppervlak met de score 'Hoog' is in de effectanalyse opgenomen. De werkwijze is geïllustreerd met een voorbeeld in Figuur 5-5.



Figuur 5-5 Berekening van de zettingsscore: Gevoeligheid voor zetting (links) wordt vermenigvuldigd met daling in grondwaterstand (midden) en geeft een zettingsscore (rechts). Globaal zijn de geel oplichtende gebieden geclassificeerd met zettingsscore 'Hoog'. Midden in het gebied zit een gat in de kaart waar informatie over zettingsgevoeligheid ontbreekt.

5.2 Berekende effecten

De berekende verlagingen in grondwaterstand zoals gepresenteerd in paragraaf 4.3 zijn gecombineerd met de criteria voor gebruiksfuncties (paragraaf 5.1). Het resultaat wordt gepresenteerd in Tabel 5-4. De kleur geeft per categorie (rij in de tabel) is een maat voor het beïnvloede oppervlak. De kleuren moeten dus horizontaal geïnterpreteerd worden.

Tabel 5-4 *Oppervlak beïnvloed gebied (ha) ten gevolge van onttrekkingsscenario's 1 tot en met 5 op natuur, landbouw en infrastructuur.*

Categorie	Criterium	Scenario 1 (42 miljoen m ³ /jr)	Scenario 2 (33 miljoen m ³ /jr)	Scenario 3 (35 miljoen m ³ /jr)	Scenario 4 (21 miljoen m ³ /jr)	Scenario 5 (49 miljoen m ³ /jr)
Aantal ha beïnvloed grondwaterafhankelijk N-2000 gebied	> 1 cm	306	58	252	179	328
Aantal ha beïnvloed overig N-2000 gebied	> 1 cm	1320	845	1059	551	1306
Aantal ha overig natuurgebied, grondwaterafhankelijk	> 5 cm	472	539	264	105	685
Aantal ha landbouw binnen grondwatertrap V en V*	> 5 cm	864	876	1425	755	1716
Aantal ha kapitaal-intensieve landbouw binnen grondwatertrap V en V*	> 5 cm	1	9	13	1	15
Meter Betuweroute beïnvloed	> 5 cm	448	0	2488	29	2612
Meter dijk beïnvloed	> 5 cm	18677	20014	10153	1106	11601
Aantal ha met hoge zettingsfactor	> 2,5 cm	1708	2069	1481	602	5867

Van alle scenario's geeft scenario 5 de meeste effecten. In dit scenario wordt ook het meeste water onttrokken (49 miljoen m³/jr). Binnen dit scenario zijn de effecten op dijken relatief gering omdat er minder grondwater in de directe nabijheid van de Lek wordt gewonnen. Scenario 4 heeft logischerwijs de minste effecten, maar heeft relatief veel effect op het grondwaterafhankelijke N-2000 gebied Lingegebied en Diefdijk-Zuid.

Afgezien van het feit dat scenario 4 de minste effecten heeft en scenario 5 het meeste effect heeft, kan het volgende worden geconcludeerd per functie:

- Voor de grondwaterafhankelijke N-2000 natuur heeft scenario 2 de minste effecten. De winningen blijven uit de buurt van het N-2000 gebied Lingegebied en Diefdijk-Zuid. Voor het overige N-2000 gebied is er wel meer effect, maar dit is minder relevant.
- Voor de overige grondwaterafhankelijke natuur heeft scenario 4 de minste effecten. Deze natuur ligt vooral in het noordwestelijk deel van het interessegebied. Scenario 2 heeft hier relatief veel effect door het onttrekken van grondwater in dit deel van het interessegebied (verkenninglocaties 8 en 9).
- Voor landbouw is het aandeel kapitaalintensieve teelten gering. Dit is een weinig onderscheidend criterium. Wanneer naar het totale landbouwgebied binnen grondwatertrap V en V* wordt gekeken, dan geeft scenario 3 relatief veel effecten. Dit komt omdat de verkenninglocaties 3, 6 en 11 in het gebied liggen met stroomruggen met de gevoelige grondwatertrap V en V*.
- De meeste effecten voor de Betuweroute zijn te verwachten bij scenario 3 en 5. Dit wordt vooral veroorzaakt door het winnen van grondwater uit het eerste watervoerende pakket uit verkenninglocatie 6. In scenario 1 wordt ook grondwater uit locatie 6 gewonnen, maar hier zijn de effecten gedempt omdat de onttrekking uit het tweede watervoerende pakket plaats vindt.
- Voor de dijken treden de meeste effecten op de scenario's 1 en 2. Dit wordt vooral veroorzaakt door het winnen van grondwater uit het eerste watervoerende pakket uit verkenninglocatie 9. De effecten treden dus vooral op langs de Lek.
- Wat betreft zettingen springt scenario 5 er uit. Behalve dat er veel grondwater wordt onttrokken, ligt de verkenninglocatie 13 in een zettingsgevoelig gebied. Het effect op zetting wordt wat onderschat voor de scenario's met verkenninglocatie 6. Hier zit een gat van ongeveer 170 ha in de zettingsgevoeligheidskaart. Dit is overwegend agrarisch gebied en wat dat betreft minder gevoelig voor zetting. Dat maakt het gat weer wat minder relevant.

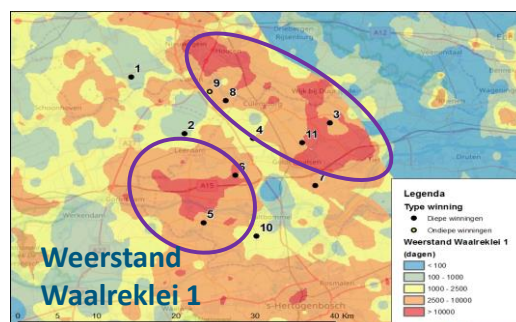
6 Samenvattende conclusies

De provincie Gelderland is op zoek naar maximaal 40 miljoen m³/jaar extra te winnen grondwater. Daarvoor onderzoekt zij in de gehele provincie hoeveel water beschikbaar is. De provincies Utrecht en Zuid-Holland kennen een vergelijkbaar proces en hebben in hun omgevingsvisies al gebieden gereserveerd voor de drinkwaterwinning. Mogelijke nieuwe waterwinningen nabij de grens van de drie provincies moeten op elkaar worden afgestemd. Eventuele cumulatieve effecten moeten hierbij in beeld komen. Het beste is om gezamenlijk te bepalen wat de draagkracht is van het grondwatersysteem in het grensgebied van de drie provincies. Daarom is, in samenwerking met de provincies Utrecht en Zuid-Holland, in deze studie verkend wat de effecten zijn van het onttrekken van grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening op nieuwe locaties in het rivierengebied. Er is gebruik gemaakt van een verbeterde versie van het MORIA grondwatermodel. Voor de diepere lagen is hierbij gebruik gemaakt van de meest recente kennis uit REGIS II.2.

Kansrijke (11) locaties

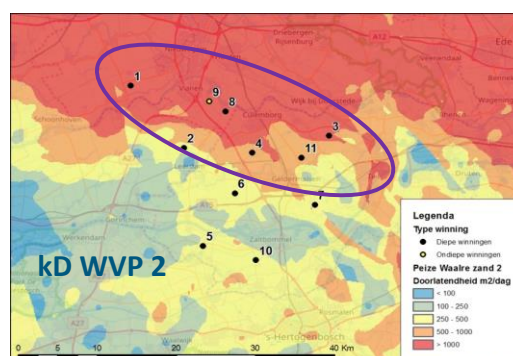
Als eerste stap zijn 11 locaties verkend voor het onttrekken van grondwater. Geschikte locaties worden bepaald door zowel geohydrologische als omgevingsrandvoorwaarden. De 11 locaties zijn op voorhand zo gekozen dat deze op enige afstand liggen van bestaande winningen en kwetsbare functies zoals stedelijk gebied, natuur, primaire dijken en de Betuweroute. Om de winningen met elkaar te kunnen vergelijken is gerekend met een standaard onttrekkingsdebiet van 7 miljoen m³/jaar.

Uit de eerste verkenning komt naar voren dat de locaties 8 en 11 het meest kansrijk zijn. Deze locaties liggen in het noordelijk deel van het interessegebied op enige afstand van de Lek. De Waalreklei is hier relatief dik en beperkt de effecten in daling aan grondwaterstand aan maaiveld. De effecten bij de gekozen onttrekkingsomvang zijn altijd kleiner dan 20 cm. Bij locatie 4 wordt de Waalreklei dunner en is er iets meer daling van de grondwaterstand.



3,

Naar het zuiden toe neemt de dikte van het tweede watervoerende pakket af. Technisch gezien wordt het dan lastig om voldoende water uit dat pakket te kunnen winnen. Winnen uit het onderliggende derde watervoerende pakket is een risico, omdat dan mogelijk zout water aangetrokken gaat worden. In deze zone is daarom gekeken naar de mogelijkheden om water te onttrekken uit het eerste watervoerende pakket (verkenningslocaties 5, 6 en 7). Dit wordt op dit moment gedaan in de bestaande winningen Kolff en Velddriel. De effecten in grondwaterstandsverlaging en afname in kwel zijn wel groter in vergelijking met onttrekking uit het tweede watervoerende pakket. Voor deze winningen moet daarom minder grondwater onttrokken worden om vergelijkbare effecten in grondwaterstands dalingen te krijgen in vergelijking met de winningen 3, 4, 8 en 11. Voor de winningen 5, 6 en 7 is een maximum debiet van 3,5 miljoen m³/jr meer realistisch.

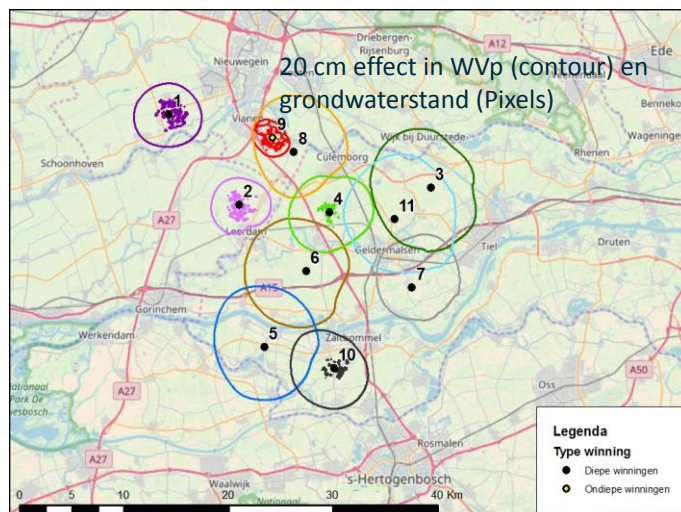


al

Er is beperkt gekeken naar de mogelijkheden om water uit het eerste watervoerende pakket te winnen langs de grote rivieren. Dit is een keuze vooraf geweest van de projectgroep, omdat er een voorkeur is voor onttrekken onder de Waalreklei. Door de provincie Zuid-Holland / Oasen is de verkenningslocatie 9

aangedragen die grondwater onttrekt langs de Lek uit het eerste watervoerende pakket. Nadeel van deze locatie is dat het dicht in de buurt ligt van andere bestaande drinkwateronttrekkingen. Maar omdat deze winning veel water uit de Lek aantrekt is het effect op grondwaterstanden relatief beperkt.

De locaties 1, 2 en 10 hebben relatief een grote daling in grondwaterstand tot gevolg en zijn daarom als minder kansrijk gedefinieerd en niet verder opgenomen in scenario berekeningen. De winningen 5, 6, 7 en 9 geven een duidelijke omslag van de huidige kwel in infiltratie aan maaiveld. De verkenninglocaties 3, 4 en 11 liggen in een overwegend infiltratiegebied waar de infiltratie verder zal toenemen. De verkenninglocatie 8 ligt in een kwelgebied, waar de kwel zal afnemen met grondwaterwinning.



De onderlinge beïnvloeding van winningen is beoordeeld, zowel onderling tussen de verkenninglocaties als de (cumulatieve) beïnvloeding door bestaande drinkwaterwinningen. De locaties 5, 7 en 10 liggen wat dat betreft het meest gunstig.

Tot slot is gekeken naar de effecten van de verkenninglocaties tot buiten de provinciegrens van de provincie Gelderland. Voor de locaties 4, 5, 6, 7 en 10 zijn deze effecten nihil.

Bovenstaande analyse is samengevat in **Error! Reference source not found.** Tabel 6-1 De locaties 3 en 11, beide in het noordoostelijk deel van het zoekgebied gelegen, komen als meest gunstig naar voren. Alle andere locaties hebben minimaal één en vaak meer nadelen. Maar de nadelen lijken niet onoverkomelijk te zijn.

Tabel 6-1 Samenvatting van effecten per verkenninglocatie.

Nr	Winning onder (WVP2) of boven (WVP1) de Waalreklei	Freatische effecten	Omslag kwel naar infiltratie?	Cumulatief effect met bestaande winning?	Onderlinge beïnvloeding van verkenninglocaties	Effecten buiten de provincie Gelderland
1	Onder	Veel	Niet berekend	Veel	Weinig	In Utrecht
2	Onder	Veel	Niet berekend	Matig	Matig	In ZH
3	Onder	Weinig	Nee	Weinig	Matig	Beperkt
4	Onder	Veel	Nee	Matig	Veel	Geen
5	Boven	Veel	Ja	Weinig	Weinig	Geen
6	Boven	Veel	Ja	Matig	Veel	Beperkt
7	Boven	Veel	Ja	Weinig	Weinig	Geen
8	Onder	Weinig	Nee	Veel	Veel	In Utrecht
9	Boven	Weinig	Ja	Veel	Weinig	In Utrecht
10	Boven	Veel	Niet berekend	Weinig	Weinig	Geen
11	Onder	Weinig	Nee	Weinig	Matig	Beperkt

Scenario's

In een tweede stap zijn vijf scenario's samengesteld die elk bestaan uit vijf tot zeven verkenninglocaties. Het windebiet (in totaal van 21 tot 49 miljoen m³/jaar) en de diepte van onttrekken verschilt per scenario. De scenario's geven een beeld van de cumulatieve effecten in verandering van de grondwaterstand. In het scenario met de minste grondwateronttrekking (21 miljoen m³/jaar) zijn de effecten beperkt en de dalingen in grondwaterstand alleen lokaal groter dan 20 cm. Maar ook de andere scenario's met meer onttrekking geven perspectief voor het verder uitwerken van opties voor het onttrekken van meer grondwater in het rivierengebied. In het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied kan minder grondwater worden onttrokken vanwege te grote dalingen in grondwaterstand; in het noordwestelijk gedeelte is er meer risico op zetting en beïnvloeding van al bestaande winningen. Dit wetende zou een realistische combinatie van winningen er als volgt uit kunnen zien:

- In totaal 14 miljoen m³/jaar onttrekking uit de locaties 3 en 11 uit het tweede watervoerende pakket met elk 7 miljoen m³/jr.
- In totaal 10 miljoen m³/jaar onttrekking uit de locaties 4 en 8 uit het tweede watervoerende pakket met elk 5 miljoen m³/jr.
- In totaal miljoen 10,5 m³/jaar onttrekking uit de locaties 5, 6 en 7 uit het eerste watervoerende pakket met elk 3,5 miljoen m³/jr.

Met dit scenario (34,5 miljoen m³/jr) zou bijna de gehele toekomstige behoefte van de provincie Gelderland gedekt kunnen worden.

Kritische gebruiksfuncties zijn het N-2000 gebied "Lingegebied en Diefduik-Zuid", de fruitboomteelt in de Betuwe, de primaire waterkeringen langs de grote rivieren, de Betuweroute en het westelijk deel van het interessegebied dat zettingsgevoelig is. Wanneer winningen uit de buurt van deze locaties blijven, kunnen de effecten beperkt worden. Er is gezocht naar mogelijkheden voor nieuwe winningen in het grensgebied van de drie provincies. De mogelijkheden worden beperkt in dit gebied door zettingsgevoeligheid van het gebied, de ondiepe ligging van het zoet-zout grensvlak en de locatie van al bestaande of geplande winningen (zoals Blokland).

Aanbevelingen voor vervolg

Op basis van de bevindingen in dit rapport kunnen de meest geschikte locaties in meer detail worden bepaald. De effecten voor functies zijn op hoofdlijnen bepaald in deze studie. Er moet in meer detail gekeken worden wat daadwerkelijk de meest kritische criteria zijn voor de diverse gebruiksfuncties.

Bij de definitieve keuze in locaties moet rekening worden gehouden met geohydrologische onzekerheden. De dikte van de Waalreklei, de transmissiviteit van de watervoerende pakketten en de diepteligging van het zoet-zout grensvlak is onzeker. Voortschrijdend inzicht verwerkt in de diverse versies van REGIS laten zien, dat dit een groot effect heeft op modeluitkomsten. Door het uitvoeren van veldonderzoek, zoals pompproeven, kan deze onzekerheid later verkleind worden.

Er is nog geen analyse gemaakt van mitigerende maatregelen zoals wateraanvoer of een ander peilbeheer. Dit kan de effecten van waterwinning doen verminderen. In een vervolg kan hier nader naar gekeken worden.

Literatuur

Royal HaskoningDHV, 2016. Lagenmodel MORIA. Nieuw lagenmodel voor het MORIA modelinstrumentarium gebaseerd op REGIS en Geotop. Rapportnr WATBE1595101100R001F01. 5 oktober 2016.

Tauw, 2017. Aanvullend onderzoek behoeftedekking drinkwater provincie Utrecht. 27 juni 2017.