Rapport

Projectnummer: 360522
Referentienummer: SWNL0235842
Datum: 06-12-2018

Actualisatie SIMGRO model Drentsche Aa

Inpassing REGIS-v2.2

Definitief

Opdrachtgever: Provincie Drenthe
T.a.v. de heer R. van Veen
Postbus 1122
9400 AC ASSEN

Sweco
Rozenburglaan 11
9727 DL Groningen
Postbus 7057
9701 JB Groningen

T +31 88 811 66 00
www.sweco.nl

Sweco Nederland B.V.
Groningen
Handelsregister 30129769
Statutair gevestigd te De Bilt

Sandra Schunselaar
ir.
T +31 88 811 47 19
M +31 6 12 99 12 61

Verantwoording

Titel	Actualisatie Simgro model Drentsche Aa
Subtitel	Inpassing REGIS v2.2
Projectnummer	360522
Referentienummer	SWNL0235842
Revisie	01
Datum	06-12-2018
Auteur(s)	Pim Dik, Erik Querner, Sandra Schunselaar
E-mailadres	sandra.schunselaar@sweco.nl
Gecontroleerd door	Sandra Schunselaar
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	Yska de Leeuw
Paraaf goedgekeurd	

Inhoudsopgave

1 Inleiding 5
1.1 Aanleiding 5
1.2 Doelstelling 5
1.3 Leeswijzer 6
2 Vergelijking lagenmodel SIMGRO met REGIS 7
2.1 Inleiding 7
2.2 SIMGRO model Drentsche Aa 7
2.2.1 Modelgebied 7
2.3 REGIS v2.2 10
2.4 REGIS v2.1 11
2.5 Controle keileemkaart TNO in REGIS v2.2 12
2.6 Conclusies vergelijking SIMGRO en REGIS versies 14
3 Bouw lagenmodel 16
3.1 Methode 16
3.2 Mapping modellagen 17
3.3 Vervanging keileemweerstand 19
3.4 Anisotropie 19
3.5 Resultaat lagenmodel 19
4 Implementatie lagenmodel in SIMGRO 20
4.1 Omzetten REGIS-bestanden 20
4.2 Inpassing modelinvoer in nieuwe lagenmodel 20
4.3 Bergingscoëfficiënt 20
4.4 Schijnspiegels 21
4.5 Randvoorwaarden 23
4.6 Berekeningen SIMGRO voor 19 lagen 24
5 Validatie SIMGRO-toepassing Noordwest Drentse Beken 25
5.1 Inleiding 25
5.2 Verificatie afvoeren 25
5.3 Verificatie grondwaterstanden 26
5.3.1 Algemeen 26
5.3.2 Validatieset 26
5.3.3 Gemeten versus berekende stijghoogten 27
5.4 Scenario beregening 28

6 Conclusies 29
6.1 Inpassing REGIS v2.2 29
6.2 Berekende effecten beregening 29
6.3 Aanbevelingen 29
7 Literatuur 31
Bijlage 1 - Modelschematisatie SIMGRO 2005
Bijlage 2: Weerstanden slecht doorlatende lagen REGIS v2.2
Bijlage 3. Verschilkaarten weerstand Peeloklei
Bijlage 4. Toelichting keileemkaart in REGIS v2.2
Bijlage 5 Mapping modellagen REGIS v2.2 Drentsche Aa
Bijlage 6 REGIS v2.2 lagenmodel dwarsdoorsneden Drentsche Aa
Bijlage 7 Keileemkaarten TNO2013 en REGIS v2.2
Bijlage 8. Modelparameters 19 lagenmodel Drentsche Aa
Bijlage 9 Verschil modellen in afvoer bij Witte Molen
Bijlage 10 Verschil modellen afvoer Schipborg
Bijlage 11 Verschillen berekende freatische grondwaterstanden 2 modellen
Bijlage 12 Validatieset peilbuizen plus RMSE
Bijlage 13 Peilbuizen met een RMSE < 0,2 m beide modellen
Bijlage 14 Effecten scenario beregening beide modellen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2005 heeft Querner e.a. een SIMGRO model gebouwd voor de Noordwest Drentsche Beken). Kort daarna is dit model aangepast om ook schijngrondwaterstanden mee te kunnen berekenen (Querner e.a., 2006). Dit model is in 2015 en 2016 aangepast om de jaren tot 2013 te kunnen doorrekenen. Ook zijn inmiddels de keileem kaart, alle grondwaterwinningen en de buisdrainage in het model geactualiseerd. Bovendien is anisotropie toegevoegd (Querner, 2018). Recent is met dit model, in opdracht van Waterschap Hunze en Aa's, het effect van beregening op omliggende natuur middels verschillende scenario's in beeld gebracht.

De provincie Drenthe wil bovengenoemde model nu toepassen bij de uitwerking van de N2000 externe werking voor met name drainage (en eventueel ook beregening) als onderdeel van het Interreg VB project Tospoil. Daarbij wordt het effect van drainage niet alleen getoetst aan de bestaande situatie maar wordt ook rekening gehouden met het effect van klimaatverandering (uitgaande van het meest extreme W(h) scenario).

Ingevolge artikel 19d van de Natuurbeschermingswet is het verboden zonder vergunning projecten of andere handelingen te realiseren die de kwaliteit van de natuurlijke habitats en de habitats van soorten in een Natura 2000-gebied kunnen verslechteren of een significant verstorend effect kunnen hebben. De aanleg van drainage (en beregening) zijn 'projecten' die significante effecten kunnen hebben. De provincie Drenthe heeft samen met LTO-Noord en natuur- en milieuorganisaties daarom afspraken gemaakt over drainage en beregeningsputten in en rondom Natura 2000-gebieden in Drenthe. Onderdeel van de afspraak is een invulling voor de lange termijn waar de landbouw en natuur beter van worden. Per Natura 2000 gebied wordt een door de landbouw en natuur gedragen verbeterpakket ontwikkeld en uitgevoerd om de hydrologische toestand van het Natura 2000 gebied verder te verbeteren in samenhang met het realiseren van goede omstandigheden voor landbouwkundig gebruik. Onderdeel van het verbeterpakket is een nader te bepalen overgangszone met algemene regels voor drainage en beregening, zodat vergunningsprocedures in de toekomst niet meer nodig zijn.

Het bestaande Simgro model is echter vrij grof geschematiseerd in 7 modellagen, waarbij met name de bovenste slecht doorlatende- en zandlagen zijn samengevoegd. Voor het modelleren van de effecten van ondiepe buisdrainage is dit minder geschikt. Bovendien is sinds de bouw van het model meer kennis beschikbaar gekomen over de ondergrond onder de Drentsche Aa. Het in het model ingevoerde REGIS v2.0 is gedateerd; recent is REGIS v2.2 beschikbaar gekomen.

Aan Querner Consult en SWECO is daarom gevraagd om het model verder te actualiseren en tevens te detailleren.

1.2 Doelstelling

Het doel van dit project is het actualiseren en verfijnen van het lagenmodel van de Noordwest Drentsche Beken op basis van de nieuwe geohydrologische inzichten. Het aangepaste model dient geschikt te zijn om in een later stadium de hydrologische effecten

van drainage (en beregening) op het N2000 gebied Drentsche Aa in beeld te brengen, in het kader van N2000 externe werking.

1.3 Leeswijzer

De volgende stappen zijn uitgevoerd:

- H2: Vergelijken Simgro lagenmodel met REGIS v2.1 (versie in MIPWA v3) en REGIS v2.2;
- H3: Bouwen nieuw lagenmodel op basis van REGIS v2.2;
- H4: Implementeren nieuwe lagenmodel in Simgro;
- H5: Valideren resulterende model.

In het kader van het Interreg project wordt niet alleen het model verder geoptimaliseerd. Ook is, in opdracht van de provincie Drenthe voor het Topsoil project, met een helikopter van het Deense bedrijf SkyTEM de ondergrond nader in beeld gebracht. Vanuit een frame dat onder de helikopter hangt zijn elektromagnetische metingen gedaan, waarmee de ondergrond tot circa 100 meter diepte in kaart kan worden gebracht. De resultaten van deze metingen waren nog niet beschikbaar tijdens het uitvoeren van het onderhavige project. Zodra deze beschikbaar komen, wordt nog een vergelijking gemaakt met de modelschematisatie, om te beoordelen of deze nog actueel is.

2 Vergelijking lagenmodel SIMGRO met REGIS

2.1 Inleiding

Voor de vergelijking zijn een aantal punten van belang:

1. het huidige SIMGRO model is gebaseerd op REGIS v2.0;
2. in MIPWA v3.0 is reeds een lagenmodel opgenomen op basis van REGIS v2.1. Hierin is al de keileemkaart van TNO (2013) verwerkt;
3. inmiddels is alweer een nieuwe REGIS v2.2 opgeleverd door TNO.

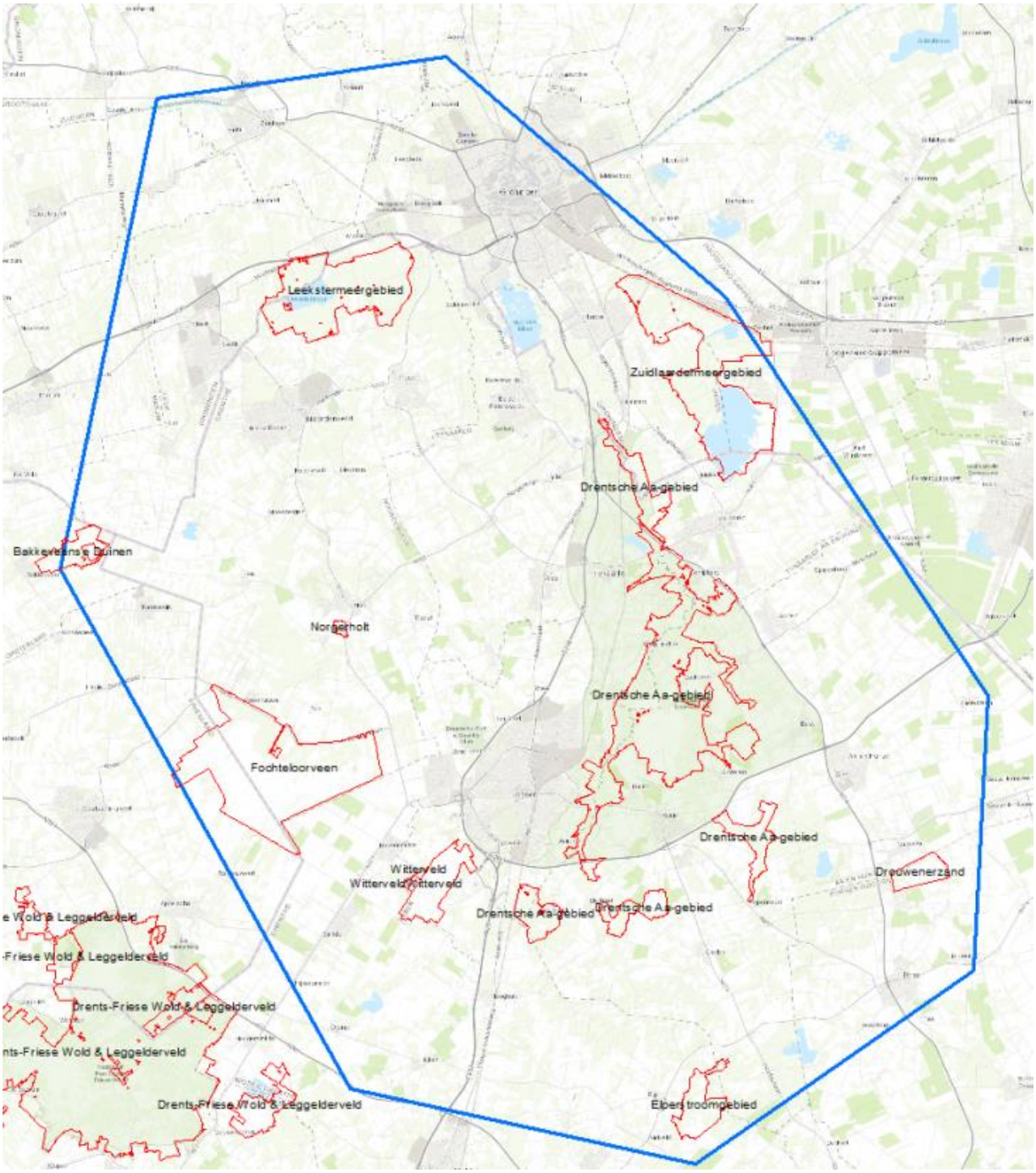
In het modelgebied van de Drentsche Aa gebied komt op grote schaal keileem en potklei voor in de ondergrond. Verwachting is dat deze een vrij grote invloed kunnen hebben op de wijze waarop effecten van drainage (en beregening) doorwerken naar de omgeving toe. Naast nieuwe inzichten in de verbreiding van deze lagen, kunnen ook de toegekende dikte en weerstanden veranderd zijn.

Behalve het voorkomen en de weerstanden van leem- en kleilagen is ook de verbreiding en doorlatendheid van de zandlagen van belang. Voor het bepalen van de effecten van drainage gat het in de Drentsche Aa met name om de (Peelo) zandlagen boven de potklei. Voor het bepalen van de effecten van diepe beregeningsputten gaat het ook om de doorlatendheden van de diepere zandlagen onder de potklei. Beide parameters zijn dan ook meegenomen bij de vergelijking.

2.2 SIMGRO model Drentsche Aa

2.2.1 Modelgebied

Het SIMGRO modelgebied omvat een groter gebied dan alleen de Drentsche Aa. Hiervoor is het noodzakelijk om ook geologische (REGIS) eenheden mee te nemen in de analyse die buiten de Drentsche Aa, maar binnen het modelgebied voorkomen. De situering van het modelgebied is weergegeven in Figuur 2-1. Deze loopt vanaf het Elperstroomgebied in het zuiden, de Bakkeveense duinen in het westen, het Zuidlaardermeergebied in het oosten en de stad Groningen in het noorden.



Figuur 2-1. Modelgebied SIMGRO Drentsche Aa (blauwe lijn). N2000 grens in rood.

In de rapportage 'Verkenning van mogelijkheden om water vast te houden op het Drents Plateau', Alterra 2005, is de gebruikte schematisatie van het SIMGRO model weergegeven. Deze is samengevat in Tabel 2-1.

Tabel 2-1. Laagindeling SIMGRO model

Laag nummer	Aanduiding	REGIS eenheid (versie 2.0)
1	Freatisch grondwater	Boxtel zand (Bxz)
2	Slecht doorlatende laag (1a)	Deklaag (Hlc), Boxtelklei (bxk1, bxk2), Keileem (DrGik1), Eemklei (Eek1)
3	Watervoerend pakket (1b)	Peelozand
4	Slecht doorlatende laag (1)	Potklei (Pek1, Pek2), Urkklei (Urkk1, Urkk3)
5	Watervoerend pakket (2)	Peize zand
6	Slecht doorlatende laag (2)	Peize klei (pzk1, pzc)
7	Watervoerend pakket (3)	Peize zand
GHB	Hydrologische basis	Breda (zandige klei)

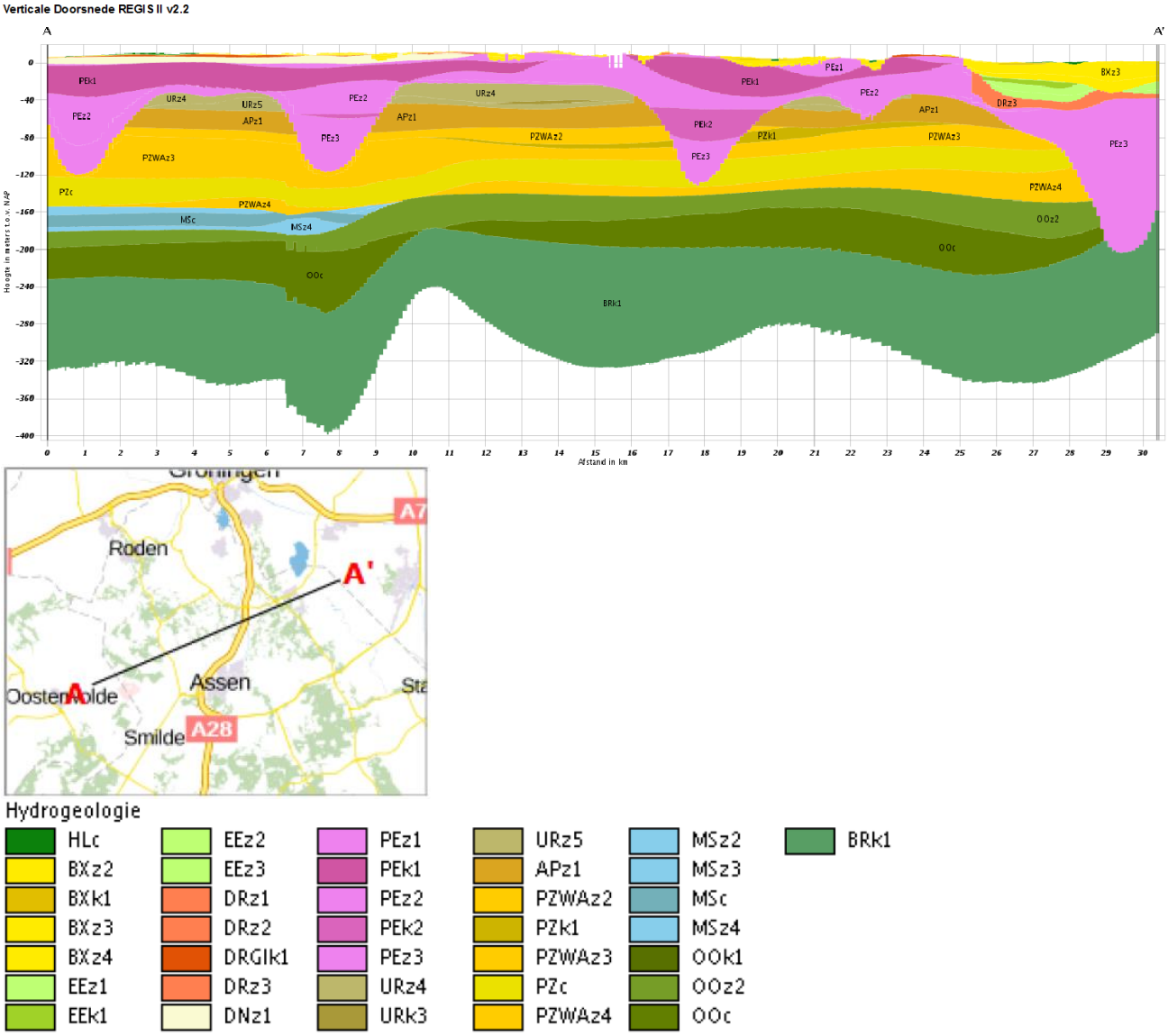
De toegekende doorlaatvermogens van de watervoerende pakketten en de weerstanden van de slecht doorlatende lagen zijn weergegeven in bijlage 1.

Uit deze gegevens blijkt dat:

- de watervoerendheid van laag 1 en 3 is volgens het Simgro model gering;
- door het samenvoegen van de Boxtelklei, keileem en Eemklei ontstaat een vrijwel aaneengesloten kleilaag met weerstanden van meer dan 500 dagen. Binnen het N2000 gebied Drentsche Aa ontbreken deze lagen lokaal; hier bedraagt de weerstand minder dan 50 dagen;
- de zeer ondoorlatende potklei is in het Simgro model met name geschematiseerd in het westelijk en oostelijk deel van het N2000 Drentsche Aa gebied. De Peeloklei 1 en Peeloklei 2 zijn in het SIMGRO model samengevoegd tot 1 laag;
- onder de Potklei zijn dikke, goed doorlatende watervoerende lagen geschematiseerd;
- op grotere diepte loopt midden door het N2000 gebied een laag met Peize klei, welke is samengevoegd met Peize complex.

2.3 REGIS v2.2

In 2017 is de nieuwe REGIS v2.2 opgeleverd.
In Figuur 2-2 is een west-oost doorsnede door het modelgebied weergegeven.



Figuur 2-2 Dwarsdoorsnede REGISII.2 west -oost modelgebied Drentsche Aa

De in REGIS v2.2 onderscheiden slecht doorlatende lagen die voorkomen binnen de door de provincie begrensde onderzoekszone N2000 Drentsche Aa, zijn weergegeven in Tabel 2-2. De overige slecht doorlatende lagen die voorkomen buiten deze zone, maar binnen het SIMGRO modelgebied, zijn weergegeven in Tabel 2-3.

De weerstanden van de slecht doorlatende lagen en complexen voor het hele modelgebied zijn opgenomen in bijlage 2. Voor de holocene deklaag zijn in REGIS geen paramaters geschematiseerd. Van deze laag is alleen een boven- en onderkant bekend.

Tabel 2-2. Slecht doorlatende lagen REGIS v2.2 binnen onderzoekzone N2000 Drentsche Aa

REGIS code	Omschrijving	Verbreiding binnen onderzoekzone N2000 Drentsche Aa
HLC	Holocene deklaag	Beperkt aanwezig in beekdalen Drentsche Aa (veen).
Bxk1	Boxtelklei 1	Zeer lokaal ter plaatse van Zeegserloopje, Burgvallen en Anreeperdiep.
Drgik1	Drenthe-Gieten klei (keileem)	Met name in Geelbroek en hoger op de flanken van de Hondsrug en het Drents Plateau. In het beekdal ontbreekt deze.
Pek1	Peeloklei 1	Wijd verbreid in Drentsche Aa gebied.
Pek2	Peeloklei 2	Met name aan de randen/zijbeken Drentsche Aa (in diepe tunneldalen)
Urk3	Urkklei 3	Ter hoogte van Balloërveld en Rolde
Pzc	Peize complex	Wijd verbreid in modelgebied. Ontbreekt alleen in tunneldalen
Pzk1	Peize klei	Buiten de tunneldalen, in het noordelijk en middeldeel van de Drentsche Aa
Ooc	Oosterhout complex	Vlak dekkend in onderzoekzone

Buiten de onderzoekzone, maar binnen het modelgebied komen aanvullend nog de volgende kleilagen voor:

Tabel 2-3. Slecht doorlatende REGIS v2.2 lagen buiten onderzoekzone N2000 Drentsche Aa, maar binnen modelgebied

REGIS code	Omschrijving	Verbreiding buiten onderzoekzone N2000 Drentsche Aa
Bxk2	Boxtelklei 2	Met name in het Hunzedal, lokaal in Elperstroom en Leekstermeergebied
Eek1	Eemklei	Met name in het Hunzedal en ten noorden van het Zuidlaardermeer
Urk1	Urkklei 1	Alleen ten noorden van Leekstermeergebied
Msc	Maassluis complex	Ten westen van de lijn Witterveld, Norgerholt, Leekstermeer

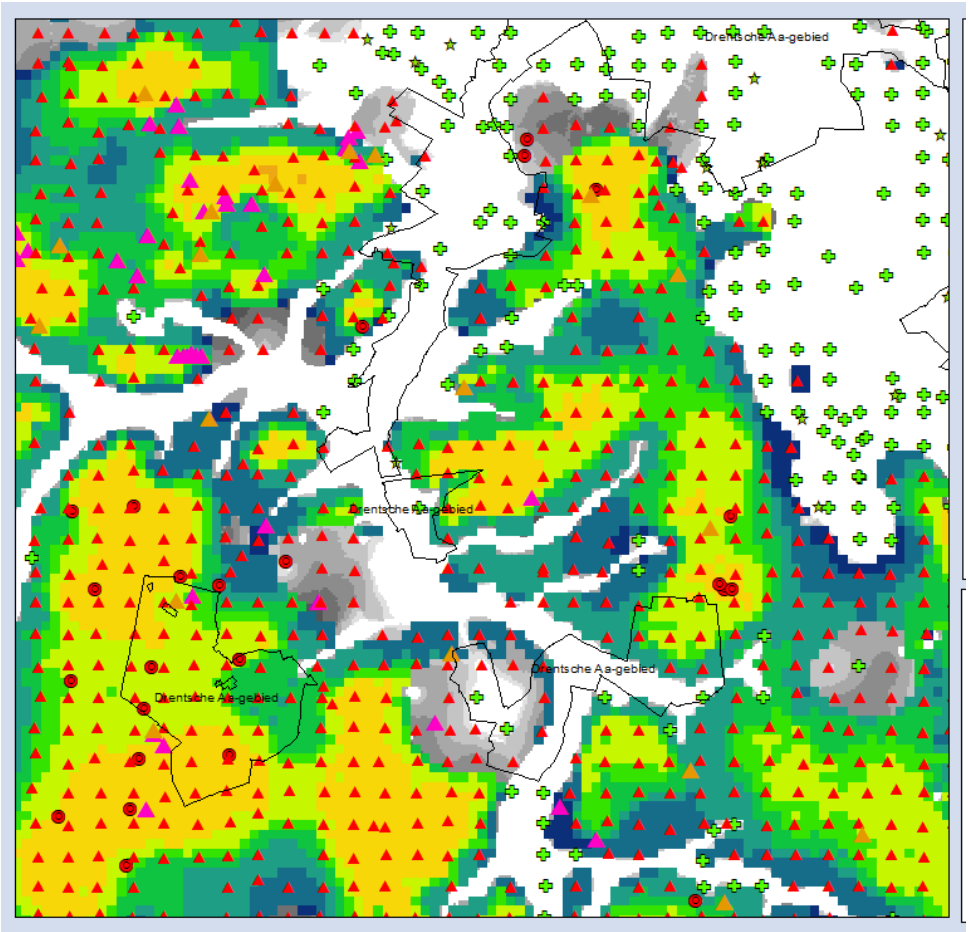
2.4 REGIS v2.1

Ter controle zijn de verschillen tussen REGIS v2.1 en REGIS v2.2 beoordeeld. REGIS v2.1 is namelijk al verwerkt in het lagenmodel van MIPWA v3.0. Als er weinig verschillen zijn, is het niet nodig een nieuw lagenmodel te bouwen, maar kan het lagenmodel uit MIPWA v3.0 worden overgenomen. Grootste verschillen worden verwacht in de verbreiding en weerstanden van de Peelo formatie. Deze eenheden zijn daarom als eerste beoordeeld. Aanvullend is de keileem verbreiding en weerstand geanalyseerd.

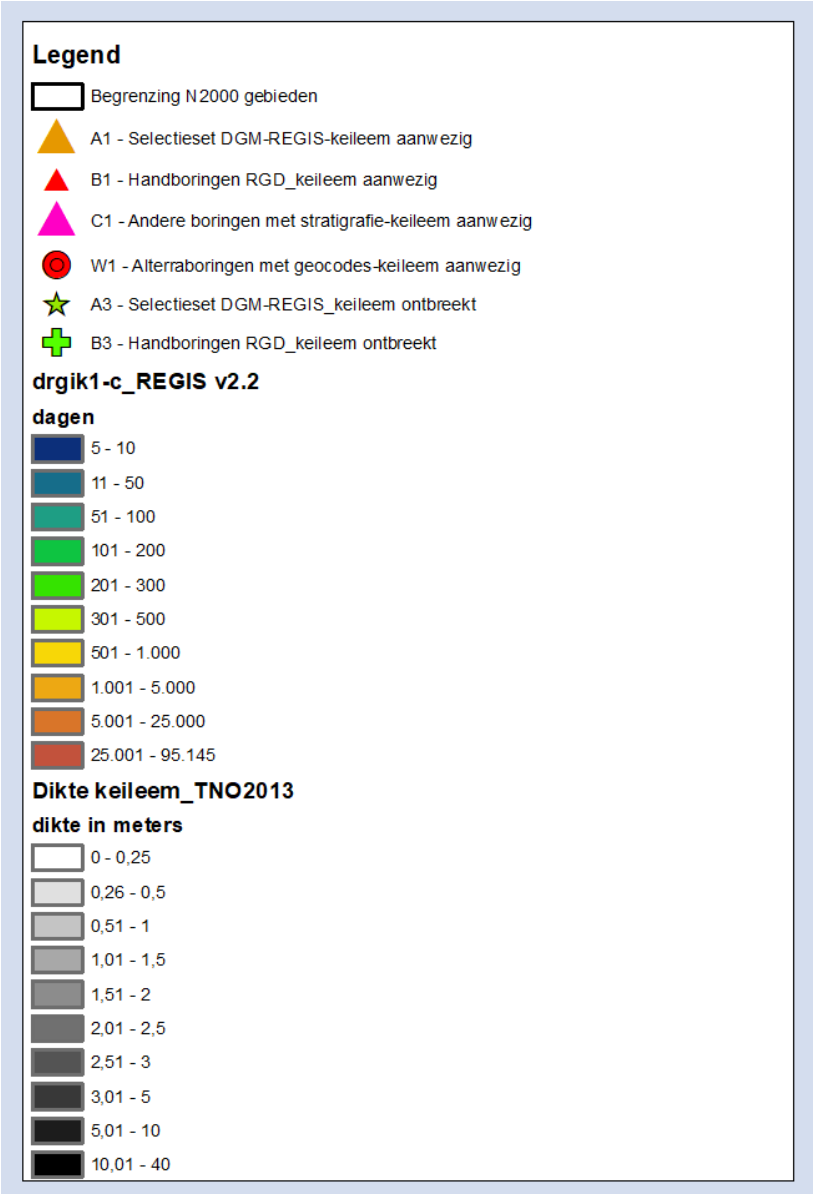
De verschilkaarten zijn weergegeven in bijlage 3 voor zowel Peeloklei 1 als Peeloklei 2. Hieruit blijkt dat de verschillen zowel ten aanzien van de verbreiding als ten aanzien van de weerstanden aanzienlijk groot is.

2.5 Controle keileemkaart TNO in REGIS v2.2

Tevens is beoordeeld in hoeverre de keileemkaart van TNO (2013) verwerkt is in REGIS v2.2. Qua weerstanden is dit wel het geval. Het verschil in de keileemweerstand tussen REGIS v2.1 en v2.2 is groot. Echter, wanneer we de verbreiding van deze leemlaag in REGIS v2.2 vergelijken met de keileemkaart van TNO zien we opvallende verschillen, zie Figuur 2-3. De verbreiding op de keileemkaart blijkt gebaseerd op een veel groter aantal boringen dan de REGIS verbreiding. Voor een nadere toelichting omtrent de verschillen tussen de Keileemkaart en REGIS v2.2, zie bijlage 4 (memo TNO).



Figuur 2-3. Vergelijking REGIS v2.2 en keileemkaart TNO2013 uitsnede uit Drentsche Aa (zuid)

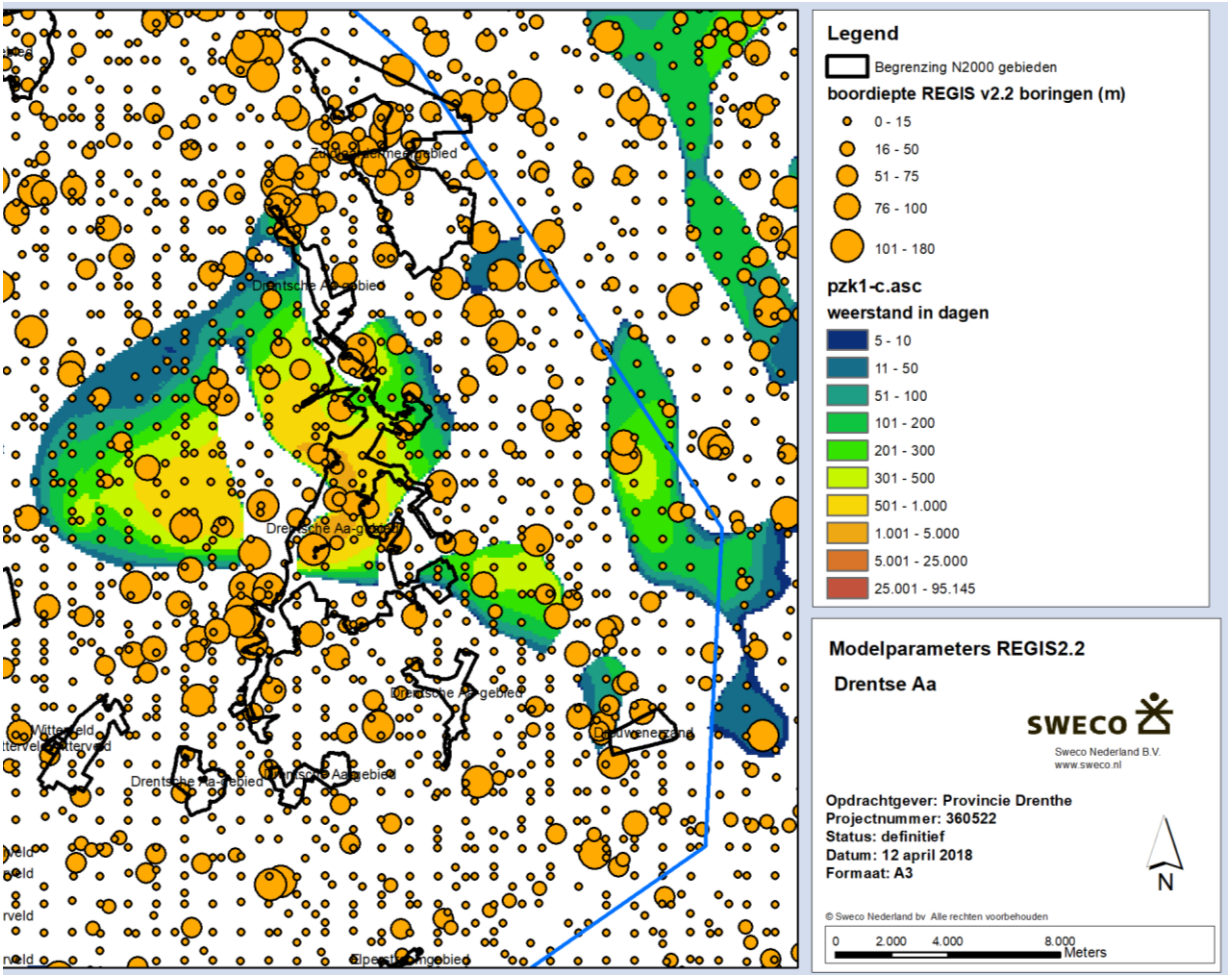


Ervaringen met MIPWA v3 leren dat het inbranden van de keileemkaart in een REGIS lagenmodel resulteert in tal van inconsistenties. Omdat met dit SIMGRO (op dit moment) geen stroombaanberekeningen zijn gepland, is gekozen voor een pragmatische oplossing: Na het bouwen van het lagenmodel is de weerstand van de keileem in REGIS v2.2 vervangen door de weerstand van de keileemkaart. De top-bottom van de modellagen zijn hier niet op aangepast.

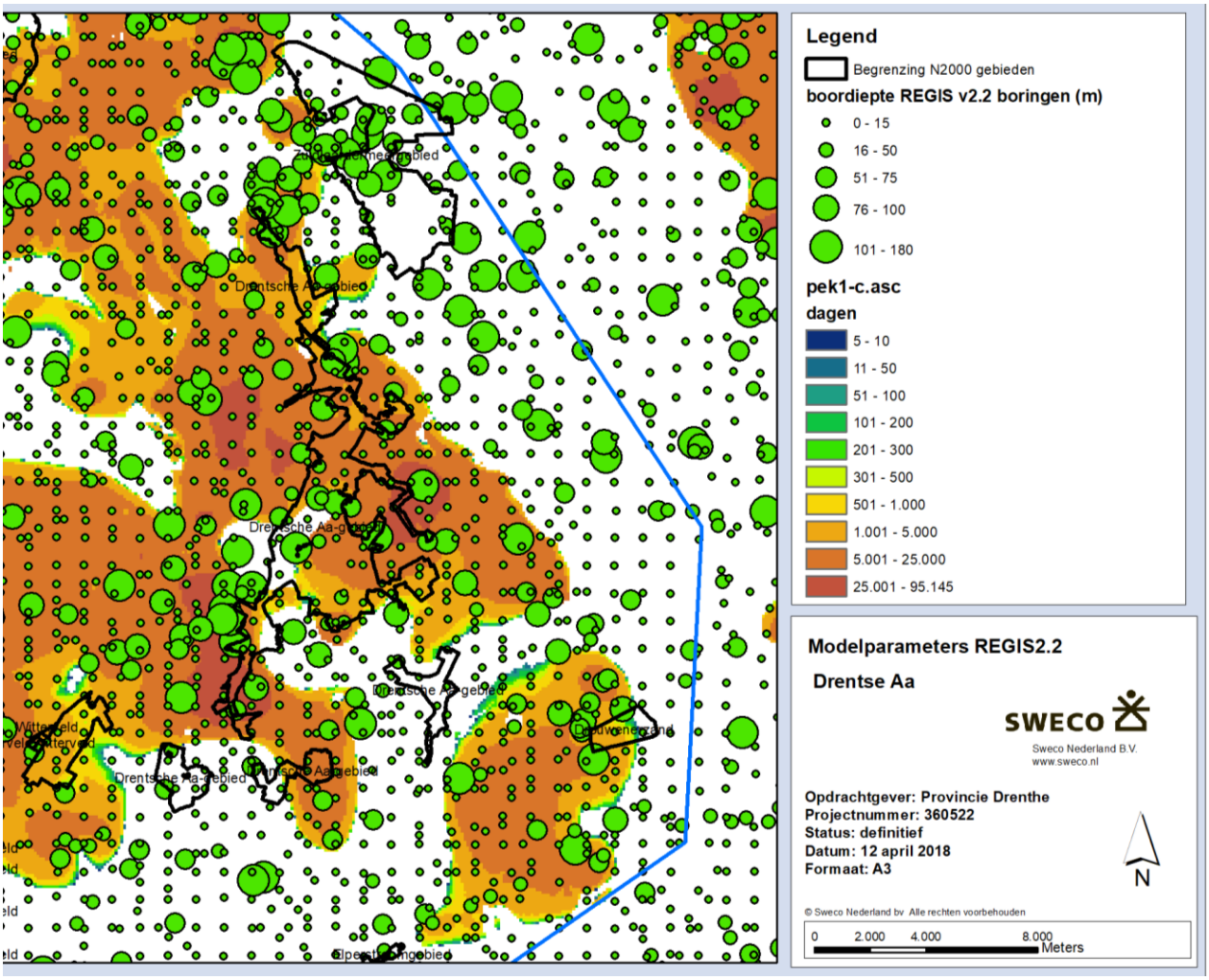
2.6 Conclusies vergelijking SIMGRO en REGIS versies

Voor de effectbepaling van drainage is het bovendien wenselijk dat de zandlagen boven de Keileem en de Eemklei apart worden gemodelleerd. In het huidige SIMGRO model is dit niet het geval. Aanpassing van het lagenmodel is alleen om die reden al wenselijk.
Daar komt bij dat de geschematiseerde verbreiding van de diepere kleilagen en complexen in zowel het SIMGRO model als REGIS v2.1 behoorlijk verschillen van REGIS v2.2.

Een ander voordeel van REGIS v2.2 is dat nu voor elke REGIS eenheid ook de bijbehorende boorpunten zijn meegeleverd, waarmee de verbreiding is bepaald. Hiermee is te herleiden wat de betrouwbaarheid is van de REGIS eenheid. Ter illustratie zijn de REGIS v2.2 boringen met de Peizeklei verbreiding en de Peeloklei1 weergegeven in Figuur 2-4 en Figuur 2-5.



Figuur 2-4. Diepte REGIS boringen met weerstand Peizeklei



Figuur 2-5. REGIS v2.2 boringen met weerstand Peeloklei1

3 Bouw lagenmodel

3.1 Methode

Gezien het ”pilot-karakter” van het voor deze studie te bouwen lagenmodel uitgaande van REGIS v2.2, zijn eerst verschillende beschikbare methoden vergeleken:

1. Hydroconnect tools- MIPWA v3;
2. Delftshell- Lagenmodel tool NHI;
3. Tools lagenmodel SWECO.

De eerste optie is voor deze studie niet getest. Het MIPWA v3 lagenmodel wordt gebouwd gebruik makend van de CUS- en SOLID tools van Deltares. Met deze tools wordt een indeling van REGIS kleilagen naar slecht doorlatende modellagen als harde randvoorwaarde opgegeven (”mapping” van de kleilagen). Vervolgens worden de watervoerende lagen hier evenredig tussen geplakt, waarbij deze fractioneel worden verdeeld over de watervoerende lagen. Met deze laatste stap verdwijnt een eenduidige relatie met REGIS eenheden. Dit komt de herleidbaarheid niet ten goede.

De tweede methode, de lagenmodeltool van het NHI, is zeer recent opgeleverd. Deze kan lagenmodellen bouwen op 2 manieren: 1. De ”Deltares- methode” vergelijkbaar met MIPWA v3.0 (deze module werkt nog niet eenduidig en geeft foutmeldingen). 2. Uitgaande van een mapping van watervoerende (REGIS) lagen. Deze tweede methode is voor de Drentsche Aa getest.

De derde methode is ontwikkeld door Sweco. Deze bouwt eveneens een lagenmodel door een mapping van REGIS kleilagen. Vervolgens worden hier de REGIS zandlagen op herleidbare wijze tussen gevoegd. Voor een modelstudie voor Assen-West is deze methode reeds toegepast. Deze derde methode is eveneens voor het SIMGRO model van de Drentsche Aa getest.

Conclusie is dat mede door de grote omvang van het modelgebied (waarin niet alleen de Drentsche Aa, maar ook het hele beekdal van de Peize- en Eeldermaden in zit), het nog niet zo eenvoudig is om een consistent lagenmodel te bouwen, dat voldoet aan alle gestelde criteria:

- een hanteerbaar aantal modellagen, waarbij kleilagen waar mogelijk worden samengevoegd;
- de tussenliggende watervoerende lagen 1:1 herleidbaar zijn naar REGIS-zandlagen en geogenetisch consistent zijn ingebouwd;
- het lagenmodel zowel kD en C waarden, als top en bottom van modellagen bevat die onderling consistent zijn met elkaar (met bijbehorende kh/kv waarden).

Bovenstaande randvoorwaarden resulteerde in een lagenmodel van meer dan 9 watervoerende en slecht doorlatende lagen. Dit heeft te maken met de omvang van het Simgro model, waardoor een groot aantal kleilagen op verschillende locaties in het modelgebied voorkomen.

Besloten is om voor het Simgro model gebruik te maken van de Delftshell methode, waarbij kD en C- waarden op consistente en herleidbare wijze worden bepaald voor het hele modelgebied. De Boven- en -onderkant van de bijbehorende modellagen worden eveneens opgeleverd, waarbij in een mappingstabel eenvoudig keuzes kunnen worden gemaakt welke lagen samengevoegd worden. De consequenties hiervan worden gevisualiseerd. Aanvullend zijn de C-waarden van de keileemkaart (ter vervanging van de REGIS eenheid DrGik1) en de anisotropie-bestanden voor de Hondsrug verwerkt.

3.2 Mapping modellagen

Om het aantal te verwaarlozen klei- of zandlagen tot een minimum te beperken is het modelgebied geschematiseerd in 10 watervoerende en 10 slecht doorlatende modellagen.

In onderstaande Tabel 3-1 is de toegepaste mapping van REGIS zand en kleilagen weergegeven. Ter vergelijking is in aparte kolommen ook de mapping van de slechtdoorlatende lagen in het MIPWA v3 model en het Simgro model weergegeven. Voor het MIPWAv3 en Simgro model v2005 is geen mapping van zandlagen weer te geven en zijn alleen de gemapte kleilagen ingevuld. De volledige mappingstabel is weergegeven in bijlage 5.

Zoals aangegeven in de tabel is in het lagenmodel de dikte van een tweetal slecht doorlatende lagen verwaarloosd:

1. De boxtelklei1 (Bxk1) en boxtelklei2 (Bxk2) zijn samengevoegd in slecht doorlatende laag 2. De dikte van de boxtelklei 1 is daarbij verwaarloosd. De weestand van deze laag is wel opgeteld bij de weerstand van SDL2, waardoor het model wel correct rekent. De verbreiding van de Bxk1 is weergegeven in bijlage 2. Deze komt heel lokaal voor in het Drentsche Aa gebied.
2. De Eemklei (Eek1) en Keileem (DrGik1) zijn samengevoegd in SDL3. Hier is de dikte van de Eek1 verwaarloosd, maar is de weerstand wel opgeteld bij SDL3. Het gebied waar de Eek1 voorkomt is weergegeven in bijlage 2 (Deze komt niet voor in de Drentsche Aa).

Een drietal dwarsdoorsneden door de Drentsche Aa (Noord, midden en Zuidelijk deel) is weergegeven in bijlage 6.

Voor de holocene deklaag is in REGIS geen weerstand opgegeven. Voor de veenlagen, waarvoor wel een Top en Bottom beschikbaar is, wordt in het model een C-waarde van 100dagen/meter aangehouden als initiële waarde. Voor de hoogveengebieden (met gliedelagen), zoals het Fochteloërveen is dit veel te laag. Wanneer ook berekeningen voor dit gebied wenselijk zijn, dient het model hiervoor nog aangepast te worden. Ter indicatie is in MIPWA v3 uitgegaan van de volgende initiele waarden:

- Hoogveen, veendikte <0,5 meter: C-waarde 100 d/m;
- Hoogveen, veendikte 0.5-1 meter: C-waarde 1000 d/m;
- Hoogveen, veendikte >1 meter: C-waarde 3000 d + 1000 d/m.

Tabel 3-1. Mapping modellagen Drentsche Aa modelgebied

codering	Mapping SDL in MIPWA v3	Mapping modellaag in SIMGRO2005	Voorstel Mapping modellagen	Lagenmodel SIMGRO DRN_2018
HL-C	deklaag (veen + TNO2007)	2	50% WVL1 50% SDL1	2
BX-z-2			WVL2	3
BX-k-1	SDL2	2	SDL2	4
BX-z-3			WVL2	3
BX-k-2	SDL2 (80%) SDL3 (20% zuid)	2	SDL2	4
BX-z-4			WVL3	5
EE-z-1			WVL3	5
EE-k-1	SDL3	2	SDL3	6
EE-z-2			WVL3	5
EE-z-3			WVL3	5
DR-z-1			WVL3	5
DR-z-2			WVL3	5
DRGI-k-1	SDL3	2	SDL3	6
DR-z-3			WVL4	7
DN-z-1			WVL4	7
UR-z-1			WVL4	7
UR-k-1	SDL4	4	SDL4	8
UR-z-2			WVL5	9
UR-z-3			WVL5	9
PE-z-1			WVL5	9
PE-k-1	SDL5	4	SDL5	10
PE-z-2			WVL6	11
PE-k-2	SDL6	4	SDL6	12
PE-z-3			WVL7	13
UR-z-4			WVL7	13
UR-k-3	SDL6 (80%) SDL7 (20% noord)	4	SDL7	14
UR-z-5			WVL8	15
AP-z-1			WVL8	15
PZWA-z-2			WVL8	15
PZ-k-1	SDL7	6	SDL8	16
PZWA-z-3			WVL9	17
PZ-C	In WVL8, met weerstand 50-50 verdeeld boven en onder	6	50% WVL9/ 50% SDL9	18
PZWA-z-4			WVL10	19
MS-z-2			WVL10	19
MS-z-3			WVL10	19
MS-c	In WVL9, met weerstand 50-50 verdeeld boven en onder		50% WVL10	19
MS-z-4			WVL10	19
OO-k-1	Niet terug te vinden in mapping*		GHB	
OO-z-2				
OO-c	Niet terug te vinden in mapping*		GHB	
BE-k-1	Geohydrologische basis (GHB)	GHB	Geohydrologische basis (GHB)	

** De geohydrologische basis (GHB) in MIPWA v3 wordt gevormd door de onderkant van de Maasluis-formatie. Op de plekken waar deze niet is gedefinieerd wordt de bovenkant van de eerste onder Maassluis voorkomende klei-eenheid genomen. In veel gevallen is dit de bovenkant van de formatie van Breda en worden Oosterhout-zanden en –complex meengenomen in het lagenmodel. In de mapping (bestanden hydroconnect: pointer_mapping) zijn deze diepere kleilagen echter niet terug te vinden.*

In gebieden waar geen veen aanwezig is, is in het basismodel uitgegaan van een minimale weerstand van 1 dag. Deze minimale weerstand is ook aangehouden voor overige slecht doorlatende lagen, in combinatie met een minimale dikte van 0,01m (het model kan niet rekenen met een weerstand van 0 dagen). Voor de watervoerende lagen is in het basismodel uitgegaan van een minimaal doorlaatvermogen van 0,01 m^2/dag, eveneens met een minimale dikte van 0,01m.

3.3 Vervanging keileemweerstand

De keileemverbreiding en weerstand volgens REGIS v2.2 is vervangen door de keileemverbreiding en weerstand van de keileemkaart van TNO (2013). Beide kaarten zijn voor het interessegebied weergegeven in bijlage 7.

3.4 Anisotropie

Met name van stuwwallen is bekend dat (door scheefstelling) het grondwater niet in alle richtingen even makkelijk stroomt. Dit verschil in doorlaatvermogen afhankelijk van de richting noemen we anisotropie. Hoewel de Hondsrug voor het grootste deel volgens de laatste theorieën niet gestuwd is, is gebleken uit pompproeven, sonderingen en waterkwaliteitsgegevens dat er toch sprake van anisotropie. Uit onderzoek door GeoDelft naar anisotropie op de Hondsrug door middel van sonderingen bleek, dat de doorlatendheid in de strekkingsriching van de Hondsrug een factor 10 à 100 groter is dan de doorlatendheid in de richting daar loodrecht op (GeoDelft, 2002)

In het Simgro model is de anisotropie uit MIPWA v3 overgenomen. Deze gaat uit van:

- een anisotropie factor van 0,135;
- een anisotropie hoek van 157 graden;
- anisotropie in de watervoerende modellagen 4 t/m 7*.

**De anisotropie wordt aangenomen onder de keileem en tot een diepte van ca. -40 tot -50 m +NAP (een exacte diepte is niet bekend). De onderste laag waarin de anisotropie voorkomt, is bepaald door per stuwwal te kijken welke model laag het dichts in de buurt van de -45 m +NAP voorkomt.*

De begrenzing van de anisotropie is weergegeven in Figuur 3-1.

Figuur 3-1. Gebied met anisotropie Hondsrug

3.5 Resultaat lagenmodel

De resulterende modelparameters (kD en C-waarden per modellaag en anisotropie) zijn weergegeven in bijlage 8.

4 Implementatie lagenmodel in SIMGRO

In dit hoofdstuk wordt aangegeven op welke wijze het nieuwe REGIS 2.2 lagenmodel is verwerkt in SIMGRO.

4.1 Omzetten REGIS-bestanden

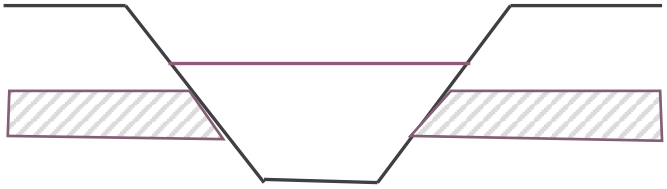
Om het lagenmodel om te zetten naar invoerbestanden voor Simgro wordt gebruik gemaakt van GIS-procedures (AlterrAqua). Per laag, watervoerend of weerstand biedend, bestaat de invoer uit een grid met de laagdikte en een horizontale of de verticale doorlatendheid.

4.2 Inpassing modelinvoer in nieuwe lagenmodel

Doordat in het nieuwe lagenmodel de diepteligging van watervoerende en slecht doorlatende lagen wijzigt, heeft dit ook gevolgen voor de overige modelinvoer. De filterstelling van de drinkwater- en industriële winningen en beregeningsputten snijden nu mogelijk in andere modellagen. Dit geldt ook voor de peilbuisfilters waarmee gemeten en berekende stijghoogten in de modellagen worden vergeleken.

Om bovenstaande filters in de juiste modellagen te plaatsen, zijn de laagnummers van de watervoerende pakketten uit het 7 lagen NWDB-model omgezet naar de nieuwe laagnummers van het 19 lagen model. Daarbij is gebruik gemaakt van de indeling zoals weergegeven in Tabel 3-1.

De insnijding van de waterlopen in de modellagen wordt in SIMGRO automatisch uitgevoerd op basis van de bodemhoogte van de waterlopen en de dikte van de modellagen. Op deze manier kunnen sloten in verschillen de lagen actief draineren, Figuur 4-1 . De eerste berekeningen met SIMGRO zijn uitgevoerd met één drainageweerstand per cel en waterloop, dit ter controle op numerieke instabiliteit. Vervolgens zijn de weerstanden per modellaag toegepast. Bij insnijding in alleen modellaag 1 zijn de grondwaterstanden iets hoger: ca. 0,04 – 0,12 m.



Figuur 4-1 Drainageoptie in SIMGRO. Deze bepaalt voor primaire waterlopen per watervoerende laag de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater

4.3 Bergingscoëfficiënt

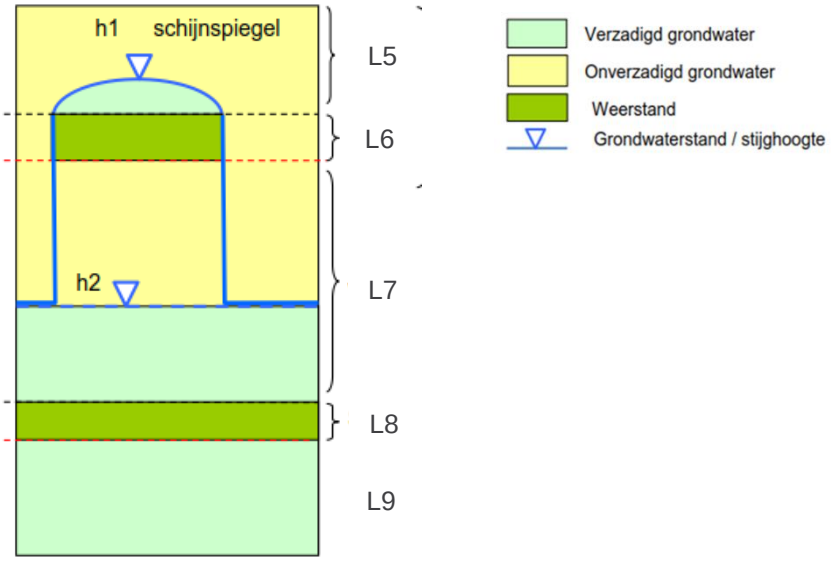
In het model wordt gerekend met een variërende waarde van de freatische bergingscoëfficiënt, die varieert in het algemeen tussen de 0,1 en 0,3. Bij ondiepe grondwaterstanden net onder de wortelzone kan de berging tot nul teruglopen.
Voor de specifieke bergingscoëfficiënt van de overige modellagen is uitgegaan van een waarde van $50 * 10^{-6}$.

4.4 Schijnspiegels

In het modelgebied van de Drentsche Aa komen mogelijk schijngrondwaterspiegels voor in gebieden met keileem. Het schijnspiegel concept gaat uit van het volgende principe:

- de stijghoogte in de zandlaag onder de keileem (model laag 7) is lager dan de onderkant van de keileem (model laag 6). De keileem valt als het ware “droog”;
- er is dan sprake van freatisch grondwater met een freatische bergingscoëfficiënt zowel boven als onder de keileem;
- als de neerslag groter is dan de wegzijging door de keileem, stagneert het infiltrerende regenwater boven deze laag, en vormt er een “schijnspiegel”;
- doordat onder de keileem sprake is van een onverzadigde zone, is de wegzijgingsflux over de keileem niet gelijk aan het potentiaalverschil over de lagen gedeeld door de weerstand van de keileem, maar dient naar beneden te worden bijgesteld.

Het principe van een schijnspiegel is weergegeven in Figuur 4-2.



Figuur 4-2. Principe van een schijnspiegel (Hoogewoud, 2014)

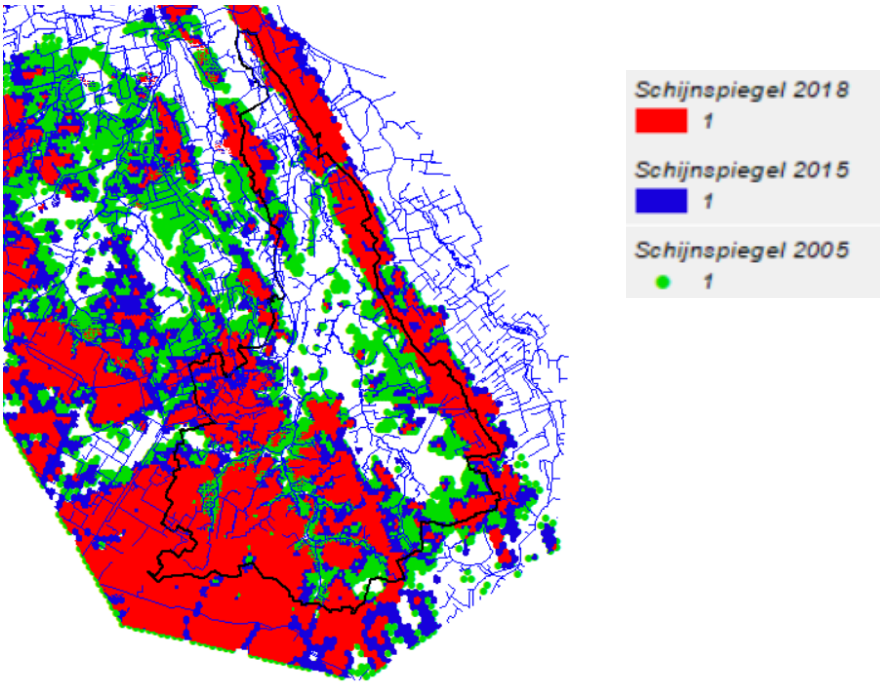
Het optreden van schijnspiegels hangt dus af van de neerslag/ resulterende grondwateraanvulling en de verticale weerstand. Als de grondwateraanvulling, op basis van dag neerslagen groot is, dan kan bij een geringe weerstand een schijnspiegel optreden. Bij een geringe aanvulling zal er een hogere weerstand nodig zijn om een schijnspiegel te laten optreden.

In het eerdere Simgro model werd er, t.a.v. de berekening van schijnspiegels, van uitgegaan dat laag nr. 2 de weerstand biedende laag is met keileem. In die versie werd alleen de freatische grondwaterstand in laag 1 en mogelijk in laag 3 in beschouwing genomen. Zodoende is de code aangepast, zodat nu ook laag 5 of laag 7 mogelijk een freatische grondwaterstand kan beschrijven.

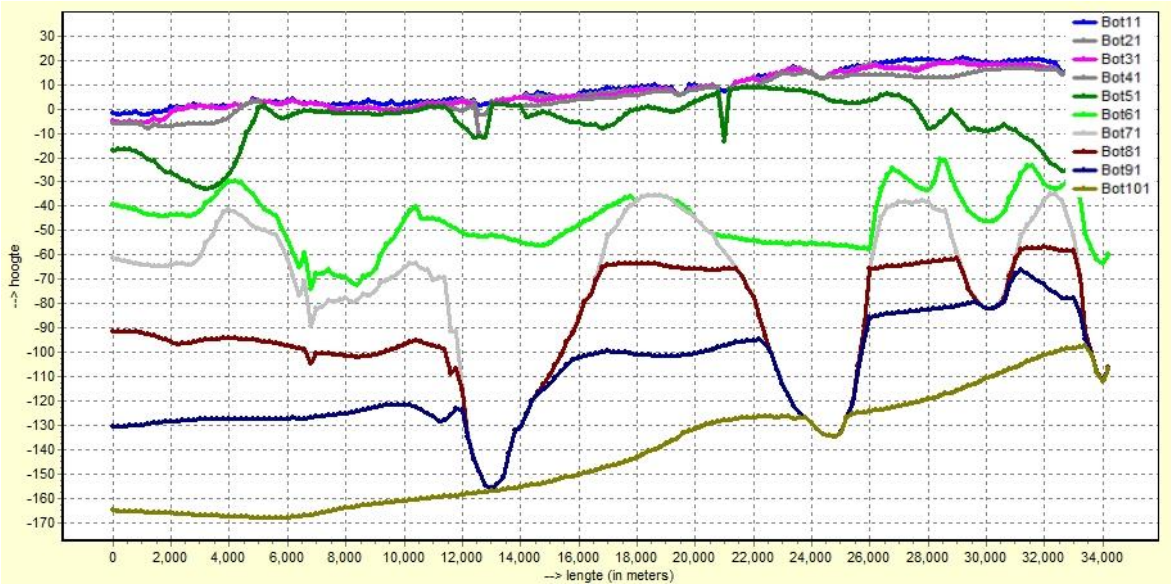
In SIMGRO wordt op basis van de stijghoogte boven en onder de keileem, de verticale weerstand van de keileem laag gecorrigeerd, om zo de flux door deze laag goed te laten berekenen. Ook de bergingscoëfficiënt boven en onder de keileem laag verandert afhankelijk van de grondwaterstanden.

Schijnspiegels worden in het modelgebied alleen verwacht in gebieden met keileem. Het verschil in de “potentiële” schijnspiegelgebieden tussen het oude en nieuwe SIMGRO model is weergegeven in Figuur 4-3.

Anisotropie
In het SIMGRO-model is de anisotropie nu meegenomen voor vijf watervoerende pakketten (modellagen 3, 5, 7, 9 en 11), tot een diepte van ca 45 m-NAP (zie figuur 4.4, onderkant modellaag 11 is gelijk aan de onderkant van WLV6, zie ook tabel 3.1). De horizontale doorlatendheid in de watervoerende pakketten hierboven genomen zijn loodrecht op de Hondsrug een factor 7,5 kleiner dan parallel met de Hondsrug (factor 0,135).



Figuur 4-3 Verbreiding van keileem waar schijnspiegels mogelijk kunnen ontstaan

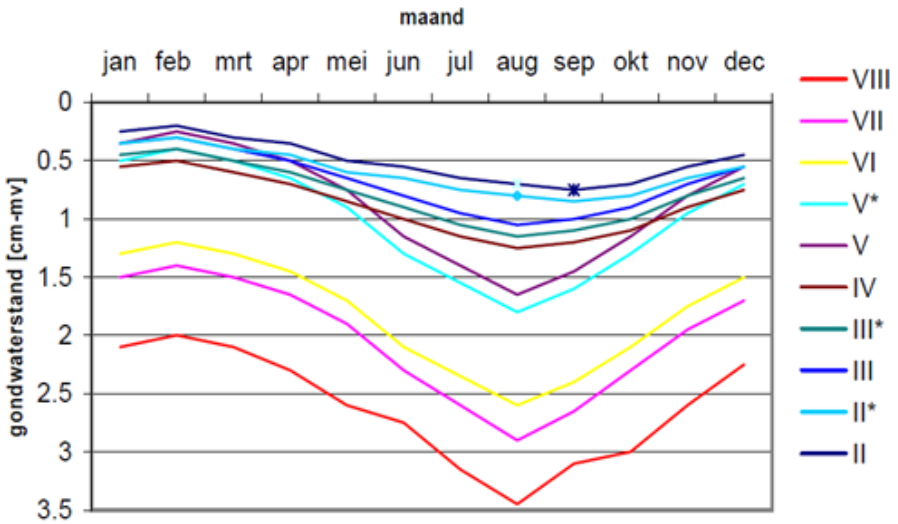


Figuur 4-4. Langsdoorsnede over de Hondsrug van noord naar zuid met de onderkant van alle watervoerende lagen .

4.5 Randvoorwaarden

Voor het simuleren van de regionale grondwaterstroming is het nodig om op de modelrand voor elke watervoerende laag een vaste randvoorwaarde toe te kennen. Dit kan door het opleggen van een flux of door het opleggen van een vaste stijghoogte. Voor de deklaag, die maar heel dun is, is een randflux van 0 m^3/d aangehouden. Op de randen van de onderliggende watervoerende lagen verloopt de stijghoogte over het jaar op basis van de daar aanwezige grondwatertrap.

Dit betekent dat op de modelrand aangenomen is dat de stijghoogten in alle modellagen gelijk is. Hoewel dit zeker niet het geval hoeft te zijn, is deze vereenvoudiging toch te verantwoorden. De modelrand is namelijk dusdanig ver weg gekozen, dat deze geen invloed heeft op de stijghoogten en berekende effecten in het interessegebied.



Figuur 4-5. Variatie in stijghoogte over het jaar toegekend aan de knooppunten op de modelrand voor alle watervoerende pakketten (Querner e.a., 2005).

4.6 Berekeningen SIMGRO voor 19 lagen

Om een modelberekening te starten zijn er initiële grondwaterstanden en stijghoogten per cel in alle 19 lagen nodig. Hiervoor is de periode 1997 t/m 1999 gebruikt, om het model te laten wennen aan de nieuwe laagindeling en de initiële grondwaterstanden (een inslinger-periode). Berekeningen met deze periode is een aantal keer herhaald alvorens een stabiele beginsituatie is bereikt. Daarna rekent het model voor de huidige situatie de jaren 2000 t/m 2007 door. Zo'n berekening van 8 jaar duurt ca. 5 uur.

5 Validatie SIMGRO-toepassing Noordwest Drentse Beken

5.1 Inleiding

Het Noordwest Drentse beken model heeft als gecombineerd oppervlakte- en grondwaterstromingsmodel een groot aantal invoerparameters. Ook is de geohydrologische opbouw van het gemodelleerde gebied erg complex. De uitkomsten van het model zullen dus te maken hebben met een bepaalde mate van onzekerheid als gevolg van vereenvoudigingen in de schematisatie en de (on)nauwkeurigheid van de invoerdata.

Met het 7 lagenmodel uit 2005 en ook nu met het 19 lagenmodel is geen kalibratie uitgevoerd, maar alleen een validatie. Om te beoordelen of de berekende afvoeren en grondwaterstanden de meetgegevens goed benaderen, zijn beide modellen voor de "huidige situatie" uitgaande van de periode 2000 t/m 2007 doorgerekend. In de volgende twee paragrafen zijn de volgende vergelijkingen uitgevoerd:

- een vergelijking tussen de twee modellen waarbij de beekafvoeren en berekende grondwaterstanden tussen het 7 lagen en 19 lagenmodel onderling zijn vergeleken;
- een vergelijking tussen het nieuwe 19 lagenmodel en de meetgegevens, waarbij de beekafvoeren en berekende grondwaterstanden zijn vergeleken met meetgegevens bij de peilbuizen en oppervlaktewatermeetpunten.

Tot slot zijn de berekende effecten van een beregeningsscenario uit een eerdere studie (in opdracht van Waterschap H & A's) vergeleken tussen het 7 en 19 lagenmodel (par. 5.3). Dit om te beoordelen in hoeverre de veranderingen invloed hebben gehad op de eerder bepaalde effecten van beregening.

5.2 Verificatie afvoeren

Op twee locaties zijn de afvoeren tussen beide modellen vergeleken. Op één locatie (bij Schipborg) konden deze ook vergeleken worden met gemeten afvoeren. Daarbij moet wel de kanttekening worden geplaatst dat het waterschap heeft aangegeven dat op basis van de meetreeks van het meetpunt Schipborg de afvoeren overschat werden. De gecorrigeerde afvoeren zijn echter niet tijdig beschikbaar gekomen om te kunnen meenemen in deze rapportage. Bij de interpretatie dient daarom rekening te worden gehouden met deze overschatting.

In bijlage 9 is het verschil in afvoer bij Witte Molen weergegeven. In die bijlage staan de afvoeren over de periode 2000 t/m 2007 voor het scenario REGIS v2.2 (19 lagen) en de afvoeren van het scenario Klimaat huidig (7 lagen).

In het algemeen zijn de afvoerpieken afgenomen van ca. 17 m^3/s (7 lagenmodel) tot ca. 12 m^3/s voor het 19 lagenmodel. Door de iets diepere grondwaterstanden nemen de pieken af. De lage (basis)afvoeren nemen wel iets toe.

In bijlage 10 zijn de verschillen aangegeven in de gemeten en berekende afvoer bij Schipborg (7 en 19 lagenmodel). Voor het 19 lagenmodel heeft de standaardafwijking (Nash-Sutcliffe) een waarde van 0.58 (bij waarde 1 is er een exacte match). De gemiddelde afvoer gemeten is 2.02 m^3/s en de berekende gemiddelde afvoer voor 19 lagenmodel is 1.91 m^3/s. Voor het 7 lagenmodel heeft de standaardafwijking (Nash-Sutcliffe) een waarde van 0.61 en daarbij is de berekende gemiddelde afvoer 2.27 m^3/s.

De standaardafwijking in beide modellen verschilt niet veel. Het nieuwe 19 lagenmodel berekent gemiddeld iets te lage afvoeren (0,11m^3/s te laag), terwijl het 7 lagenmodel juist iets te hoge afvoeren berekende (0,25 m^3/s te hoog). In absolute zin is de afwijking van het 19 lagen model wel kleiner.

Wanneer we bij deze analyse rekening houden met de overschatting van de gemeten afvoeren, komt het 19 lagenmodel nog beter uit de bus met de lagere gemiddelde afvoer.

5.3 Verificatie grondwaterstanden

5.3.1 Algemeen

Voor 1 sept 2003 en 1 maart 2007 zijn de verschillen in de berekende freatische grondwaterstanden gepresenteerd tussen de 2 modellen. Voor deze twee tijdstippen zijn de berekende freatische grondwaterstanden van het 19 lagenmodel afgetrokken van de standen voor het 7 lagenmodel. Grote verschillen treden op langs de Hondsrug en andere ruggen in het stroomgebied. In bijlage 11 zijn de verschillen weergegeven.
De verschillen variëren van 0 tot circa 1m in de beekdalen tot 3 à 13m op de hogere delen waar oppervlaktewater ontbreekt! De vraag is nu welk model beter is.

5.3.2 Validatieset

Om de modelresultaten te valideren zijn alle peilbuizen in het DINO-bestand van TNO in het modelgebied geselecteerd op basis van metingen in de periode 1998 t/m 2006. Vervolgens is een selectie gemaakt van de jaren 2000 t/m 2006, met minimaal 24 waarnemingen per jaar. Met behulp van de opgegeven filterdiepten, zijn de buizen toegekend aan de modellagen. Bij een honderdtal buizen was het aangegeven filter volledig in een weerstand biedende laag gekomen. Voor deze buizen wordt geen berekende grondwaterstand weergegeven, dus deze buizen zijn niet meegenomen in de verdere analyses. Van de ca. 2500 buizen in het modelgebied, bleven er 1516 peilbuizen over (voldeden aan de criteria) waarvoor de gemeten grondwaterstanden vergeleken zijn met de berekende. In tabel 5.1 is een overzicht gegeven van het aantal peilbuizen per laag. In het Drentsche Aa stroomgebied staan 436 peilbuizen waarbij de gemeten en berekende standen en stijghoogten zijn vergeleken. In bijlage 12 zijn de peilbuizen in het modelgebied weergegeven.

De gemeten grondwaterstanden betreft een punt waarneming. Het model rekent echter een gemiddelde stand uit voor een cel. De exacte locatie van de peilbuis binnen een cel (polygoon grootte ca 75x75m tot 200x200m, met buiten het interessegebied oplopend tot 400x400m) kan daarmee relevant zijn om verschillen te verklaren, zeker op de flanken van het beekdal met op korte afstand grote verschillen in maaiveld.

Tabel 5.1 Het aantal peilbuizen per model laag voor het gehele modelgebied.

Simgro 19 lagenmodel		Simgro 7 lagenmodel	
Laag	Aantal	Laag	Aantal
1	149	1	541
3	401	3	516
5	167	5	329
7	130	7	130
9	223		
11	143		
13	101		
15	93		
17	38		
19	71		
Totaal	1516		1516

5.3.3 Gemeten versus berekende stijghoogten

In onderstaande tabel 5.2 staat de standaardafwijkingen (RMSE betekent Root Mean Square Error) weergegeven voor beide modellen. Voor zowel het gehele modelgebied als alleen het stroomgebied van de Drentsche Aa verandert de totale RMSE van alle lagen samen, nauwelijks.

Tabel 5.2 RMSE alle peilbuizen beide modelversies voor modelgebied en alleen Drentsche Aa

SIMGRO-versie	Gehele modelgebied gemiddelde RMSE	Drentsche Aa gemiddelde RMSE
REGIS 2.2 (19 lagen)	0.55	0.58
REGIS 2.0 (7 lagen)	0.56	0.57

Bij een onderverdeling in lagen boven en onder de keileem en Eemklei laag, zijn er wel veranderingen, zie tabel 5.3. Ondiep worden de verschillen tussen berekende en gemeten grondwaterstanden met het 19 lagenmodel kleiner; de diepere modellagen geven juist grotere afwijkingen. Voor het berekenen van de ondiepe grondwaterstanden boven de keileem presteert het 19 lagen model daarmee beter.

Tabel 5.3 RMSE peilbuizen per watervoerende laag voor deelgebied Drentsche Aa

REGIS 2.2 (19lagen)	RMSE	REGIS 2.0 (7 lagen)	RMSE
Laag 1, 3, 5	0.50	laag 1	0.60
Laag 7, 9, 11	0.66	laag 3	0.61
Laag 13, 15, 17, 19	0.58	laag 5, 7	0.41

In het 7 lagenmodel waren er 38 peilbuizen met een RMSE < 0,2 m. Bij het 19 lagenmodel is dat toegenomen tot 78 peilbuizen. Ook dit is een aanwijzing dat de freatische grondwaterstanden nu beter worden gesimuleerd. In bijlage 13 worden deze verschillen weergegeven.

In Bijlage 13 is vervolgens aangegeven wat de verandering is in de RMSE tussen het 7 lagenmodel en het 19 lagenmodel, voor zowel de peilbuizen onder de keileem als boven de keileem. Opvallend is dat voor de meeste peilbuizen zowel boven als onder de keileem sprake is van een verbetering van de RMSE voor het 19 lagenmodel ten opzichte van het 7 lagenmodel. Lokaal is echter sprake van een (forse) verslechtering.

Als laatste is in Bijlage 13 nog verder ingezoomd op de modelresiduen in het 19 lagenmodel. Voor clusters van modellagen is zowel de RMSE als de gemiddelde afwijking weergegeven. Met de gemiddelde afwijking kan worden beoordeeld of het model ter plaatse van de peilbuis nu een te droog of juiste te nat beeld geeft. In de modellagen boven de Urk klei (t/m laag 7) is het beeld gevarieerd: lokaal peilbuizen met zeer weinig afwijking tussen gemeten en berekende waarden (<0,1m afwijking), maar ook lokaal te droog en te nat. Vanaf modellaag 9 ontstaan er wel patronen met afwijkingen, waarbij sommige gebieden te nat en andere juist te droog zijn.

5.4 Scenario beregening

Eén scenario uit de studie Klimaatbestendig Stroomgebied Drentsche Aa (Querner, 2018) is met het nieuwe 19 lagenmodel (REGIS v2.2) doorgerekend. Doel was om te beoordelen of de toch wel grote verschillen in berekende stijghoogten, ook resulteren in grote verschillen in berekende effecten. Doel van deze studie was onder meer om de effecten van beregening (grondwateronttrekkingen uit diepe watervoerende modellagen) op omliggende natuur in beeld te brengen.

Gekozen is hierbij voor scenario 18, waarbij een bufferzone van 500 meter rondom alle natte natuurgebieden is aangehouden. Buiten deze zone mag maximaal 50 mm/jaar worden beregend. In bijlage 14 is weergegeven in welke gebieden beregening is toegestaan (groen). Tevens is de begrensde natuur op kaart zichtbaar.

In bijlage 14 zijn vervolgens de effecten van de beregening voor de GLG situatie (2 sept 2003) voor beide modellen gepresenteerd. Met beide modellen worden lokaal nog effecten berekent van 0,05 à 0,1m in de natuurgebieden. De gebieden waar deze effecten optreden verschilt wel tussen beide modellen.

Vervolgens is gekeken of het effect nog zichtbaar is het volgende voorjaar in de GVG situatie (dag 90 in 2004), zie ook bijlage 14. Ook hier zijn de effecten klein, met overwegend 0,01 tot 0,03 m. De omvang van de gebieden met een effect neemt in het nieuwe 19 lagenmodel wel toe.

Het effect op de kwel (15 aug-15 sept 2003) neemt in het 19 lagenmodel juist af, zowel in omvang als in grootte.

6 Conclusies

6.1 Inpassing REGIS v2.2

Het inpassen van REGIS v2.2 in het SIMGRO lagenmodel, en daarmee tevens de uitbreiding van 7 naar 19 modellagen, heeft geresulteerd in een model dat in meer detail de complexe ondergrond onder het Drentsche Aa gebied benadert. Door het grillige voorkomen van onder andere de keileem en verschillende potklei lagen, worden met het nieuwe model de “gaten” in deze kleilagen beter geschematiseerd. De grondwaterstroming door deze lagen is daarmee naar verwachting meer overeenkomstig de werkelijkheid. Met name de weerstand van de keileem en Eemklei is in delen van de Drentsche Aa fors minder geworden, met name westelijk van de Hondsrug. Het areaal met mogelijk optredende schijnspiegels is kleiner geworden.

Door de verminderde weerstand van de keileem en Eemklei worden lagere grondwaterstanden berekend. Dit geldt met name voor de hogere gronden in het stroomgebied.

De gedetailleerdheid in de geohydrologie qua voorkomen van lagen en de afwezigheid van lagen, maakt het model wel gevoeliger voor numerieke instabiliteit.

Hoewel de standaardafwijkingen van de totale validatieset nauwelijks veranderen, presteert het model voor de ondiepe modellagen duidelijk beter: De standaardafwijkingen (RMSE) gaan voor de modellagen 1 t/m 5 van 0,6 naar 0,5. Daarnaast neemt het aantal peilbuizen met een RMSE <0,2 toe van 38 naar 78 peilbuizen. Voor de diepe modellagen is de RMSE wel hoger geworden. Dit lijkt echter niet te duiden op een algemene verslechtering (overal te nat of te droog). In veel gebieden wordt de afwijking kleiner, lokaal wordt deze echter fors hoger. Vanaf modellaag 9 ontstaan er patronen met afwijkingen, waarbij sommige gebieden te nat en andere juist te droog zijn.

Geconcludeerd wordt dat het gedetailleerde 19 lagen model, met de meest actuele ondergrond (REGIS v2.2 met keileemkaart TNO 2013), meer geschikt is voor het doorrekenen van scenario’s voor drainage in het kader van de externe werking N2000, dan het eerdere 7 lagen model.

6.2 Berekende effecten beregening

Ondanks de relatief grote verschillen in berekende grondwaterstanden en stijghoogten, zijn de berekende effecten tussen beide modelversies redelijk vergelijkbaar. De orde grootte van effecten is hetzelfde. De gebieden waar deze effecten optreden verschilt wel tussen beide modellen.

6.3 Aanbevelingen

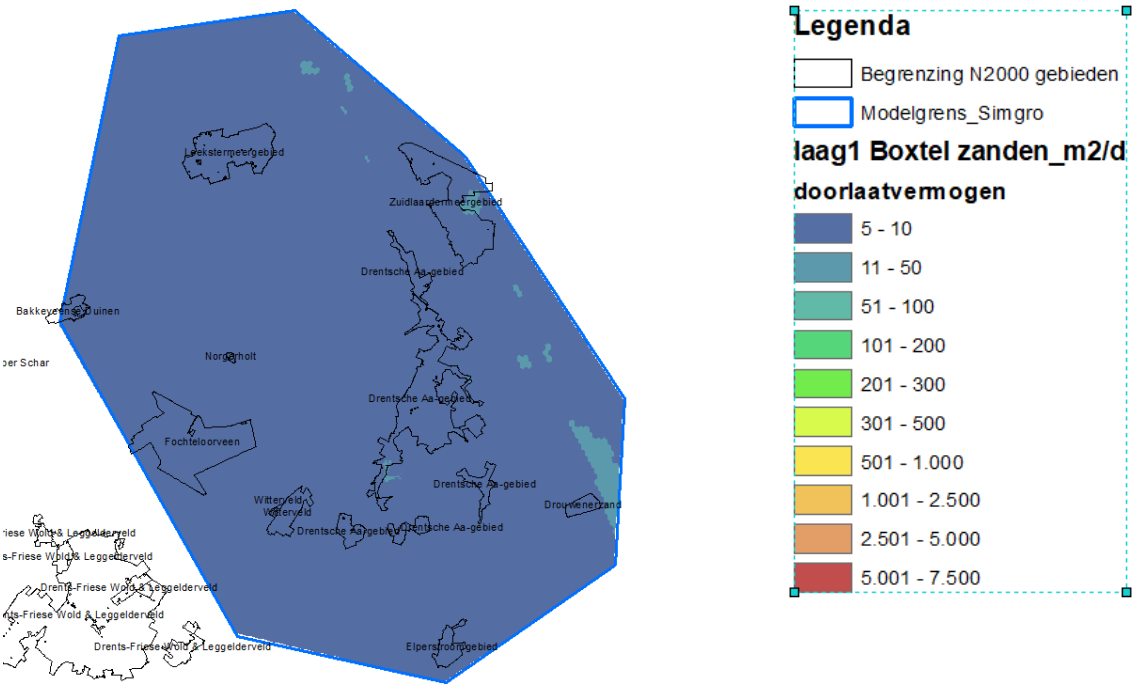
Het nader kalibreren van de diepere modellagen in gebieden met te hoge of te lage stijghoogten wordt in dit stadium niet aanbevolen; zeker niet met automatische procedures. Er is een groot verschil in de geohydrologische kenmerken in verschillende gebieden. Bovendien kan de situering van de peilbuis binnen de modelcel, zeker op de flanken van het beekdal, veel uitmaken.

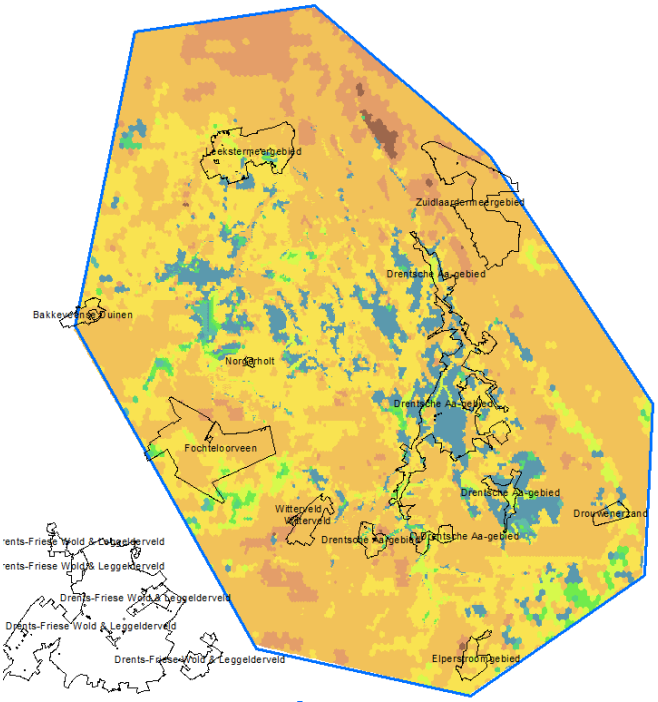
Wel wordt geadviseerd om, zodra deze resultaten beschikbaar komen, de huidige model schematisatie te vergelijken met de resultaten van de SkyTEM metingen. Met name voor de verbreiding van de Potklei wordt verwacht dat deze een gedetailleerder beeld zal geven, waardoor mogelijk REGIS v2.2 verder verfijnd kan worden.

7 Literatuur

1. Querner, E.P., Rakhorst, M., Hermans, A.G.M. en Hoegen, S., 2005. Verkenning van mogelijkheden om water vast te houden op het Drents Plateau; Pilot Noord West Drentse Beken. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 1240. 73 blz.
2. Querner, E.P., Hoegen, S., Hermans, A.G.M. en Rakhorst, M., 2006. Een nieuw SIMGRO-model voor de beken in Drenthe. H20 39e jaargang, no 18: 94-97.
3. Hooghoudt, 2014. MIPWA 2.1, update keileem.
4. Querner, 2018. Klimaatbestendig Stroomgebied Drentsche Aa; een balans vinden tussen landbouw en natuur (concept 24 okt 2018). In opdracht van WS Hunze & Aa's. 57 blz.

Bijlage 1 - Modelschematisatie SIMGRO 2005



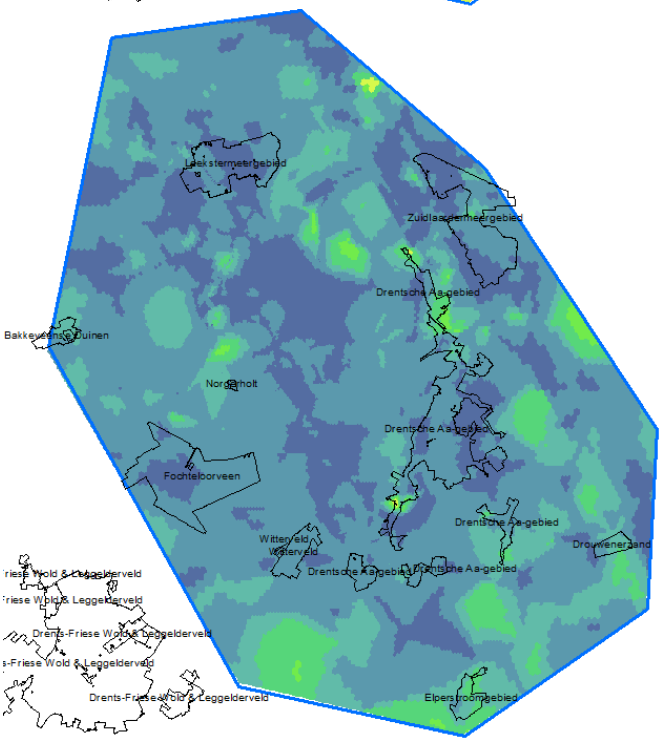


Legenda

- Begrenzing N2000 gebieden
- Modelgrens_Simgro

laag2 Keileem_Eemklei_veen_klei_d weerstand

- 5 - 10
- 11 - 50
- 51 - 100
- 101 - 200
- 201 - 300
- 301 - 500
- 501 - 1.000
- 1.001 - 5.000
- 5.001 - 25.000
- 25.001 - 95.145

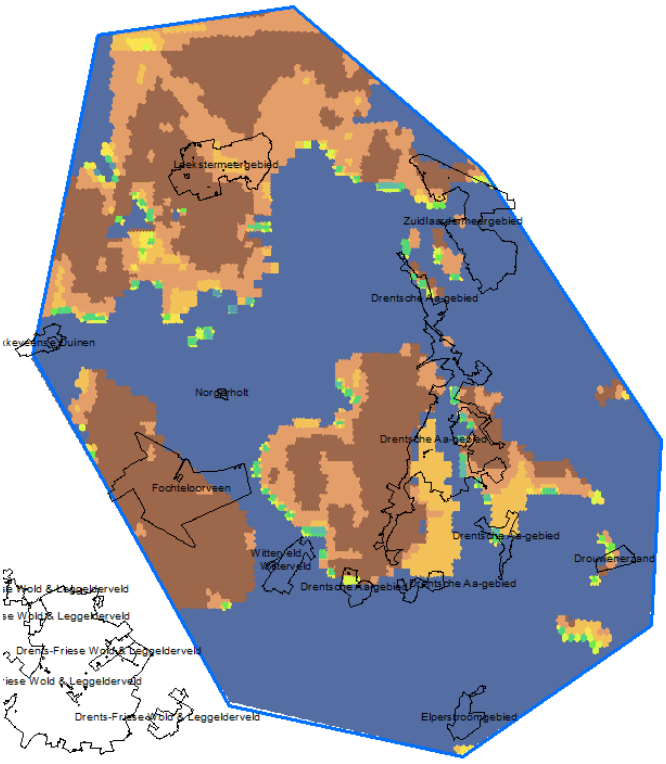


Legenda

- Begrenzing N2000 gebieden
- Modelgrens_Simgro

laag3 Peelo grof zand m2/d doorlaatvermogen

- 5 - 10
- 11 - 50
- 51 - 100
- 101 - 200
- 201 - 300
- 301 - 500
- 501 - 1.000
- 1.001 - 2.500
- 2.501 - 5.000
- 5.001 - 7.500

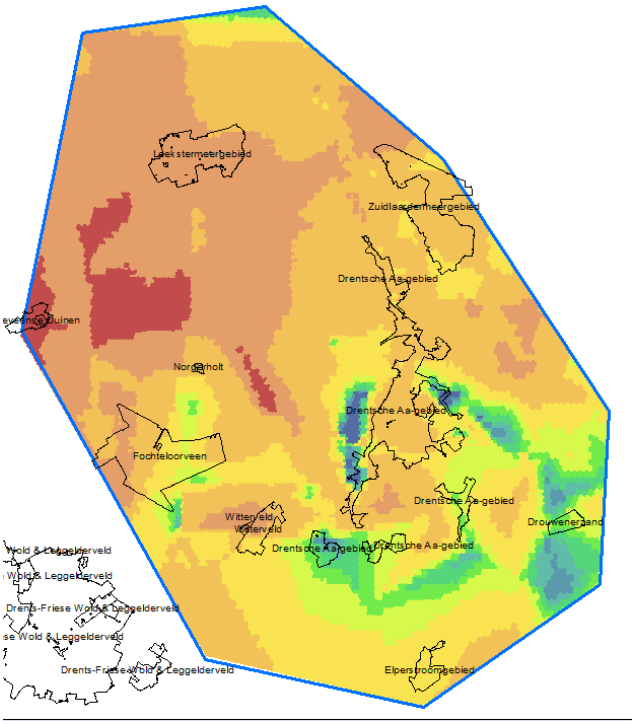


Legenda

- Begrenzing N2000 gebieden
- Modelgrens_Simgro

laag4 Potklei_Holstein_Cromer_klei d weerstand

- 5 - 10
- 11 - 50
- 51 - 100
- 101 - 200
- 201 - 300
- 301 - 500
- 501 - 1.000
- 1.001 - 5.000
- 5.001 - 25.000
- 25.001 - 95.145

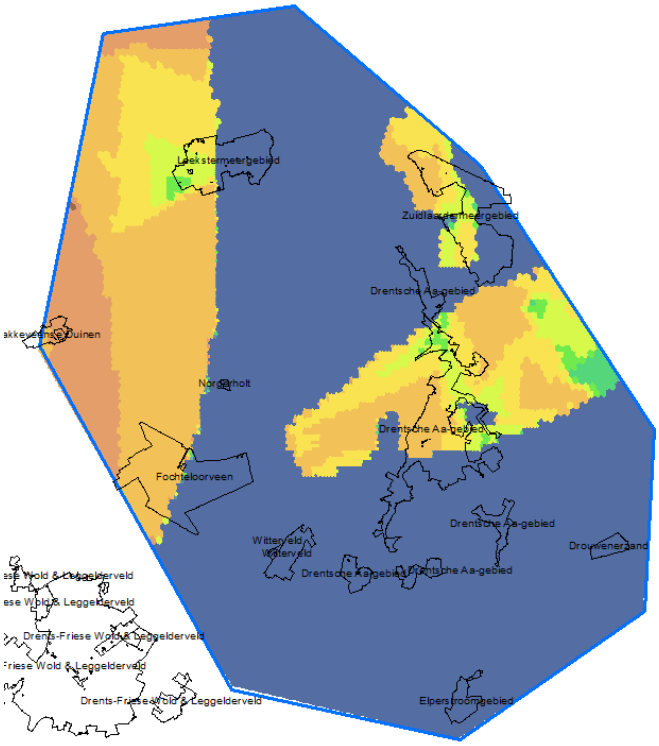


Legenda

- Begrenzing N2000 gebieden
- Modelgrens_Simgro

laag5 Peize zanden m2/d doorlaatvermogen

- 5 - 10
- 11 - 50
- 51 - 100
- 101 - 200
- 201 - 300
- 301 - 500
- 501 - 1.000
- 1.001 - 2.500
- 2.501 - 5.000
- 5.001 - 7.500



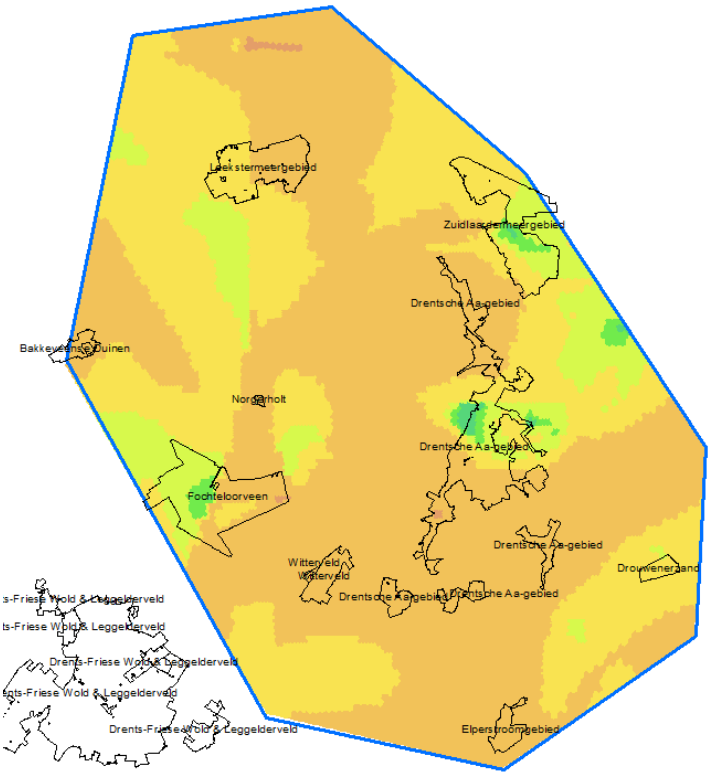
Legenda

- Begrenzing N2000 gebieden
- Modelgrens_Slim gro

laag6 Peize klei d

weerstand

- 5 - 10
- 11 - 50
- 51 - 100
- 101 - 200
- 201 - 300
- 301 - 500
- 501 - 1.000
- 1.001 - 5.000
- 5.001 - 25.000
- 25.001 - 95.145



Legenda

- Begrenzing N2000 gebieden
- Modelgrens_Simgro

laag7 Peize zanden m2/d

doorlaatvermogen

- 5 - 10
- 11 - 50
- 51 - 100
- 101 - 200
- 201 - 300
- 301 - 500
- 501 - 1.000
- 1.001 - 2.500
- 2.501 - 5.000
- 5.001 - 7.500

Bijlage 2: Weerstanden slecht doorlatende lagen REGIS v2.2

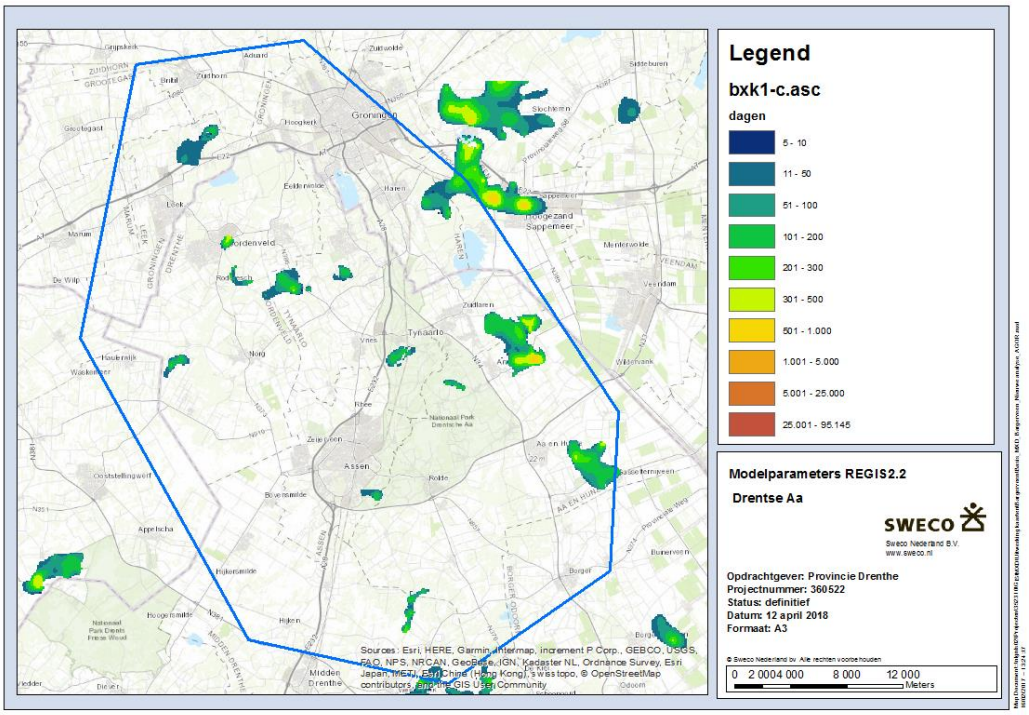
Legenda kaartbeelden:

dagen

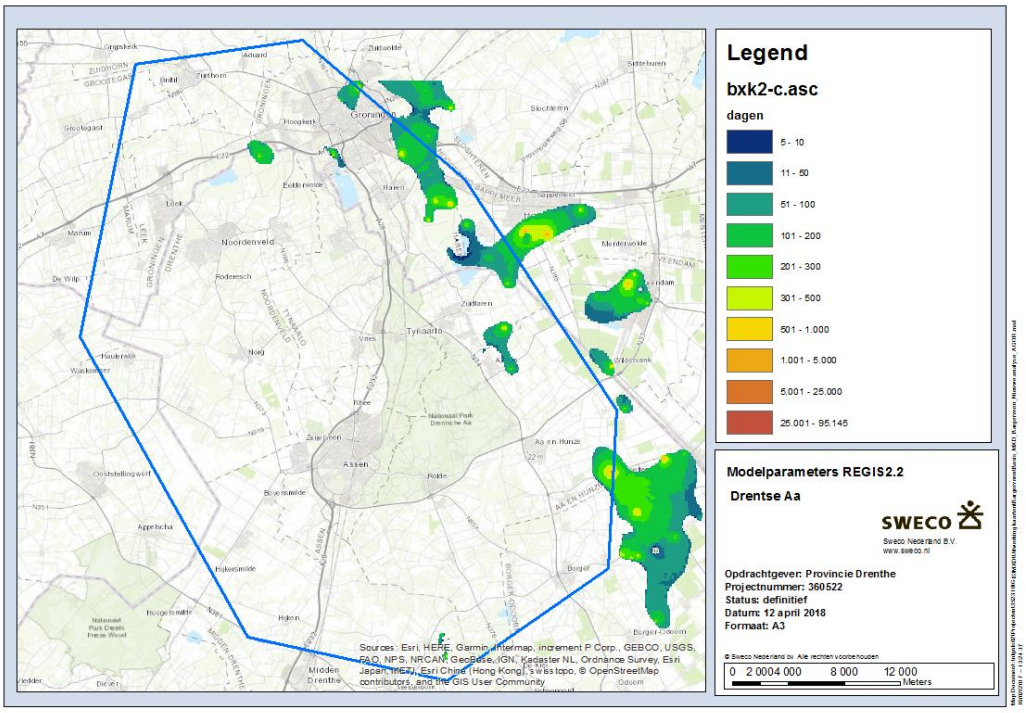
- 5 - 10
- 11 - 50
- 51 - 100
- 101 - 200
- 201 - 300
- 301 - 500
- 501 - 1.000
- 1.001 - 5.000
- 5.001 - 25.000
- 25.001 - 95.145

Modelparameters REGIS2.2

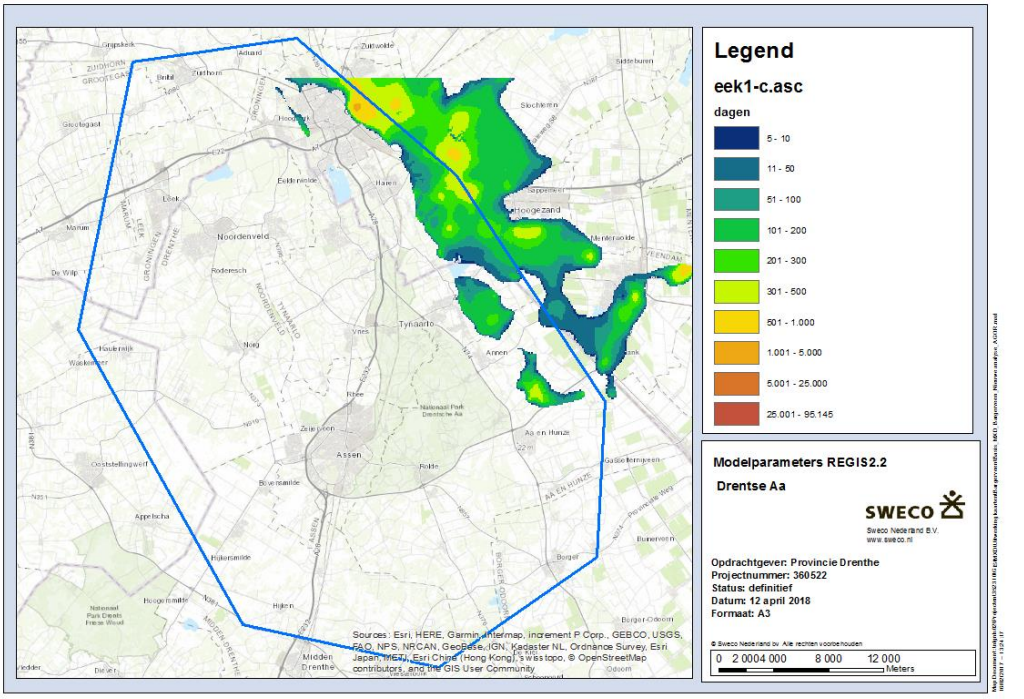
Voor bouw lagenmodel is een grotere clip aangevraagd bij TNO en verwerkt in het lagenmodel. In onderstaande plaatjes ontbreekt de meest noordelijke rand nog. Voor deze studie is deze rand echter niet relevant en zijn de kaarten niet opnieuw gemaakt.



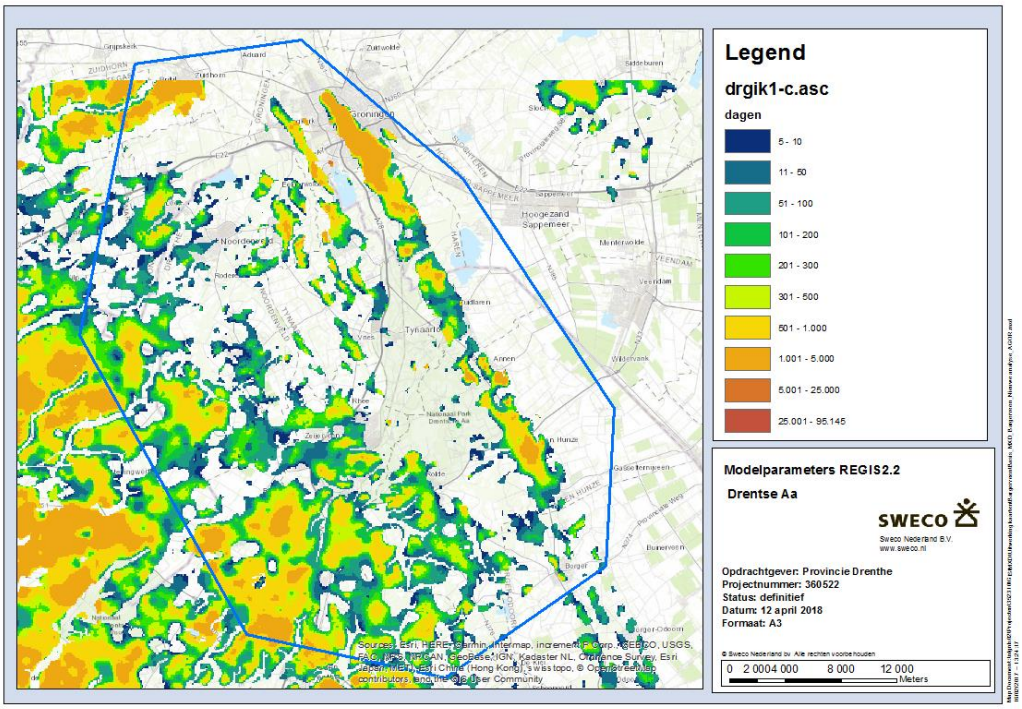
Boxtelklei 1. Weerstand in dagen



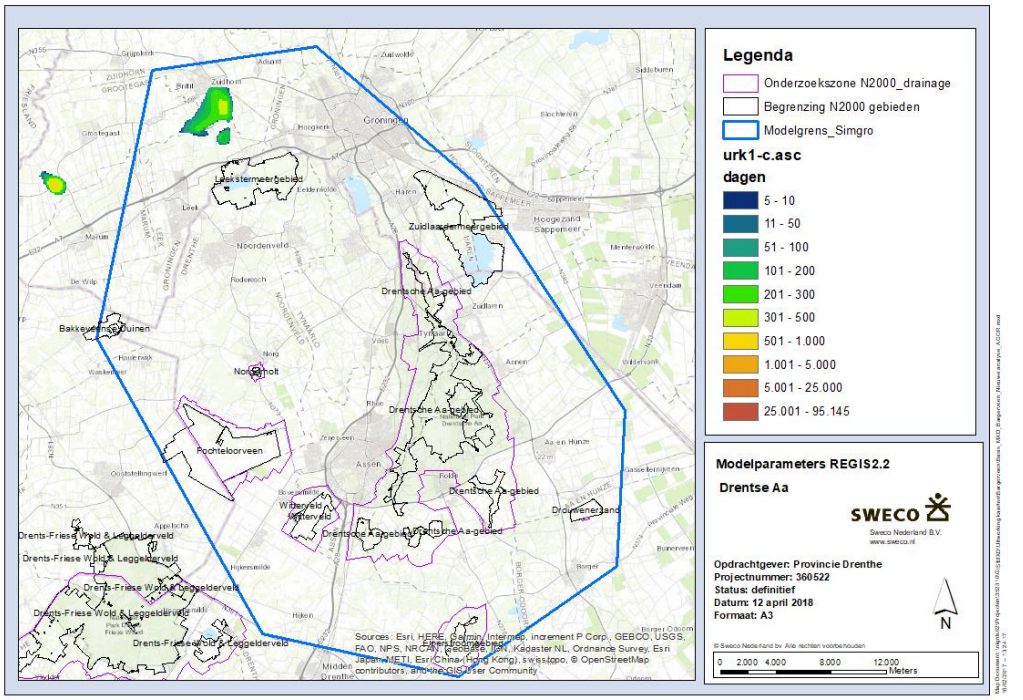
Boxtelklei 2- weerstand in dagen



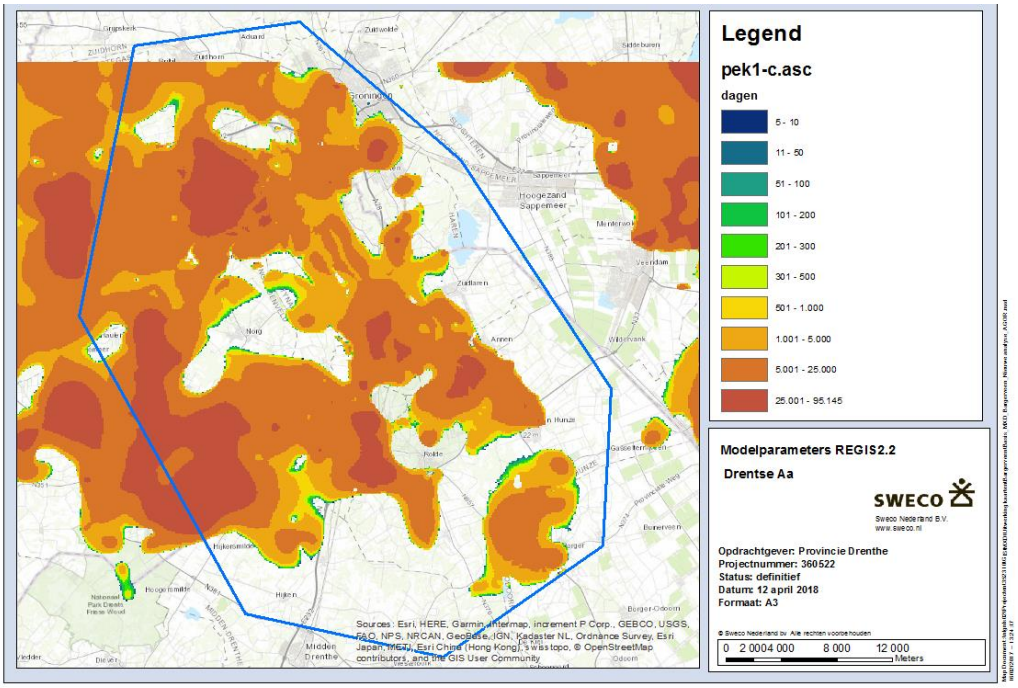
Eemklei1 - weerstand in dagen



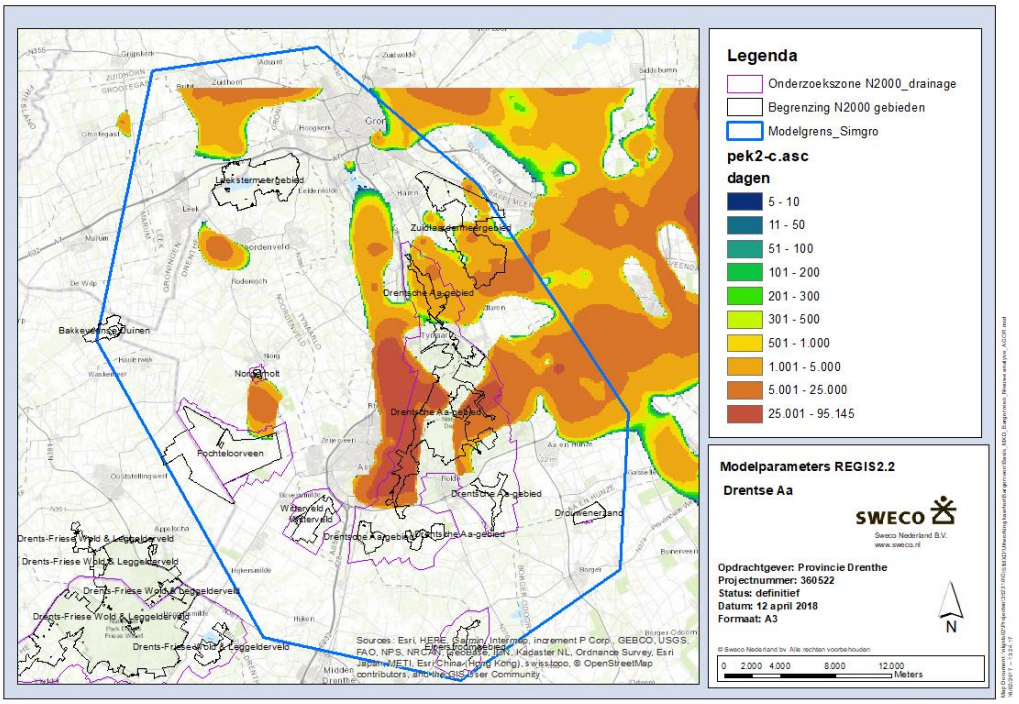
Drenthe-Gieten klei (Keileem)- weerstand in dagen



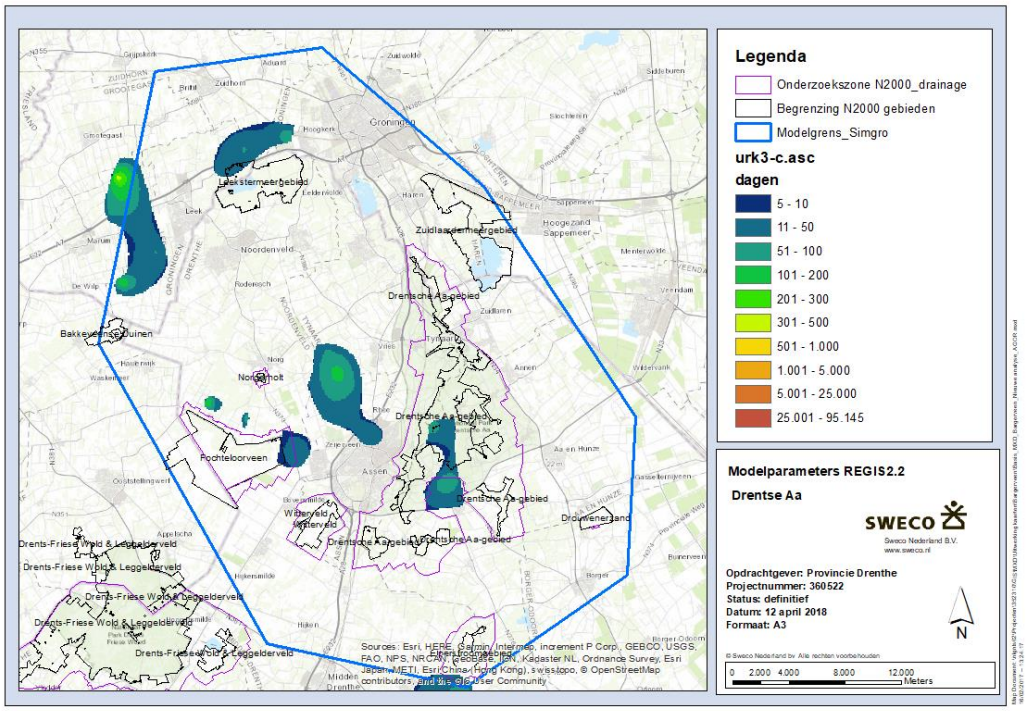
Urk klei1- weerstand in dagen



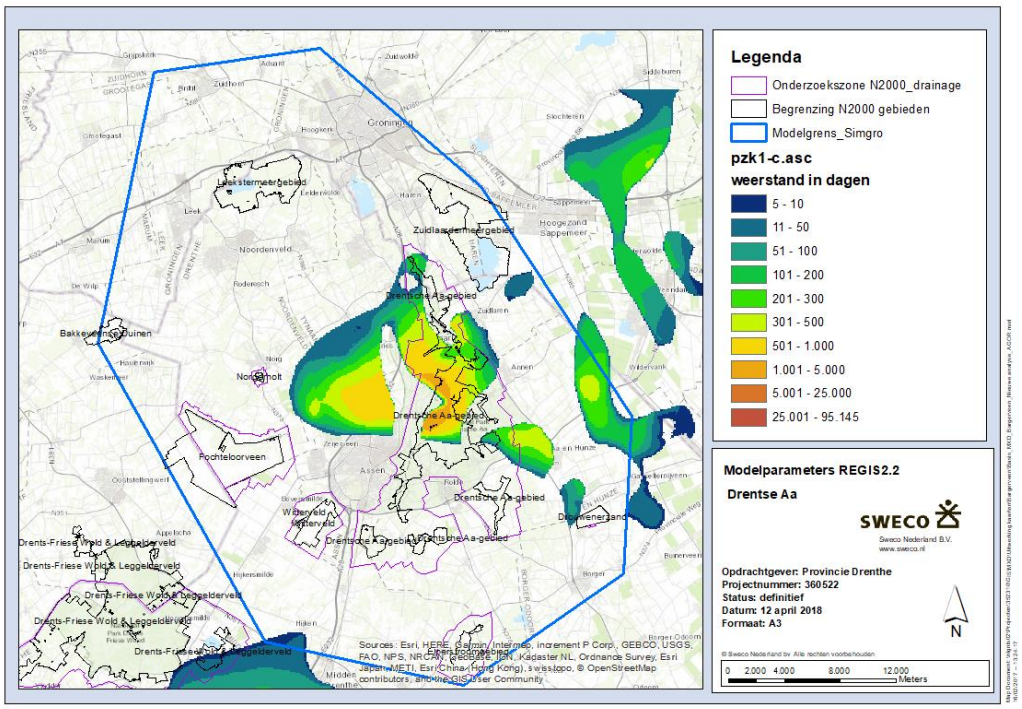
Peeloklei 1- weerstand in dagen



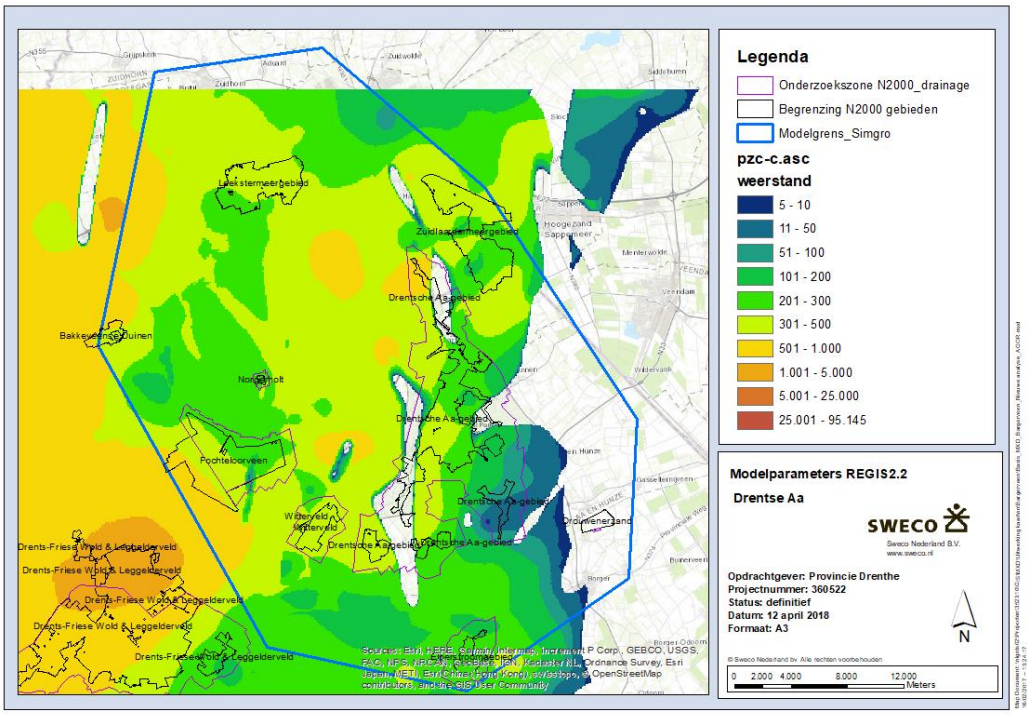
Peeloklei 2- weerstand in dagen



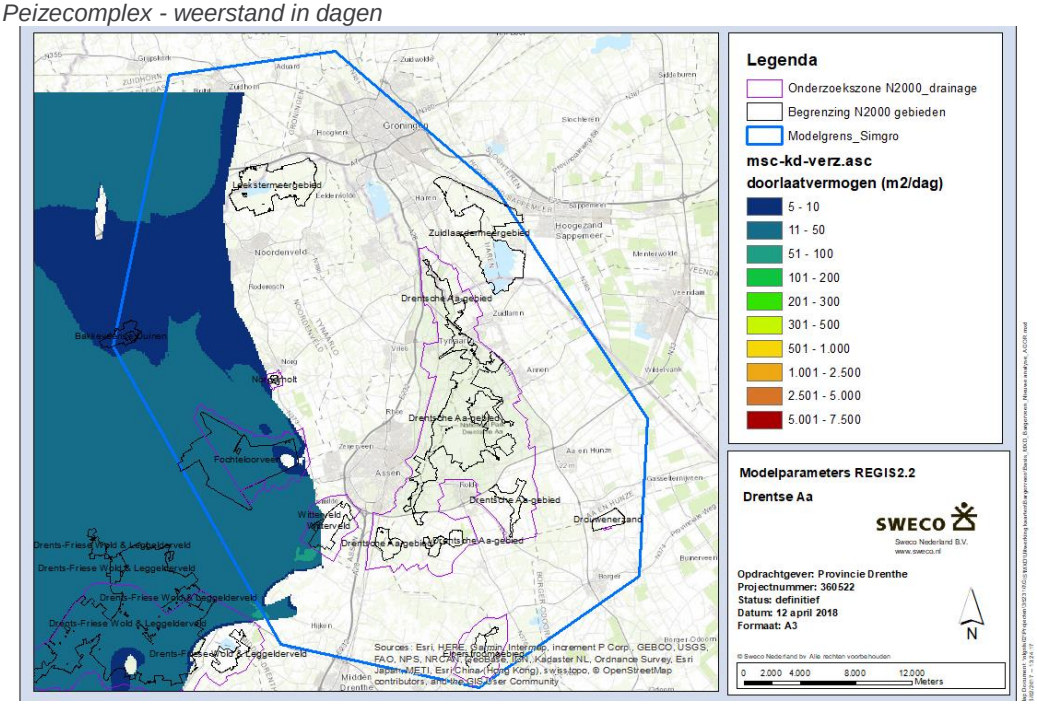
Urkklei 3- weerstand in dagen



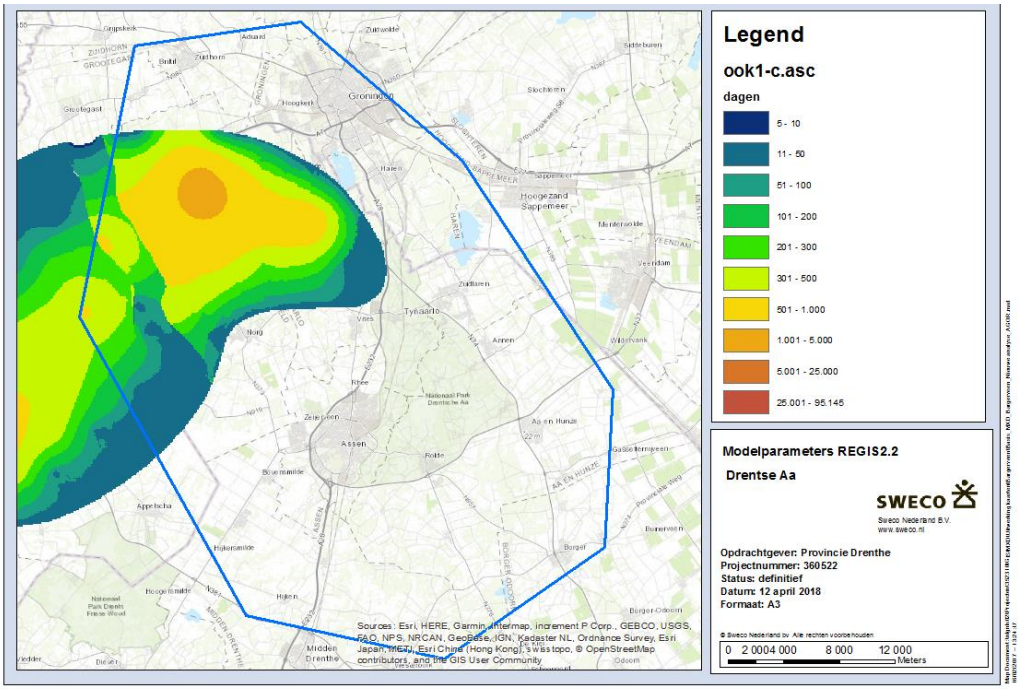
Peizeklei 1- weerstand in dagen



Peizecomplex - weerstand in dagen



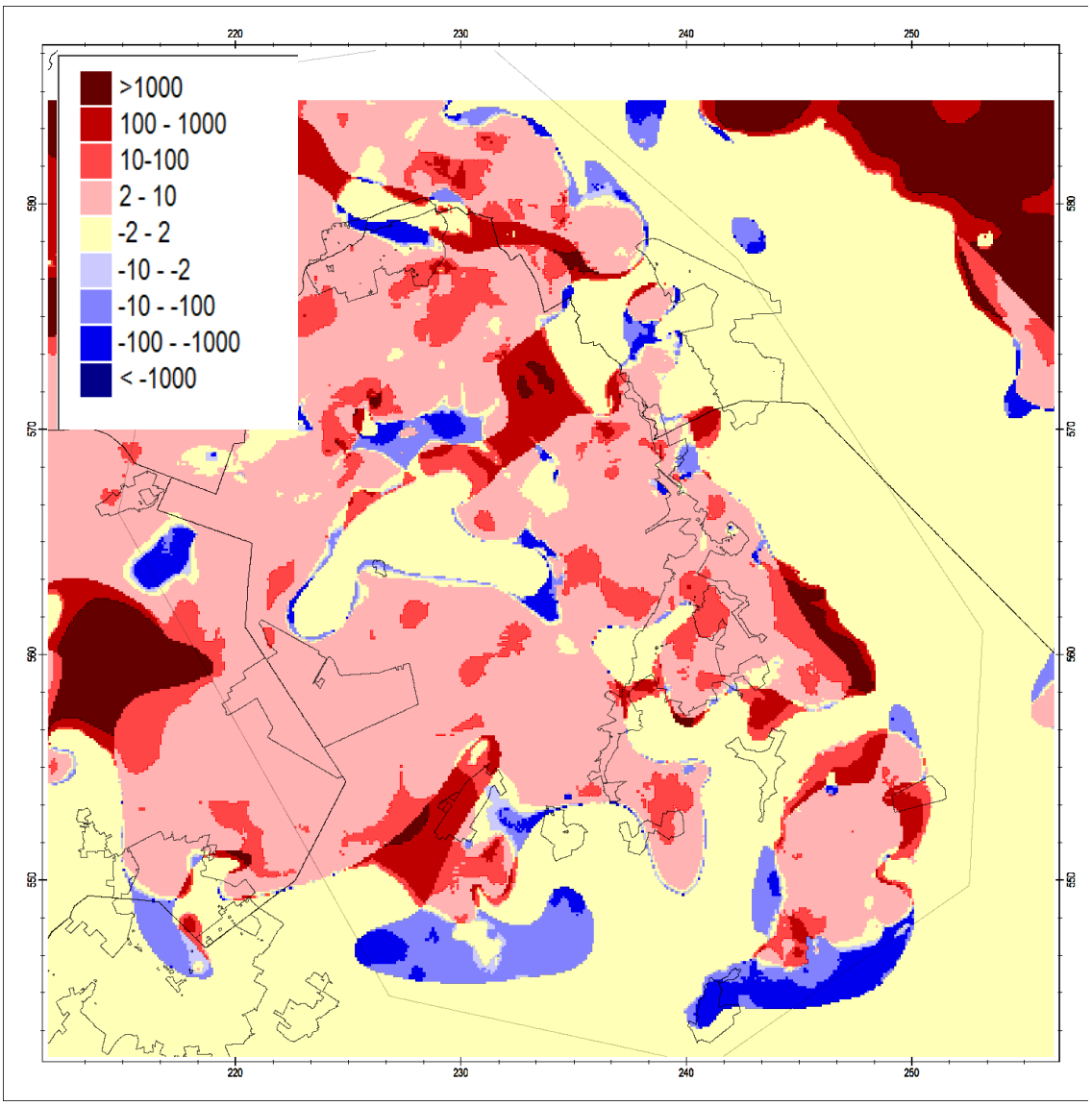
Maassluis complex- doorlaatvermogen in m²/dag



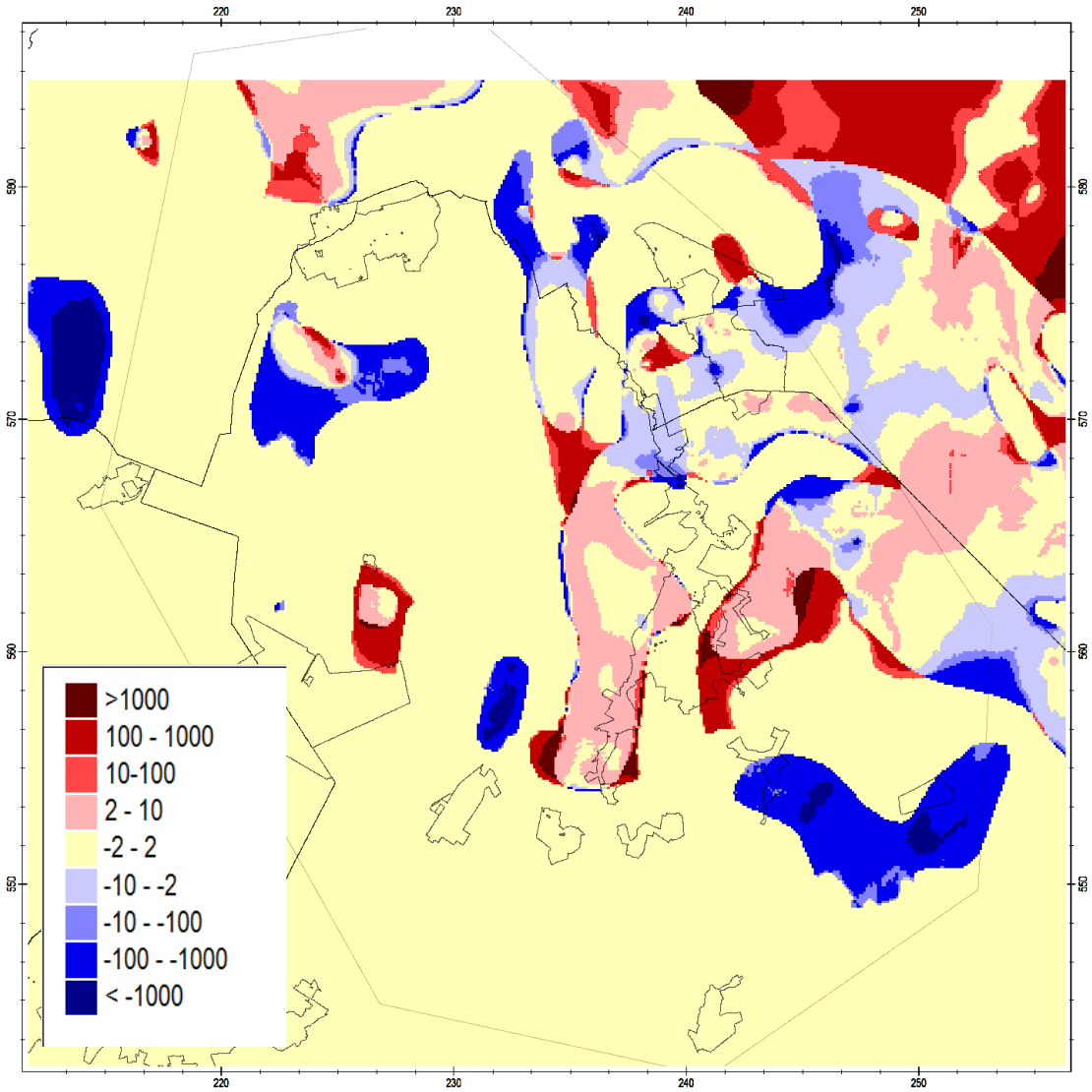
Oosterhout klei 1- weerstand in dagen

Bijlage 3. Verschilkaarten weerstand Peeloklei

In onderstaande figuren is het verschil (factor) tussen de weerstand van de Peeloklei 1 en Peeloklei 2 in REGIS v2.1 en REGIS v2.2 weergegeven. Blauw= Peeloklei ontbreekt in REGIS v2.2, maar zit wel in REGIS v2.1. Rood= Peeloklei ontbreekt in REGIS v2.1, maar zit wel in REGIS v2.2. Verder is het verschil in de weerstand in grote gebieden een factor 2 of meer (roze= REGIS v2.2 weerstand factor 2-10 hoger dan in REGIS v2.1).



Factor verschil weerstand Peeloklei 1 REGIS v2.1 en REGIS v2.2



Factor verschil weerstand Peeloklei 2 REGIS v2.1 en REGIS v2.2

Bijlage 4. Toelichting keileemkaart in REGIS v2.2

Energie
Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56
F +31 88 866 44 75

Aan
Ir. S.S. Schunselaar

Van
Drs. R. Harting

Kopie aan
Ir. R.W. Vernes

Datum
25 april 2018

Onze referentie
GDN-AdvOnd-RH-001

Doorkiesnummer
+31888664824

Onderwerp
Verschillen MIPWA keileem kartering (2013) en REGIS II v2.2 (2017) rondom het Drouwenerzand

Geachte mevrouw Schunselaar, beste Sandra,

Afgelopen week ontvingen wij per mail uw vraag over het verschil tussen de keileem zoals gemodelleerd in de MIPWA keileem kartering (Vernes *et al.* 2013) en de recentste versie van REGIS II (v2.2, 2017), specifiek in de omgeving van het Drouwenerzand. In dit gebied is in REGIS II minder keileem (als eenheid DRGI-k-1) gemodelleerd dan in de MIPWA detailkartering.

MIPWA detailkartering en REGIS II
De detailkartering van de keileem in het kader van het MIPWA modelinstrumentarium is in 2012-2013 uitgevoerd als voorbereiding op de GeoTOP detailkartering van Noord Nederland. De huidige versie van GeoTOP (v1.3) dekt nu het noordelijke deel van het MIPWA modelgebied; grofweg ten noorden van de lijn Lemmer-Gorredijk-Assen-Stadskanaal. Ten zuiden daarvan, waar ook het gebied rondom het Drouwenerzand onder valt, is GeoTOP nog niet beschikbaar. De methodiek van GeoTOP richt zich op het automatisch interpreteren van (vrijwel) alle boringen om een geologisch model te maken; in de detailkartering zijn in totaal ruim 140.000 locaties gebruikt.

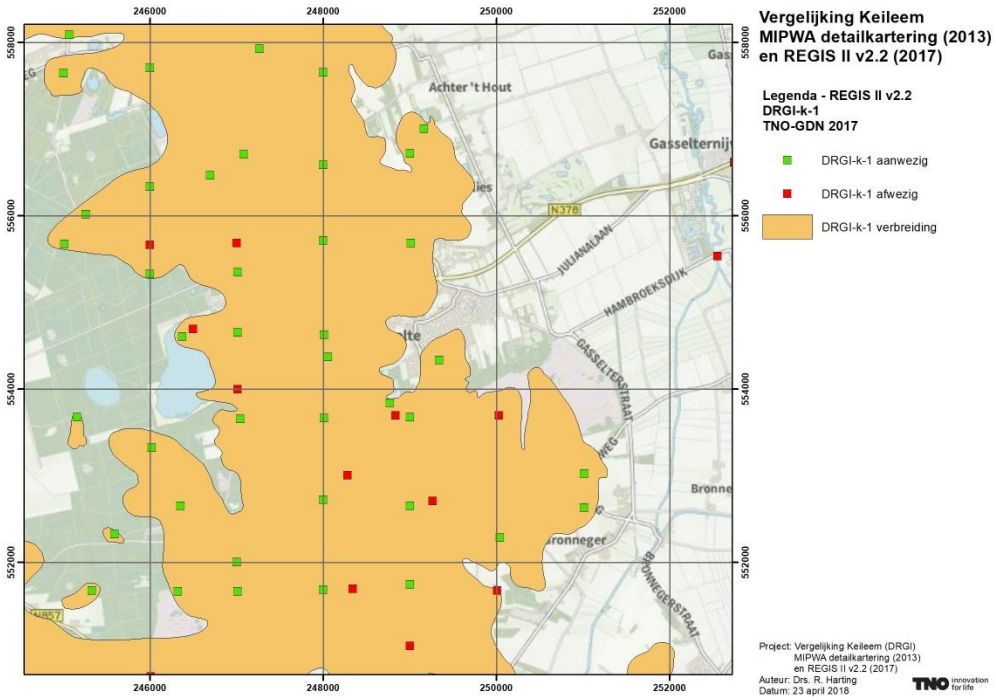
Aan de recentste versie van REGIS II is de nieuwe versie van het Digitaal Geologisch Model (DGM v2.2, 2014) vooraf gegaan. De keileem, gekarteerd in REGIS-eenheid DRGI-k-1, valt binnen de DGM-eenheid Formatie van Drente (DR). Voor zowel DGM als REGIS wordt een selectie van bijna 17.000 boringen verspreid over heel Nederland gebruikt, in noord Nederland aangevuld met ongeveer 10.000 handboringen specifiek ter ondersteuning van de modellering van de keileem en ondiepere eenheden.

De gebruikte basisgegevens uit REGIS II en de MIPWA detailkartering zijn weergegeven in Figuur 1 (REGIS II) en Figuur 2 (MIPWA). Hierin is duidelijk het grote verschil in gebruikte puntgegevens te zien: voor de MIPWA detailkartering is een veelvoud aan data gebruikt.

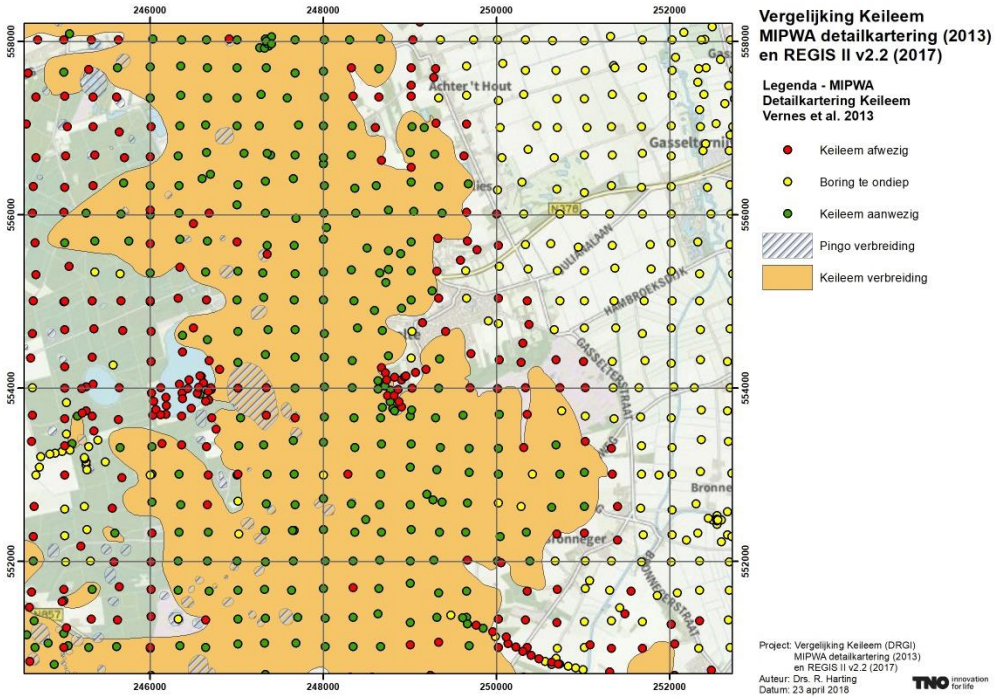
Datum
25 april 2018

Onze referentie
GDN-AdvOnd-RH-001

Blad
2/4



Figuur 1. Overzicht basisgegevens DRGI-k-1 uit REGIS II v2.2: boringen met en zonder keileem, en de potentiële verbreiding.

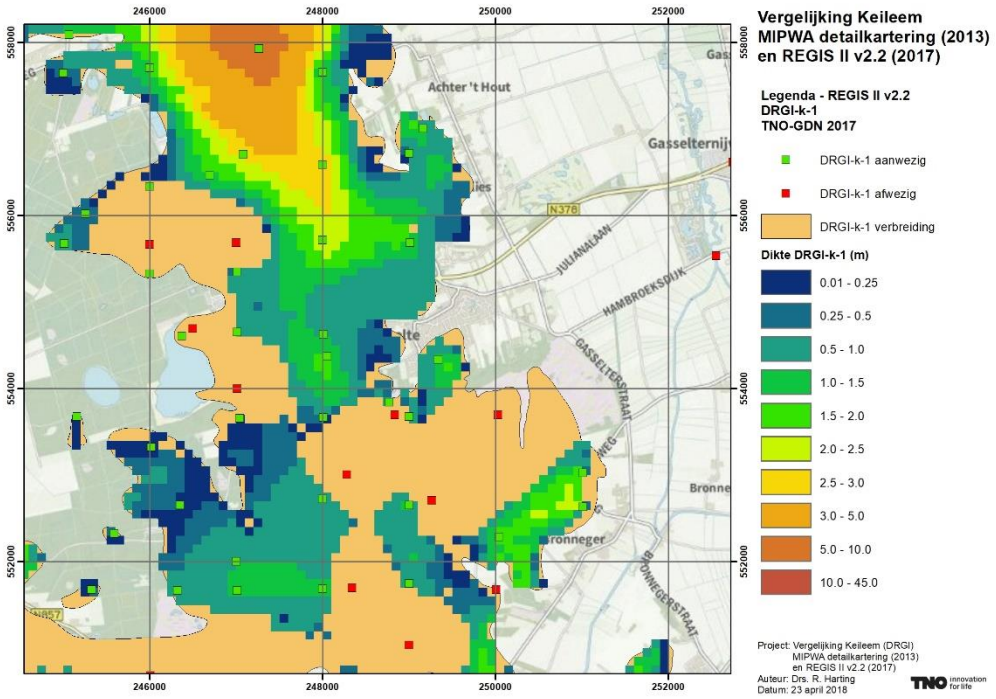


Figuur 2. Overzicht basisgegevens Keileem uit MIPWA detailkartering: boringen met en zonder keileem of niet aangeboord, en de potentiële verbreiding.

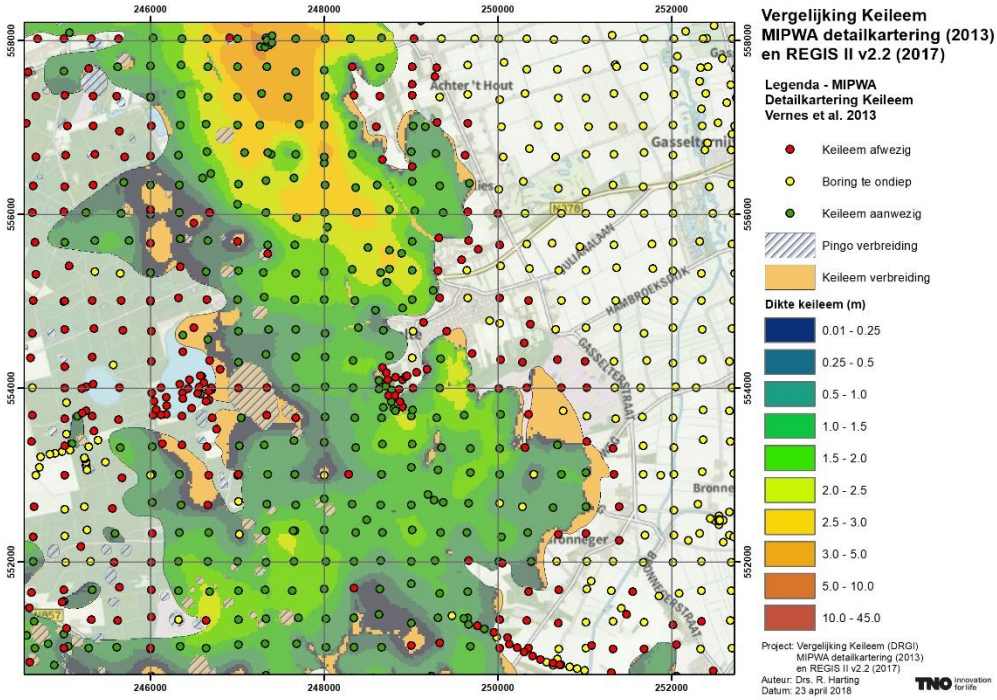
Datum
25 april 2018

Onze referentie
GDN-AdvOnd-RH-001

Blad
3/4



Figuur 3. Gemodelleerde dikte van de DRGI-k-1 uit REGIS II v2.2, met op de achtergrond dezelfde basisdata als in figuur 1.



Figuur 4. Gemodelleerde dikte van de keileem uit de MIPWA detailkartering, met op de achtergrond dezelfde basisdata als in figuur 2.

Gemodelleerde keileem
Het effect van de veel grotere set gegevens op de gemodelleerde keileem is duidelijk zichtbaar in de figuren 3 en 4. Figuur 4 laat zien dat er in de MIPWA detailkartering meer keileem gemodelleerd is. De potentiële verbreiding van de keileem is vrijwel identiek aan elkaar; het verschil wordt volledig veroorzaakt door het verschil in de hoeveelheid gebruikte puntgegevens.
Over het algemeen is waar in beide modellen keileem gemodelleerd wordt deze van vergelijkbare dikte; echter, in REGIS II is de DRGI-k-1 in een aantal gebieden afwezig, wat direct veroorzaakt wordt door boorpunten waar geen keileem in is aangetroffen (keileem afwezig). Deze boringen zijn ook in de MIPWA detailkartering gebruikt als afwezig-boring. Daarin zijn ze echter omgeven door handboringen met keileem waardoor het effect van de afwezig-boringen veel beperkter is.

Verschil gebruik REGIS II en MIPWA detailkartering
REGIS II heeft, net als DGM, een beoogd gebruik op regionale schaal tot enkele honderden meters diepte. Deze modellen vangen de regionale opbouw van de ondergrond, maar kunnen door de lagere datadichtheid niet voor lokale studies gebruikt worden. Het doel van de MIPWA detailkartering was om zo gedetailleerd mogelijk, op basis van zo veel mogelijk data, de keileem te modelleren als voorbereiding op de nog uit te voeren GeoTOP modellering. Lokaal zijn er dus zeker afwijkingen tussen REGIS II en MIPWA, in dit geval veroorzaakt door de bovengenoemde afwezig-boringen in REGIS II.

Synthese en suggesties
Bij het maken van REGIS II v2.2 is, binnen de mogelijkheden van de modelworkflow, gebruik gemaakt van de gegevens uit de MIPWA keileem kartering. De potentiele verbreiding is in de regel overgenomen en ingepast; de aanpassingen in interpretaties van boringen die in de detailkartering gedaan zijn, zijn ook meegenomen voor de REGIS II modellering. Binnen de workflow van REGIS II zijn niet alle boringen meegenomen zoals dat in de MIPWA detailkartering wel gedaan is. Als te zijner tijd GeoTOP verder uitgerold wordt, zal dat wel gedaan worden.

Gezien het belang van de keileem voor het MIPWA model en de beschikbaarheid van een dergelijke detailkartering is het aan te bevelen om de detailkaart in het model in te brengen. In de delen van het MIPWA gebied waar reeds een GeoTOP model van beschikbaar is, is het mogelijk om het gehele GeoTOP model op te nemen, inclusief de keileem.

Mochten er nog vragen zijn naar aanleiding van het bovenstaande of anderszins, neem vooral contact met ons op, per mail (ronald.harting@tno.nl) of telefonisch (088 866 48 24).

Met vriendelijke groet,

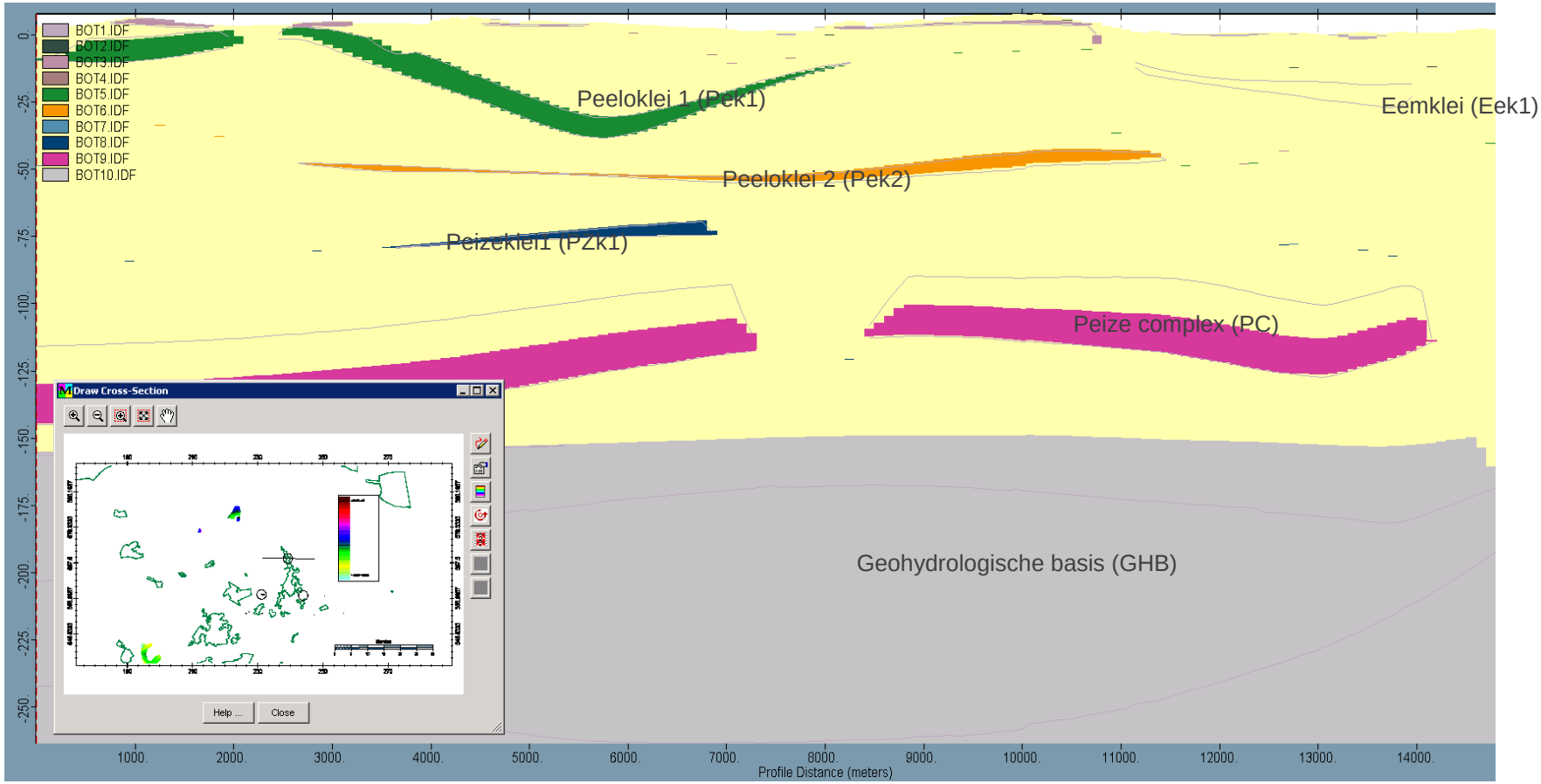
Ronald Harting

‘

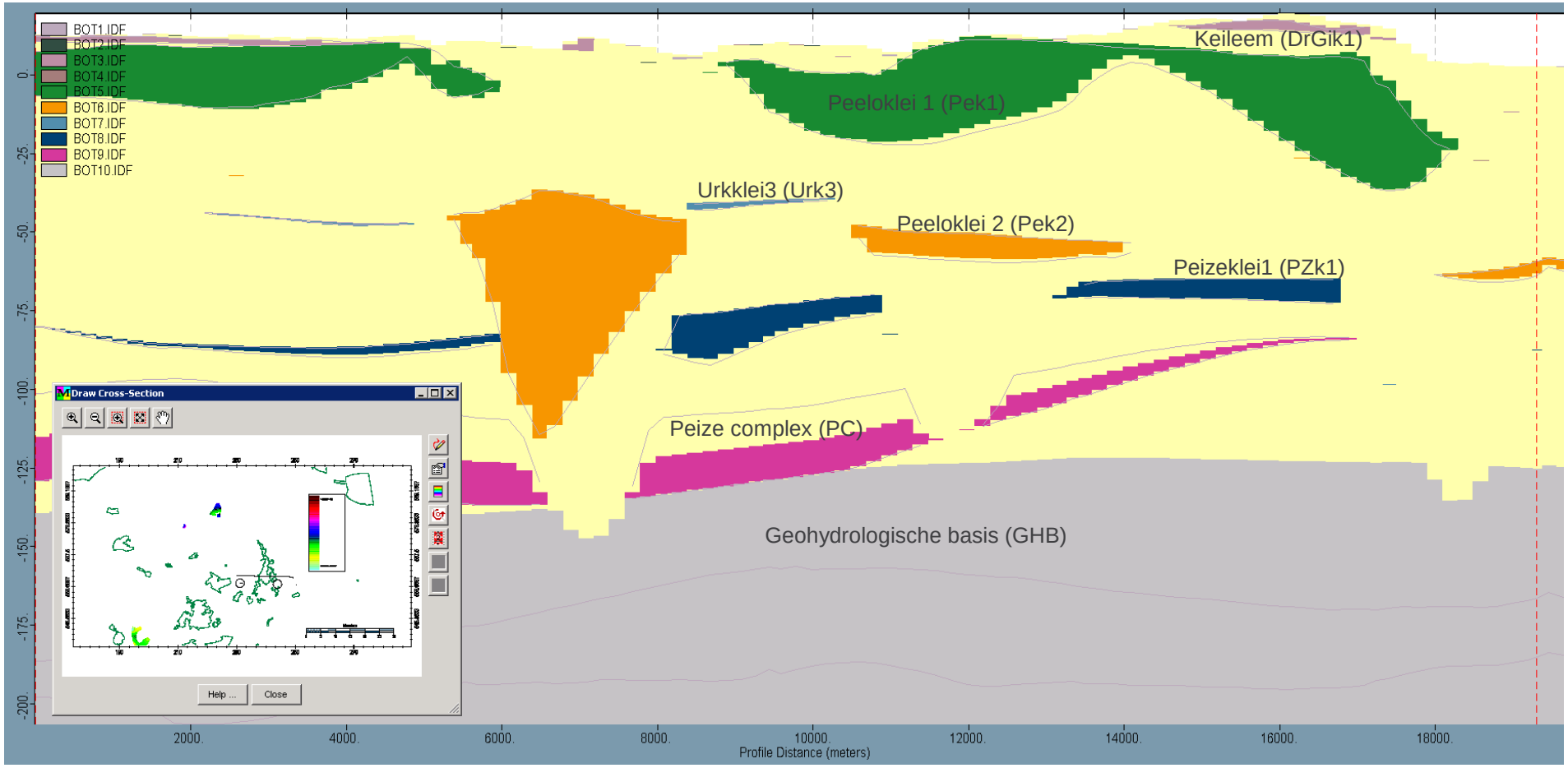
Bijlage 5 Mapping modellagen REGIS v2.2 Drentsche Aa

Drentse Aa e.o.							
Geologische eenheid Formatie	Hydrolgeologische eenheid	codering	Mapping SDL in MIPWA v3	Mapping modellaag in SIMGRO2005	Voorstel Mapping modellagen Sandra	Lagenmodel SIMGRO DRN_2018	opmerking bij mapping SIMGRO
Antropogeen/Holoceen (Naaldwijk, Nieuwkoop,		HL-C	deklaag (veen + TNO2007)	2	50% WVL1 50% SDL1	2	
Boxtel	zand 2	BX-z-2			WVL2	3	
	klei 1	BX-k-1	SDL2	2	SDL2	4	dikte Bxk1 verwaarloosd.
	zand 3	BX-z-3			WVL2	3	komt voor zowel onder BXK1 als boven BXK2. Na samenvoeging is deze zandlaag volledig boven SDL2
	klei 2	BX-k-2	SDL2 (80%) SDL3 (20% zuid)	2	SDL2	4	
	zand 4	BX-z-4			WVL3	5	
Eem	zand 1	EE-z-1			WVL3	5	
	klei 1	EE-k-1	SDL3	2	SDL3	6	dikte Eek1 verwaarloosd (1cm). C-waarde toegevoegd aan SDL3 keileem
	zand 2	EE-z-2			WVL3	5	Zandlaag komt voor onder eemklei weerstand. Is nu erboven geplaatst. (minimale afstand tot Dr.Aa=1,8km)
	zand 3	EE-z-3			WVL3	5	Zandlaag komt voor onder eemklei weerstand. Is nu erboven geplaatst. (minimale afstand tot Dr.Aa=1,8km)
Drenthe	zand 1	DR-z-1			WVL3	5	
	zand 2	DR-z-2			WVL3	5	
	klei 1	DRGI-k-1	SDL3	2	SDL3	6	
	zand 3	DR-z-3			WVL4	7	
Boxtel	zand 1	DN-z-1			WVL4	7	
Urk (Tynje)	zand 1	UR-z-1			WVL4	7	
	klei1	UR-k-1	SDL4	4	SDL4	8	
	zand 2	UR-z-2			WVL5	9	
	zand 3	UR-z-3			WVL5	9	
Peelo	zand 1	PE-z-1			WVL5	9	
	klei1	PE-k-1	SDL5	4	SDL5	10	
	zand 2	PE-z-2			WVL6	11	
	klei 2	PE-k-2	SDL6	4	SDL6	12	
	zand 3	PE-z-3			WVL7	13	
Urk (Veenhuizen)	zand 4	UR-z-4			WVL7	13	Komt voor boven Urkklei 3, maar onder PEK2. Besloten is daarom om deze lagen niet samen te voegen.
	klei 3	UR-k-3	SDL6 (80%) SDL7 (20% noord)	4	SDL7	14	Bij samenvoeging zou dikte PEK2 verdwijnen en blijft URK3 alleen over. Dit is onwenselijk
	zand 5	UR-z-5			WVL8	15	
Appelscha	zand 1	AP-z-1			WVL8	15	
Peize-Waalre	zand 2	PZWA-z-2			WVL8	15	
	klei 1	PZ-k-1	SDL7	6	SDL8	16	
	zand 3	PZWA-z-3			WVL9	17	
	complex	PZ-C	In WVL8, met weerstand 50-50 verdeeld boven en onder	6	50% WVL9/ 50% SDL9	18	
	zand 4	PZWA-z-4			WVL10	19	
Maassluis	zand 2	MS-z-2			WVL10	19	
	zand 3	MS-z-3			WVL10	19	
	complex	MS-c	In WVL9, met weerstand 50-50 verdeeld boven en onder		50% WVL10	19	
	zand 4	MS-z-4			WVL10	19	
Oosterhout	klei 1	OO-k-1	Niet terug te vinden in mapping*		GHB		
	zand 1	OO-z-2					
	complex	OO-c	Niet terug te vinden in mapping*		GHB		
Breda	klei 1	BE-k-1	Geohydrologische basis (GHB)	GHB	Geohydrologische basis (GHB)		

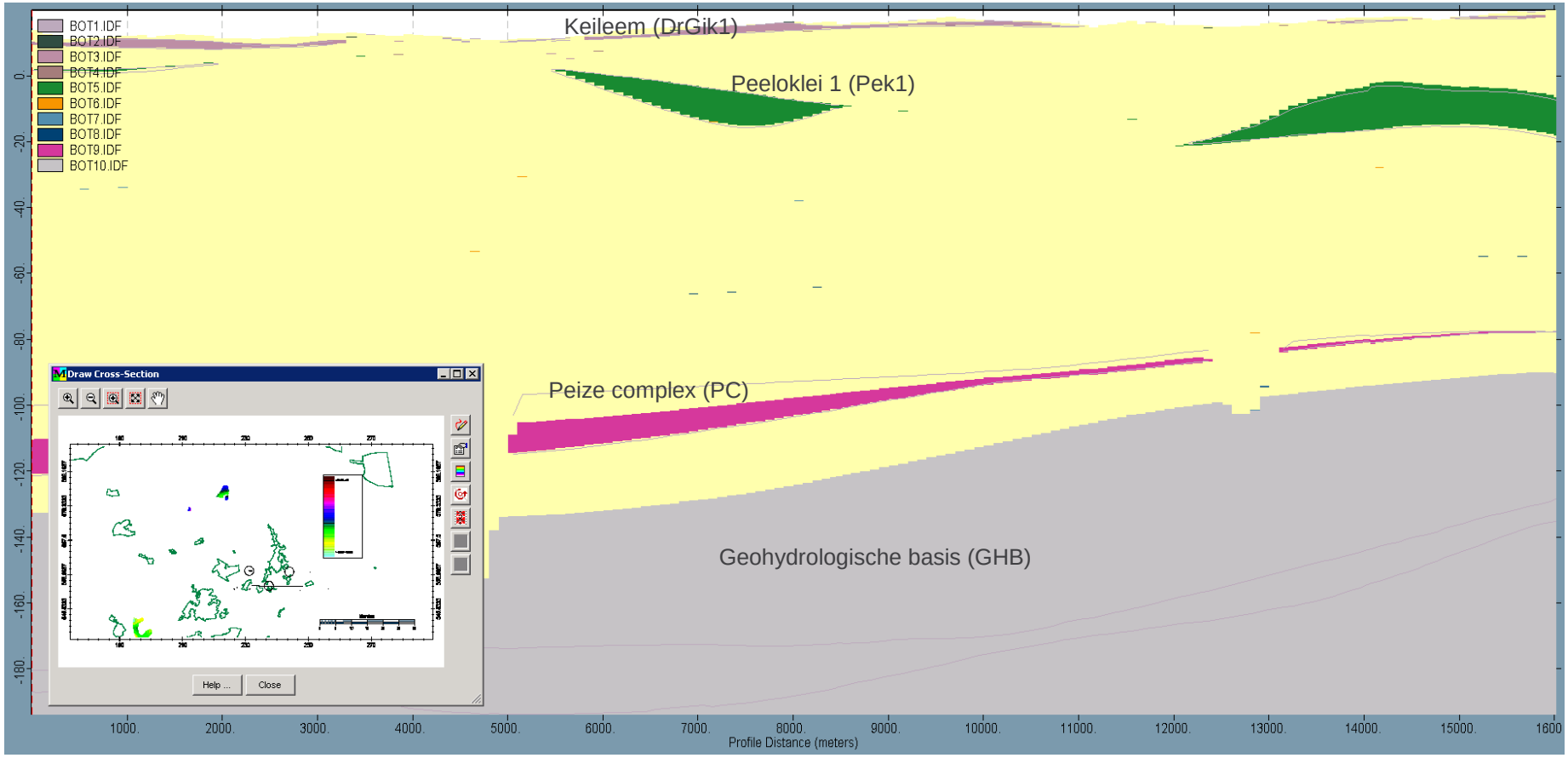
Bijlage 6 REGIS v2.2 lagenmodel dwarsdoorsneden Drentsche Aa



West-oost doorsnede door Drentsche Aa- noordelijk deel. Kleuren= slecht doorlatende modellagen; lijnen= top/bottom REGIS kleilagen. (Eemklei ontbreekt in top-bottom lagen; deze is wel meegenomen in C-waarde laag 3)

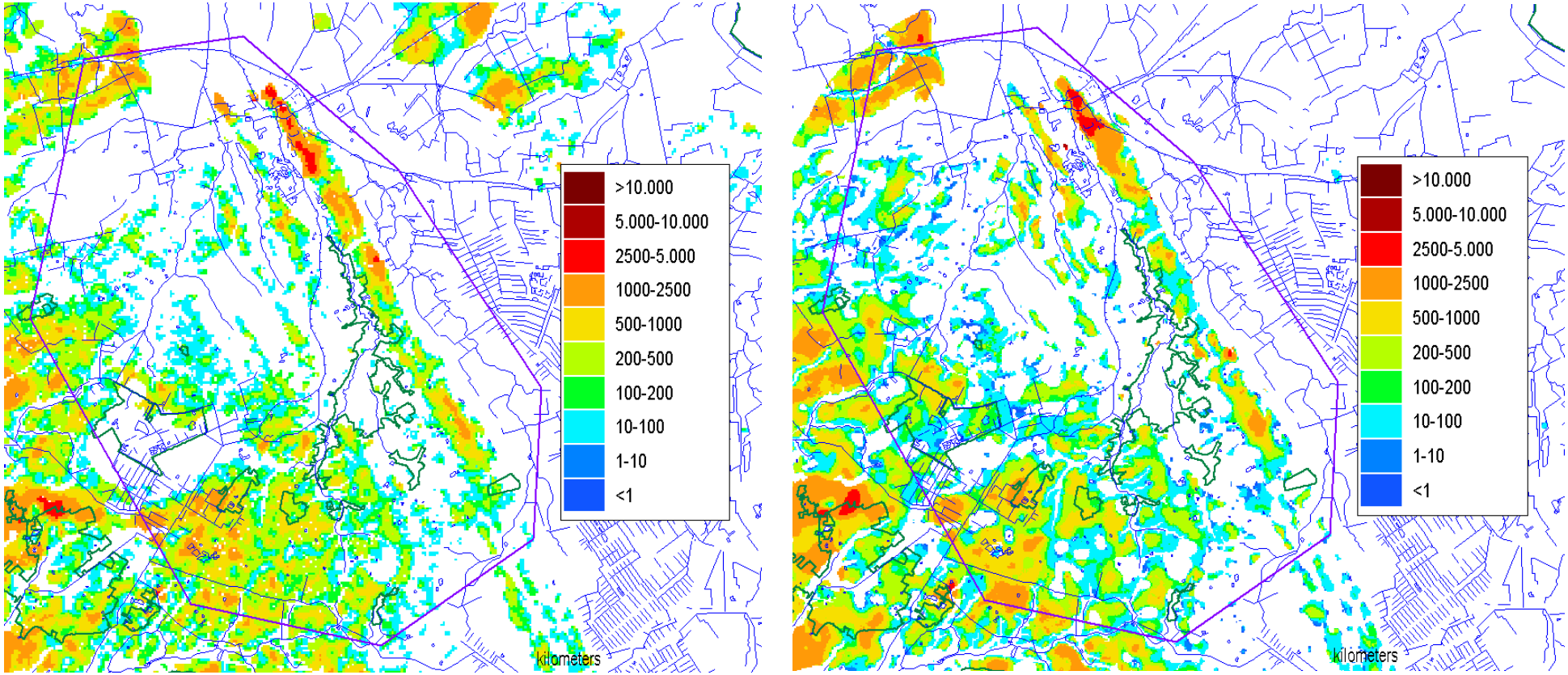


West-oost doorsnede door Drentsche Aa- midden deel. Kleuren= slecht doorlatende modellagen; lijnen= top/bottom REGIS kleilagen.



West-oost doorsnede door Drentsche Aa- zuidelijk deel. Kleuren= slecht doorlatende modellagen; lijnen= top/bottom REGIS kleilagen.

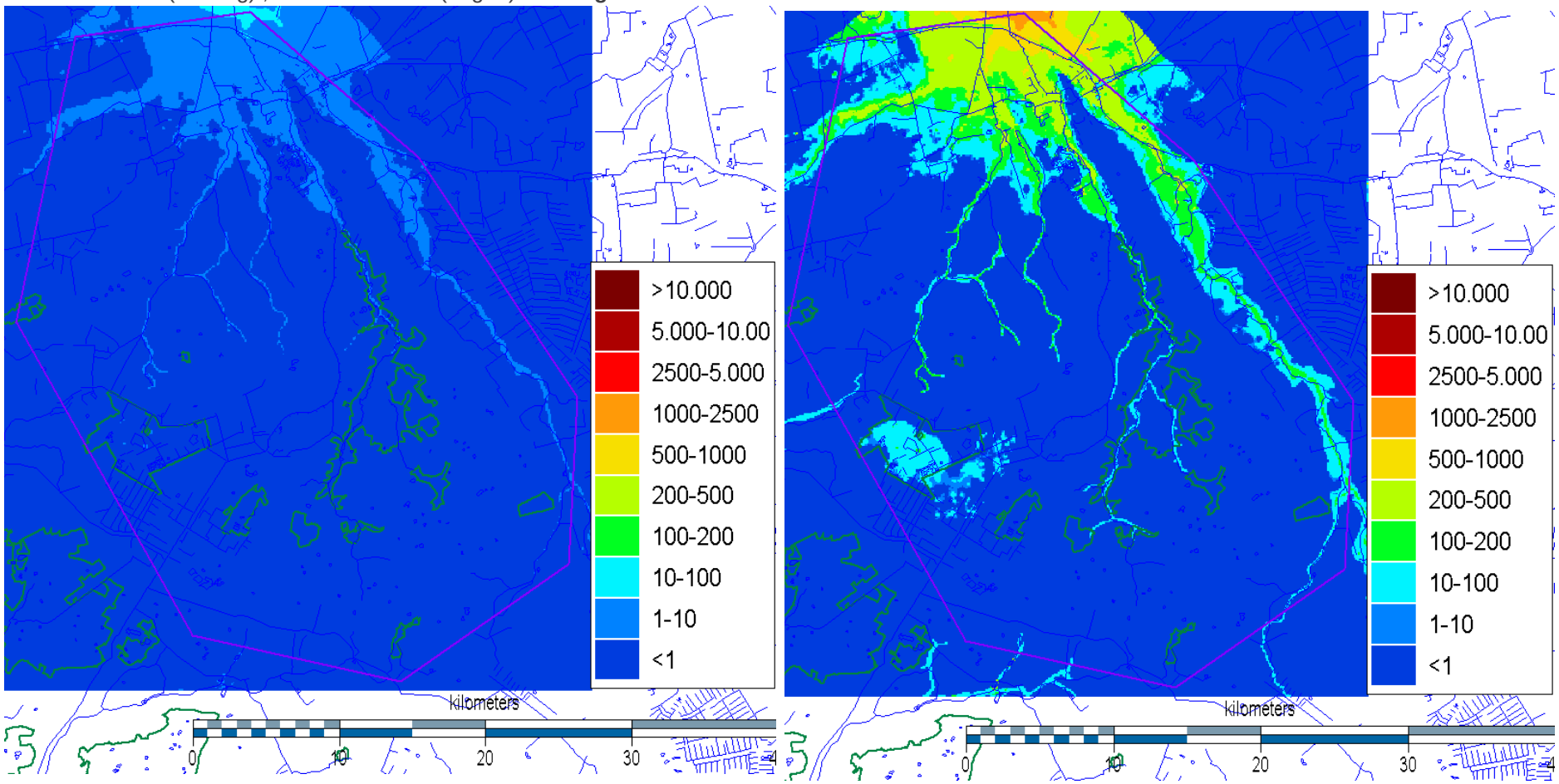
Bijlage 7 Keileemkaarten TNO2013 en REGIS v2.2

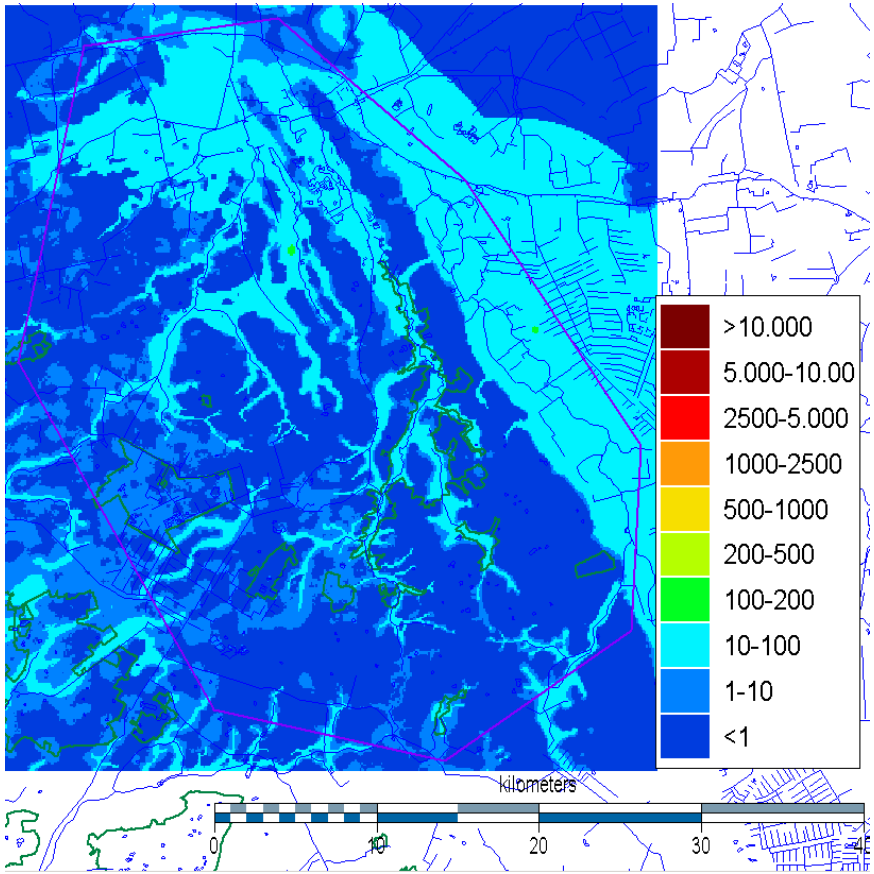


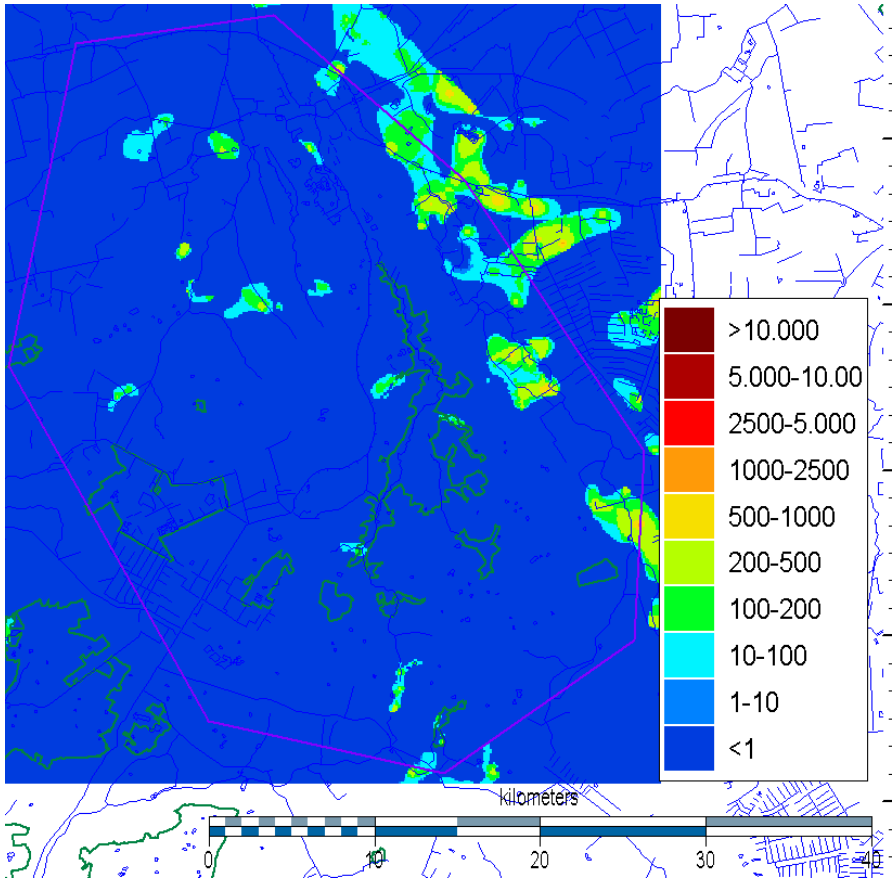
Links: Keileemweerstand TNO 2013 (”Keileemkaart”); Rechts: keileemweerstand volgens REGIS v2.2 (weerstand in dagen)

Bijlage 8. Modelparameters 19 lagenmodel Drentsche Aa

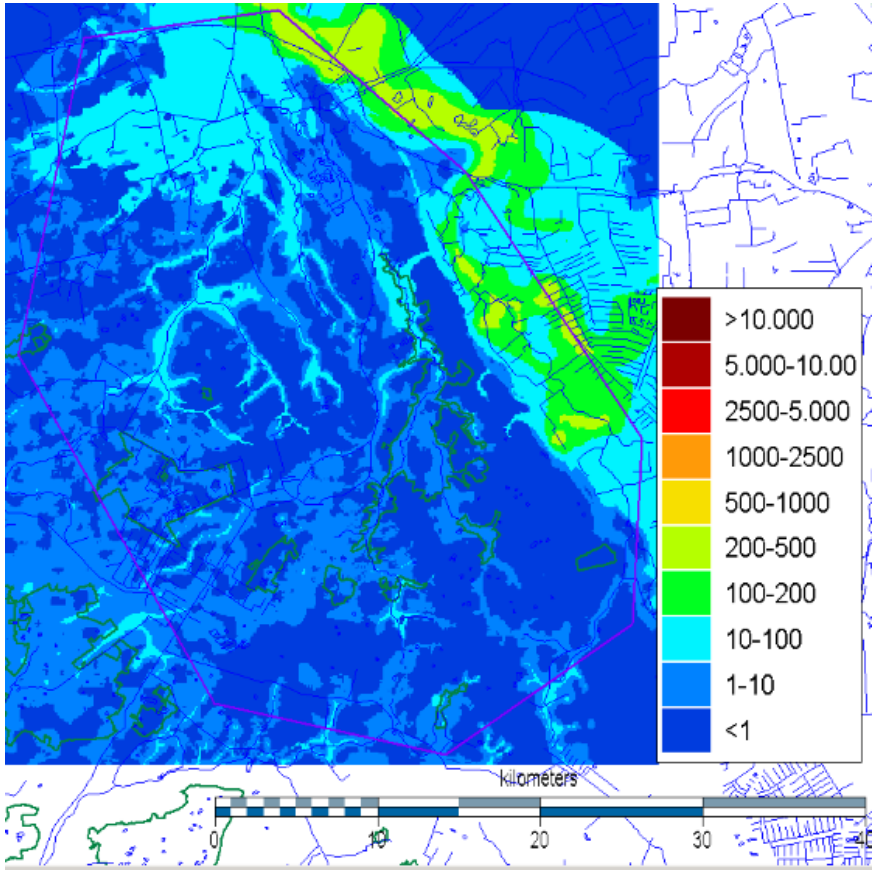
Links: kD WVL1 (m2/dag) ; Rechts: C SDL1 (dagen) **Deklaag**

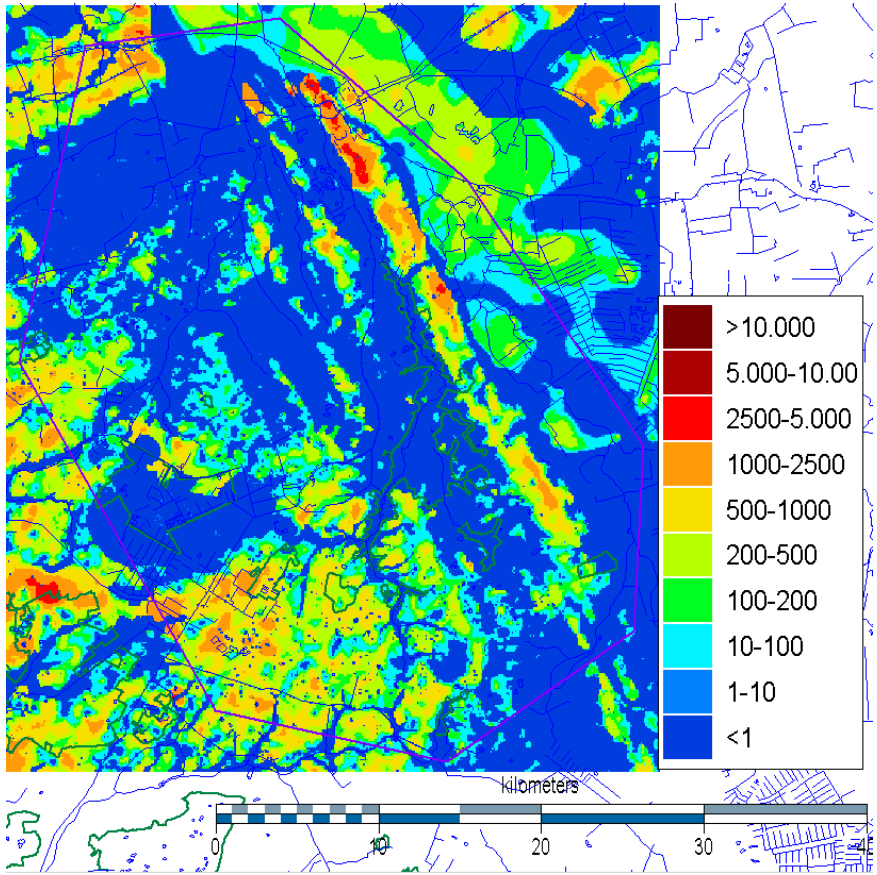




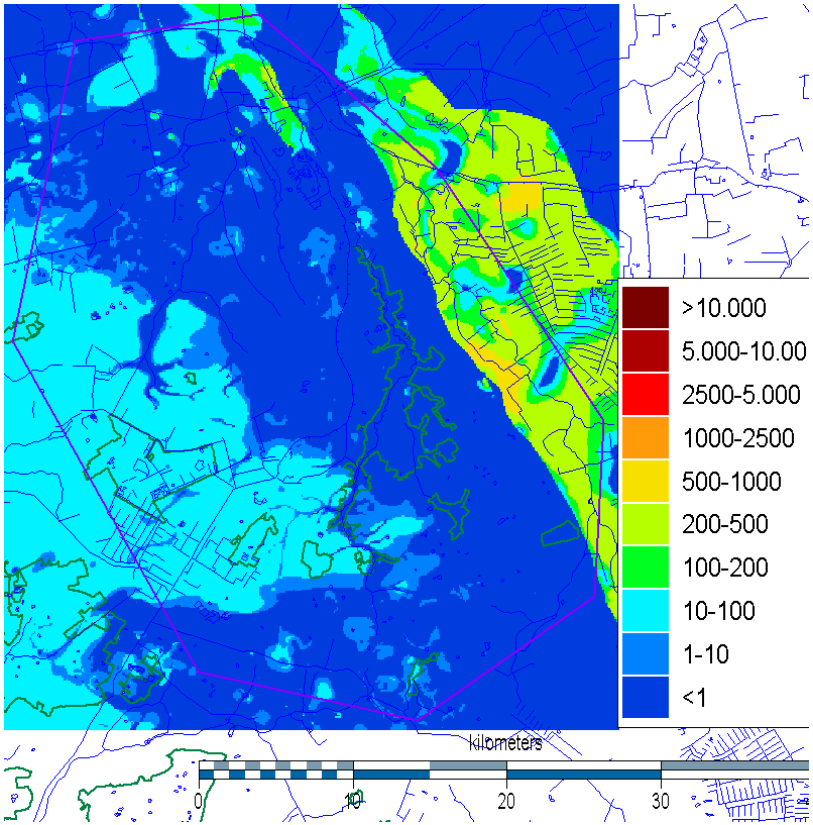


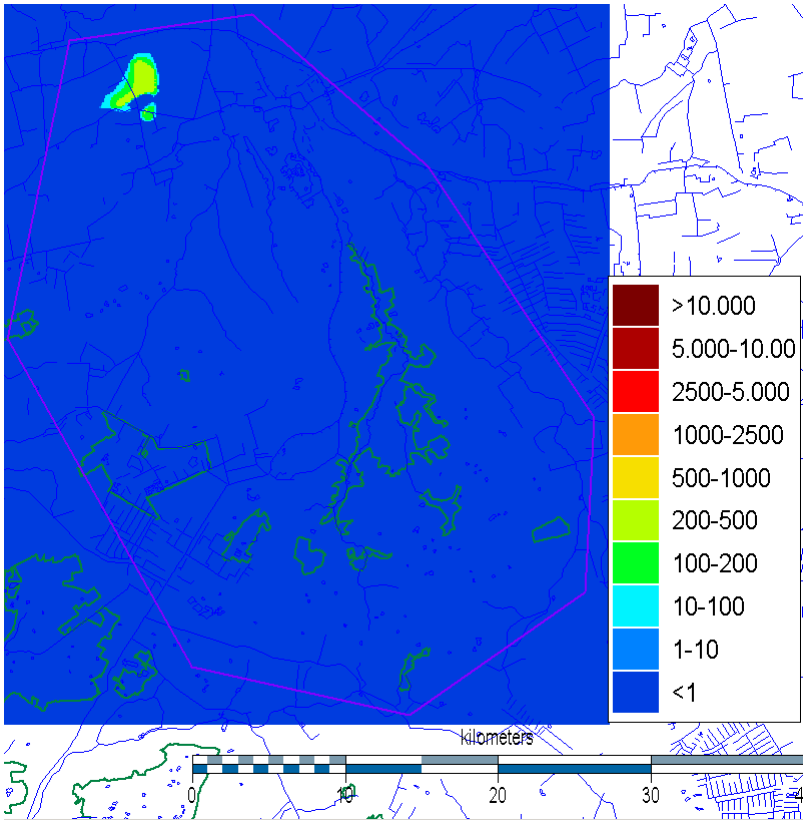
Links: kD WVL2 (m2/dag) ; Rechts: C SDL2 (dagen) **Boxtel zand en klei**



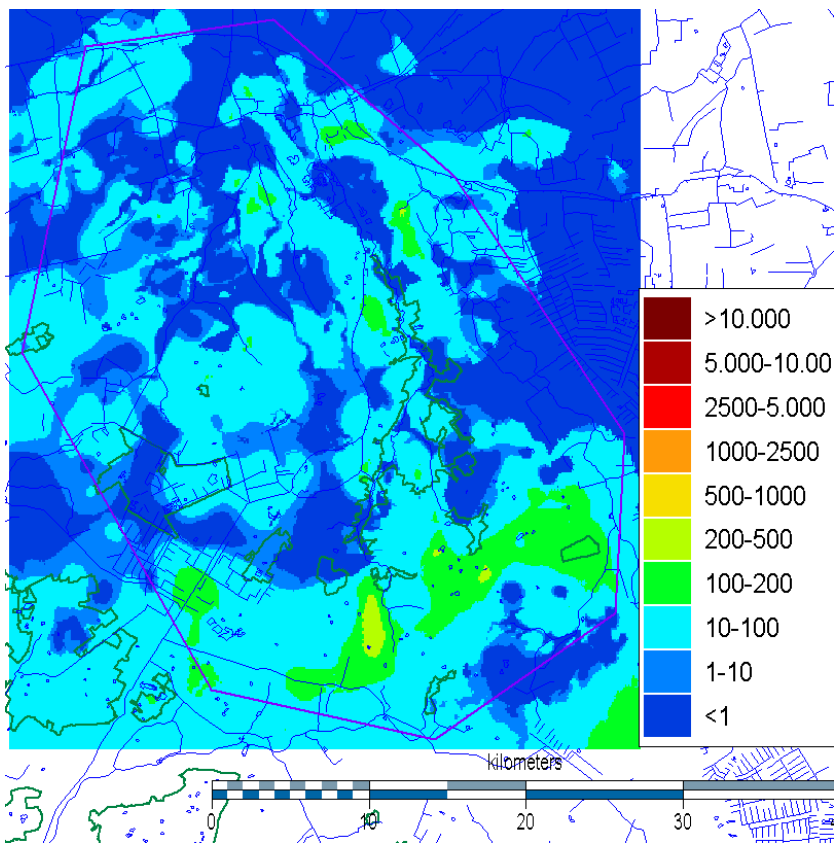


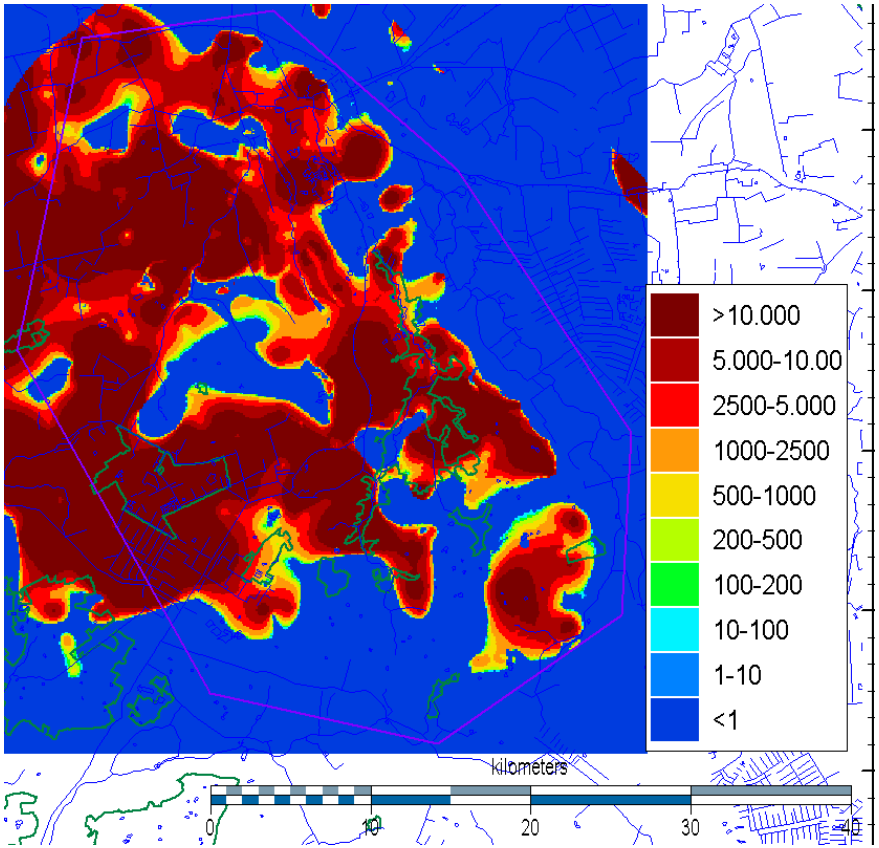
Links: kD WVL3 (m2/dag) ; Rechts: C SDL3 (dagen) **Eem en Drenthe (keileem)**



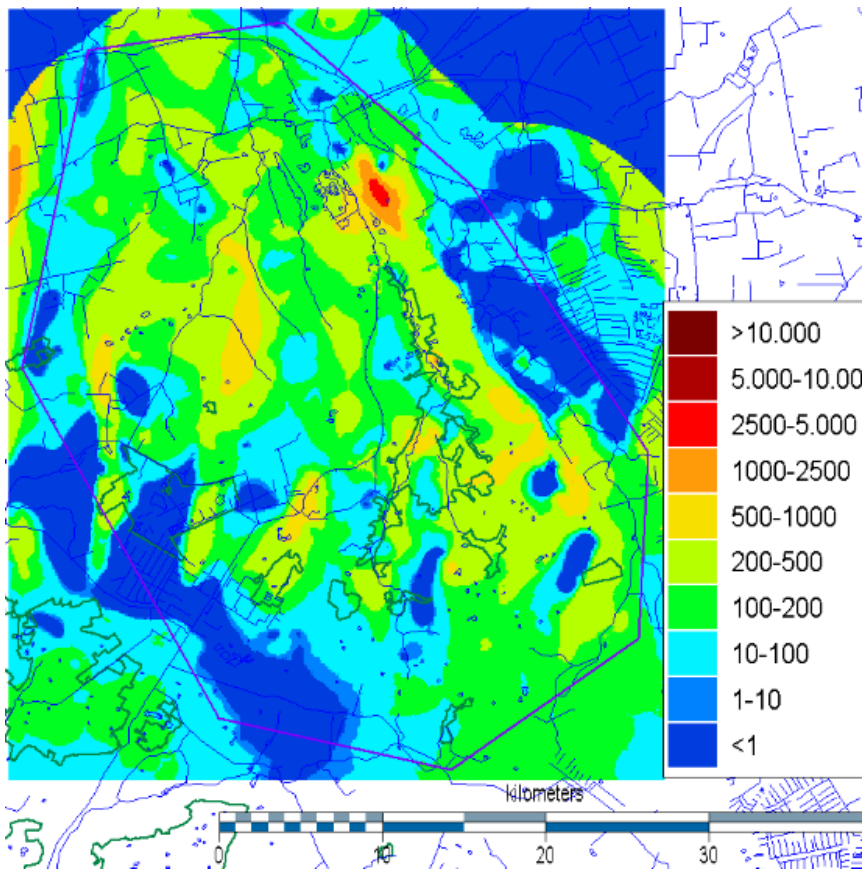


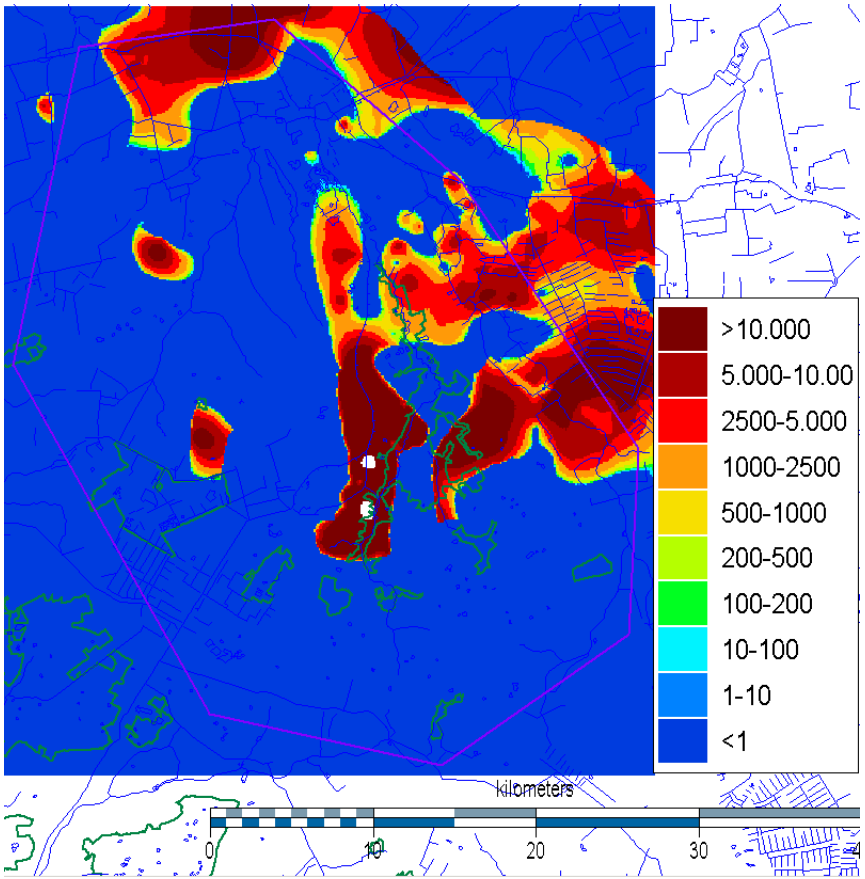
Links: kD WVL4 (m2/dag) ; Rechts: C SDL4 (dagen) **Drenthe zand en Urk (Urkklei 1)**



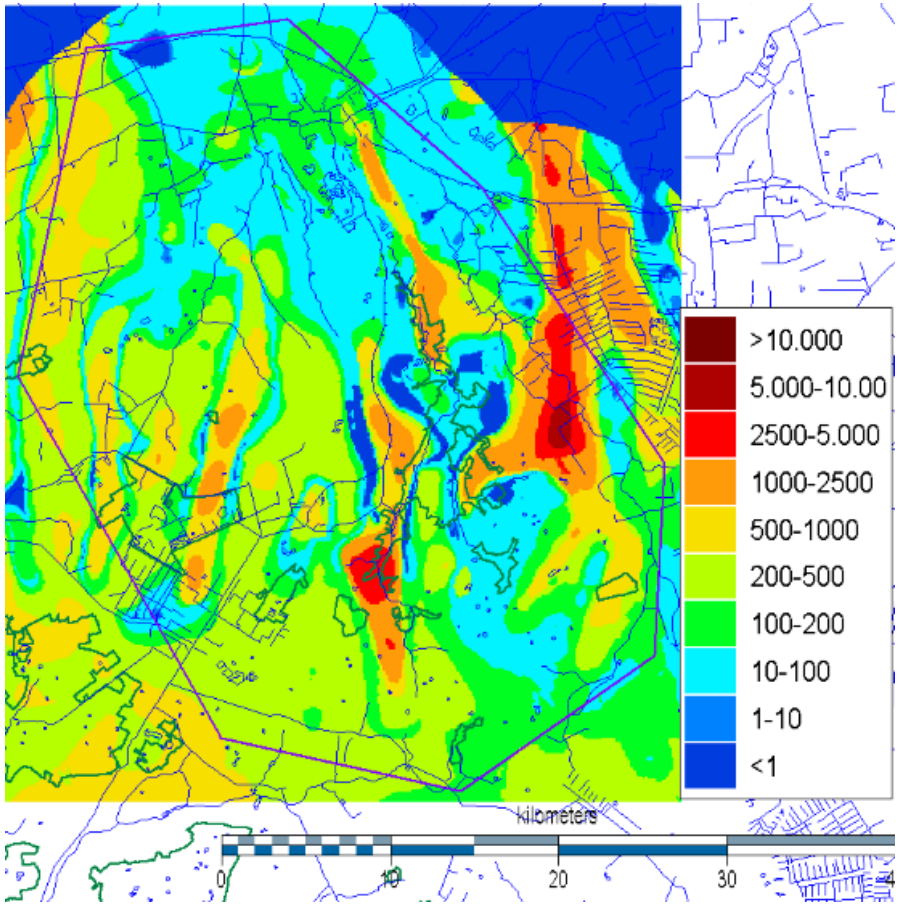


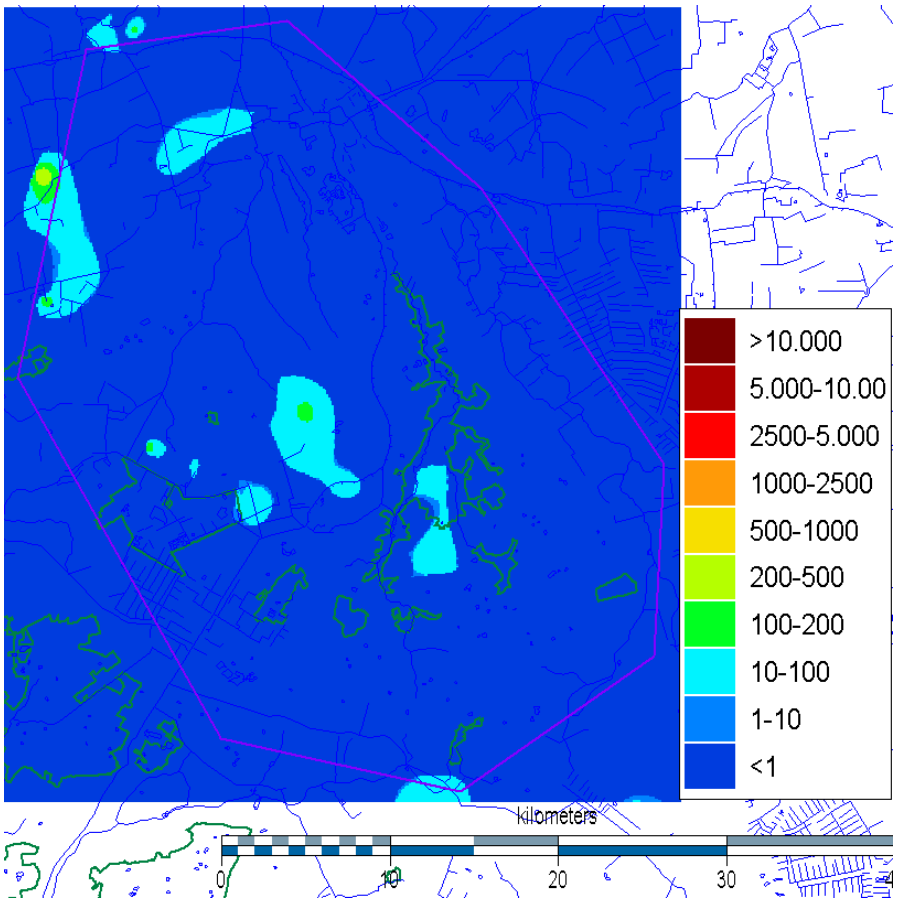
Links: kD WVL5 (m2/dag) ; Rechts: C SDL5 (dagen). **Urk en Peelo zanden en Peeloklei1**



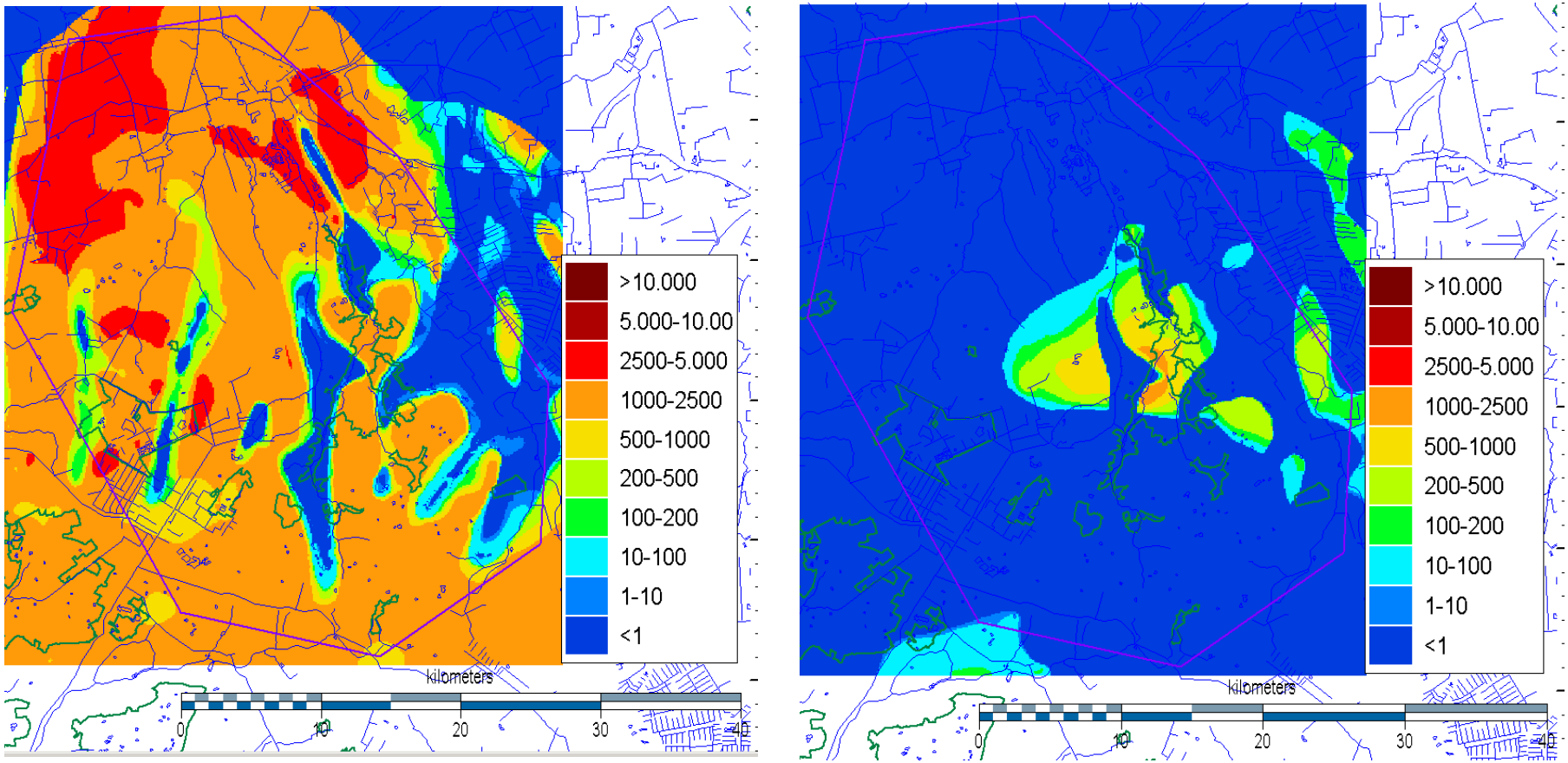


Links: kD WVL6 (m2/dag) ; Rechts: C SDL6 (dagen). **Peelo zand en Peeloklei 2**

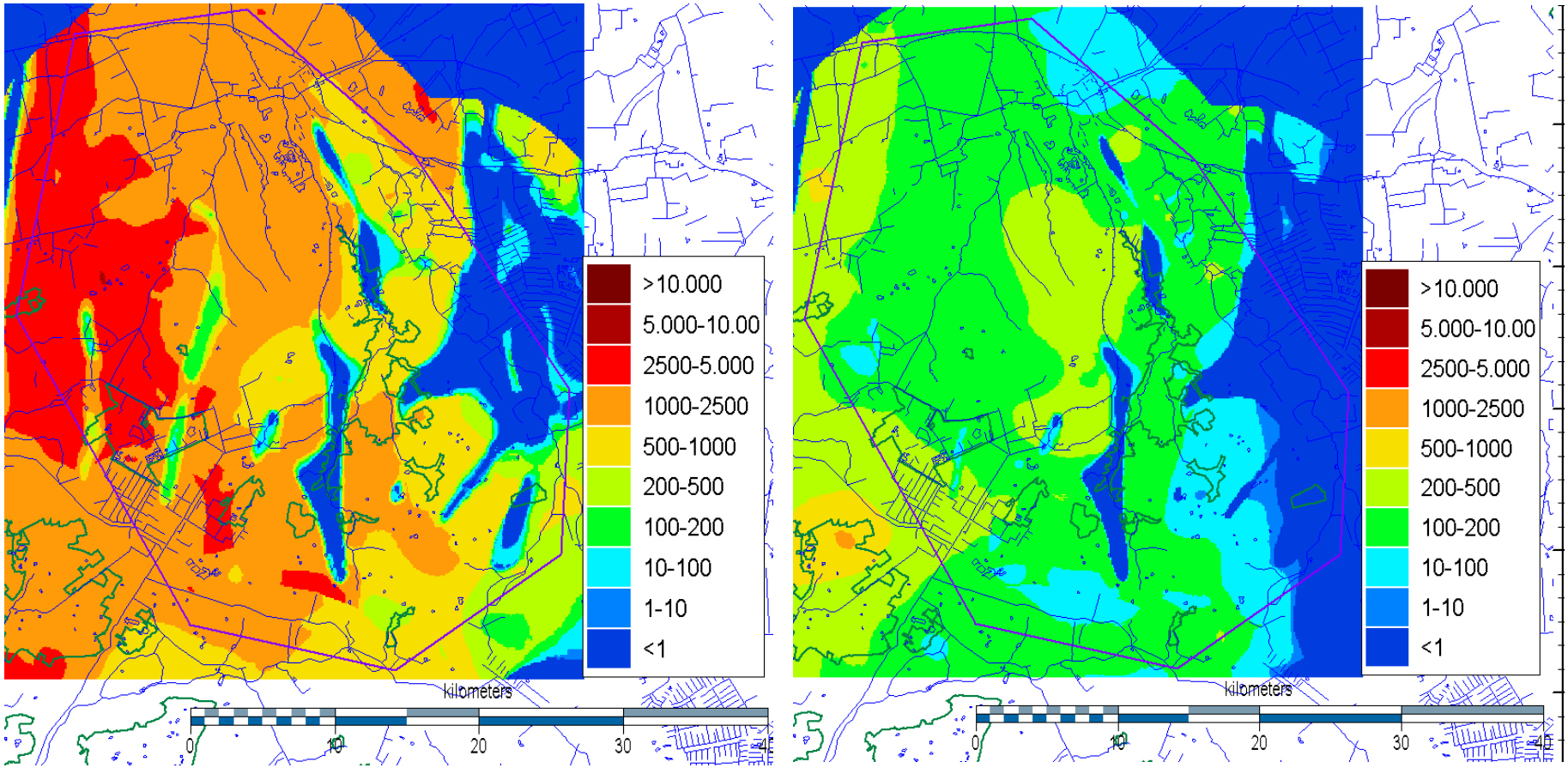




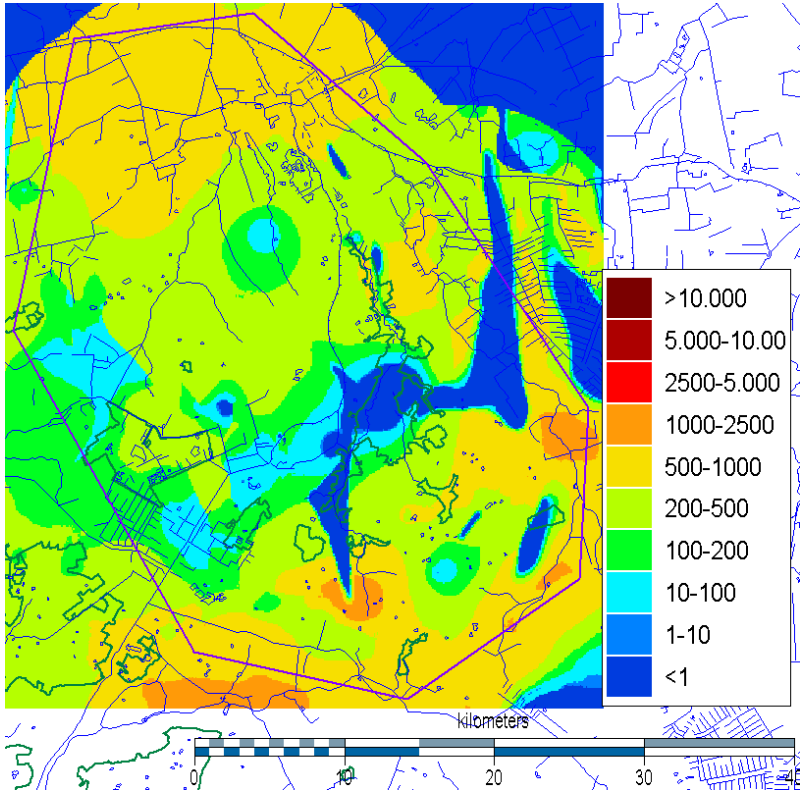
Links: kD WVL7 (m2/dag) ; Rechts: C SDL7 (dagen). **Peelo en Urk zand en Urkklei 3**



Links: kD WVL8 (m2/dag) ; Rechts: C SDL8 (dagen). **Urk, Appelscha en Peize-Waalre zanden en Peize klei**



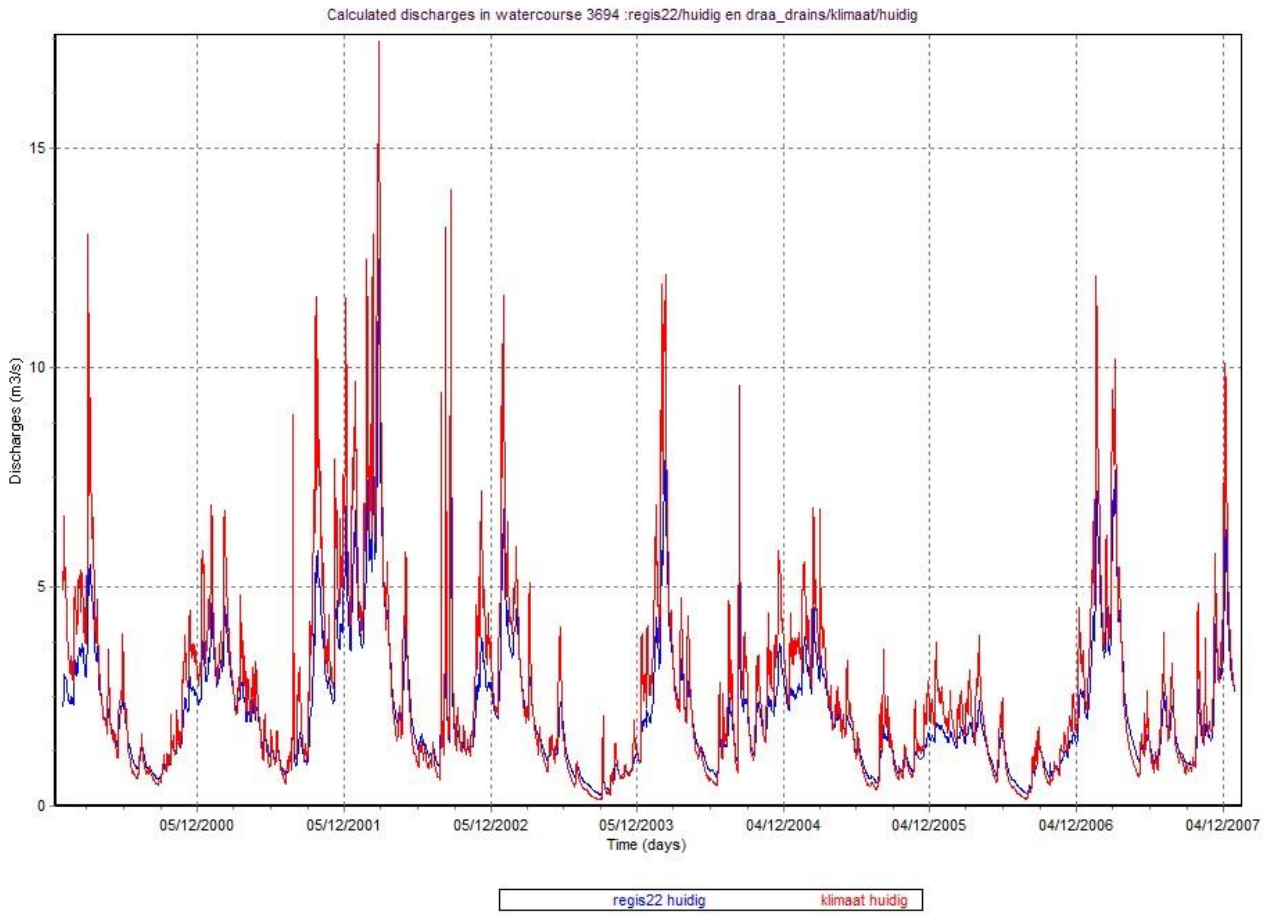
Links: kD WVL9 (m2/dag) ; Rechts: C SDL9 (dagen). **Peize-Waalre zand en Peize Complex**



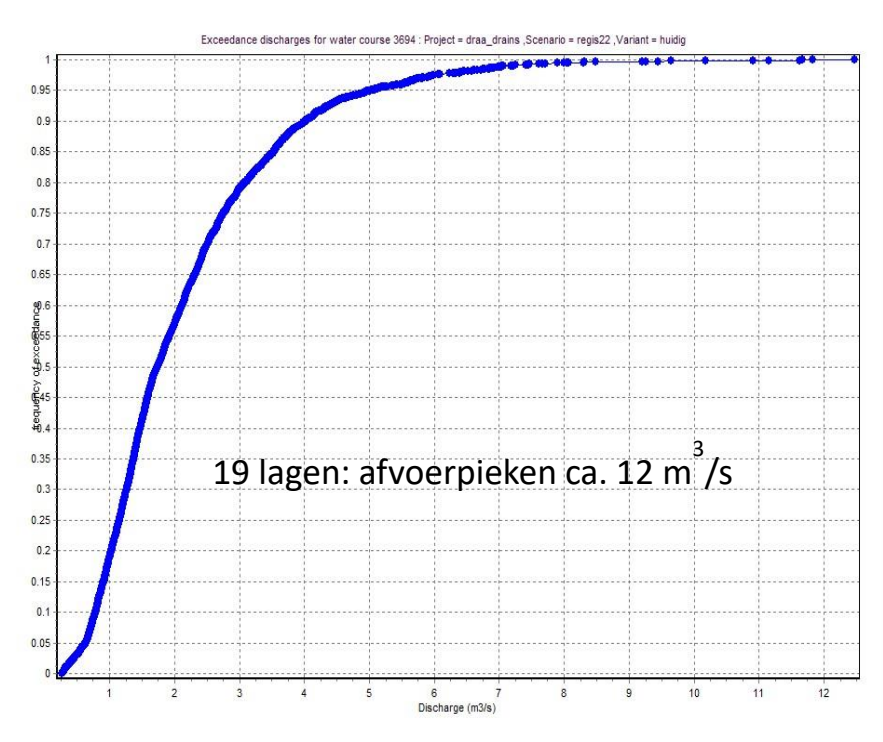
kD WVL10 (m2/dag). **Peize-Waalre zand en Maassluis**

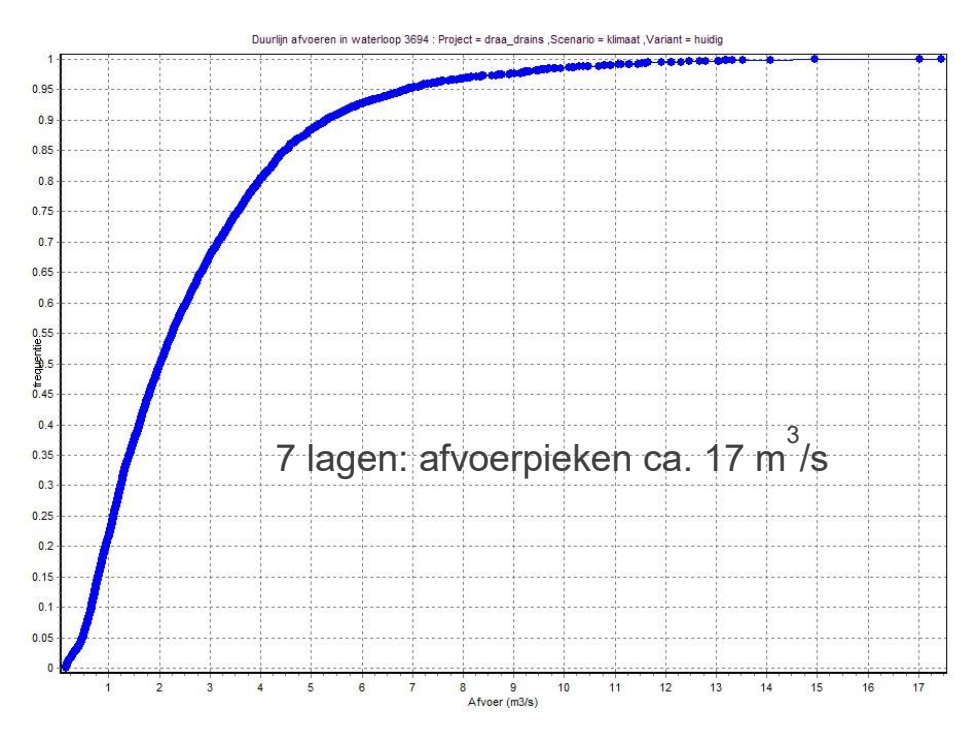
Bijlage 9 Verschil modellen in afvoer bij Witte Molen

In onderstaande figuur staan de afvoeren over de periode 2000 t/m 2007 voor het scenario REGIS v2.2 (19 lagen) en de afvoeren van het scenario Klimaat huidig (7 lagen).



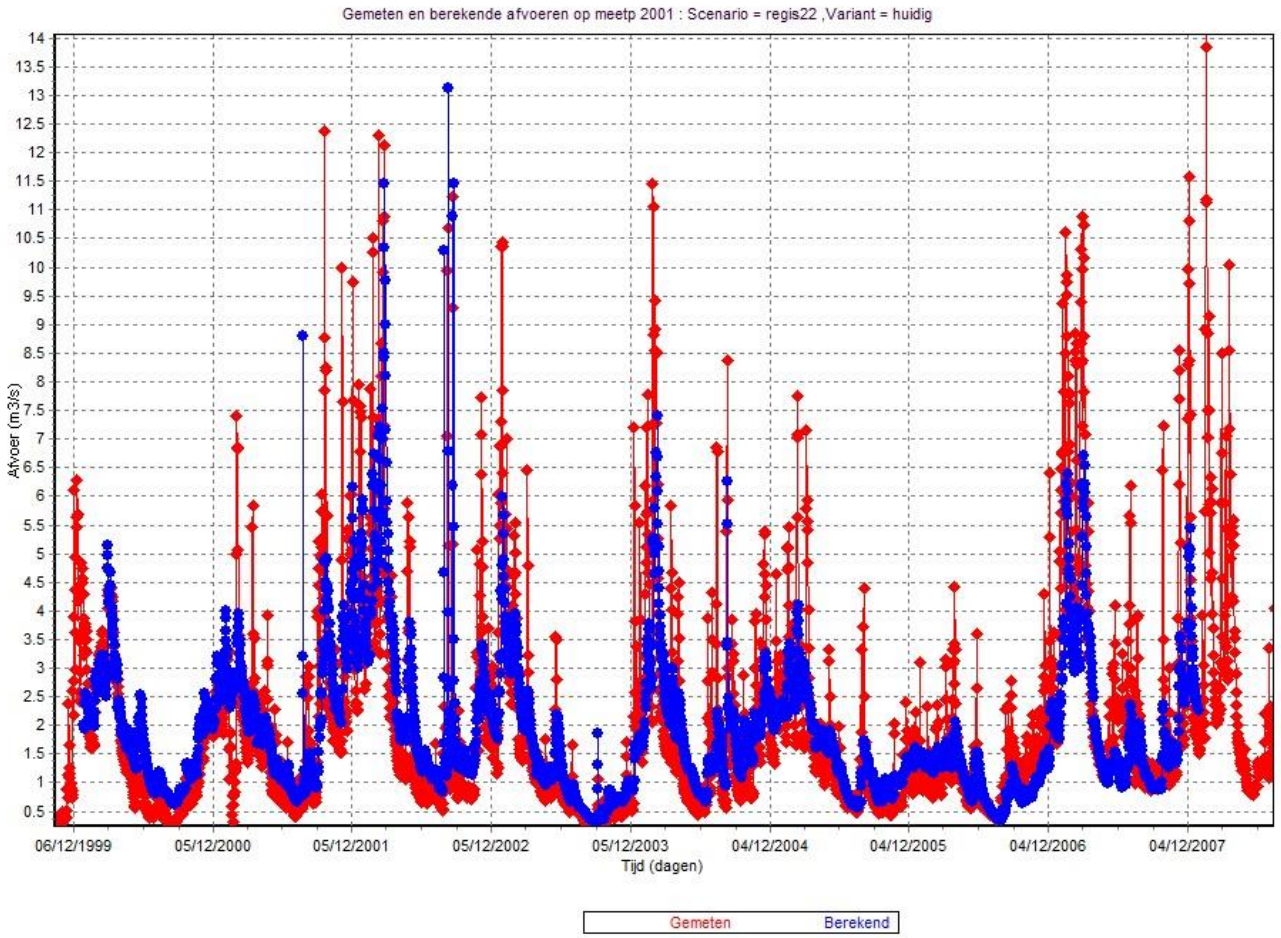
Afvoer-duurlijn Drentsche Aa bij Witte Molen/De Punt





Bijlage 10 Verschil modellen afvoer Schipborg

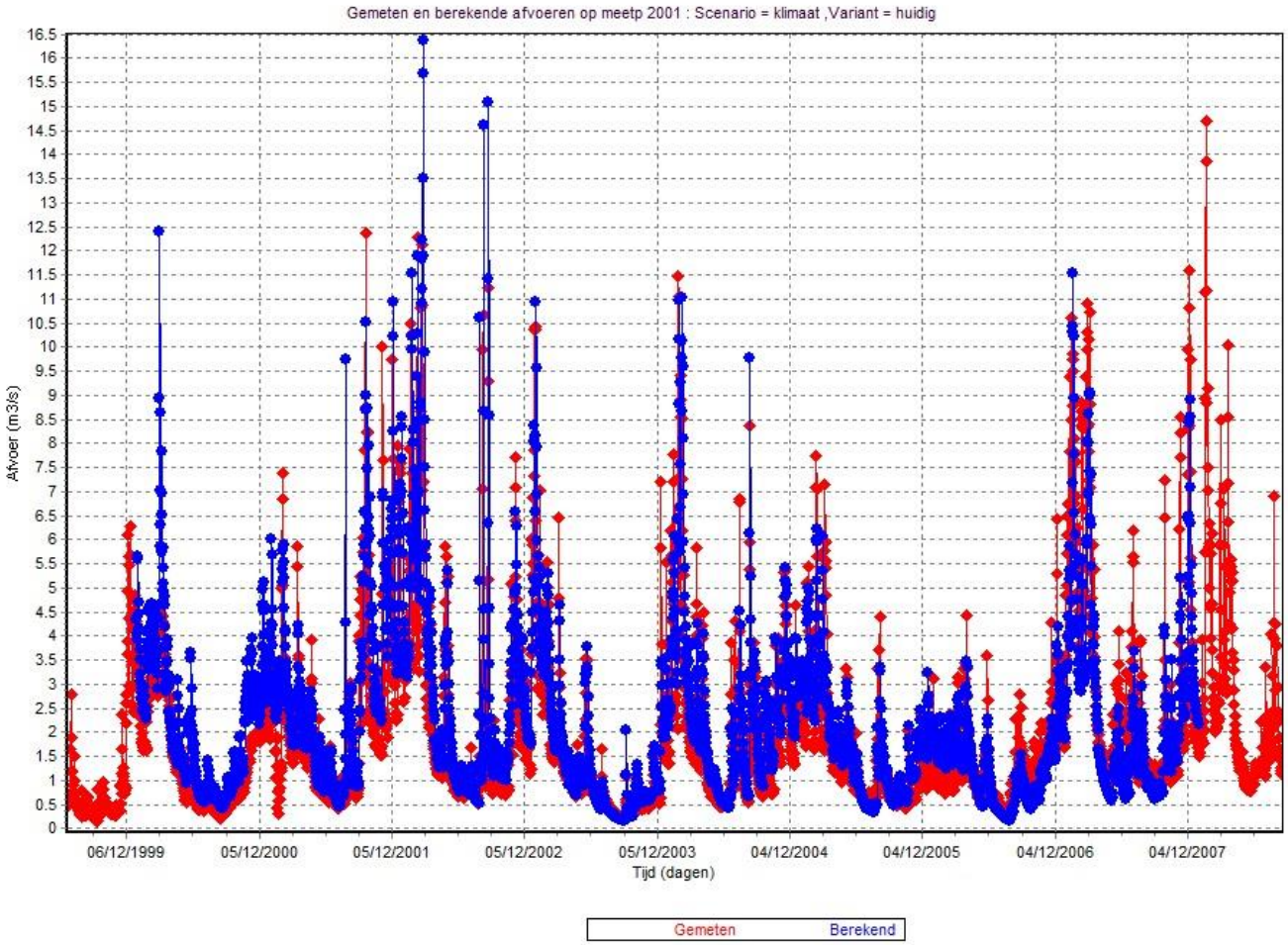
Voor het 19 lagenmodel: standaardafwijking Nash-Sutcliffe = 0.58



De gemiddelde afvoer:

gemeten: 2.02 m^3/s

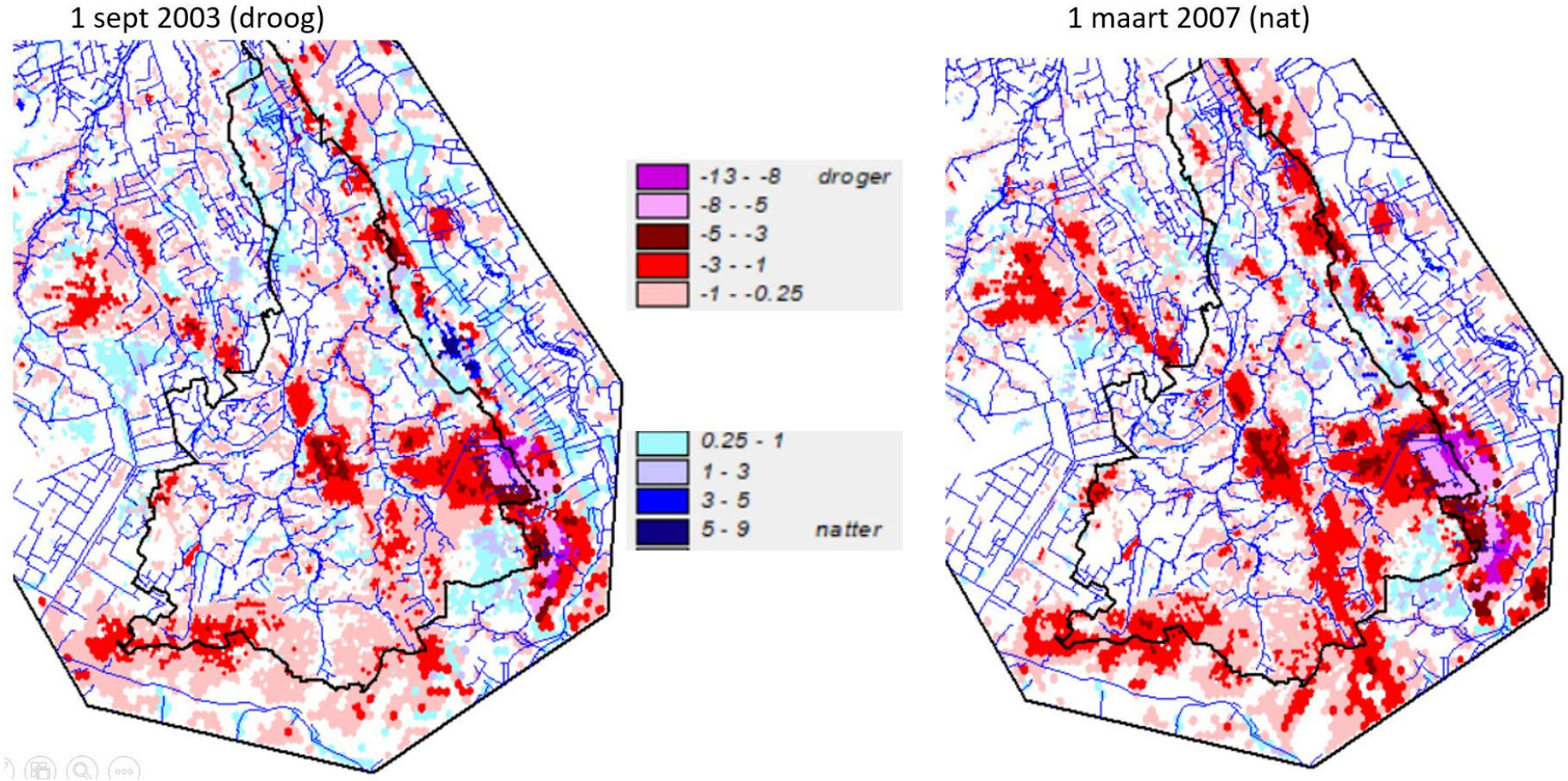
berekend: 1.91m^3/s.



7 lagenmodel: standaardafwijking
Nash-Sutcliffe = 0.61
De gemiddelde afvoer:
gemeten: 2.02 m^3/s
berekend: 2.27 m^3/s.

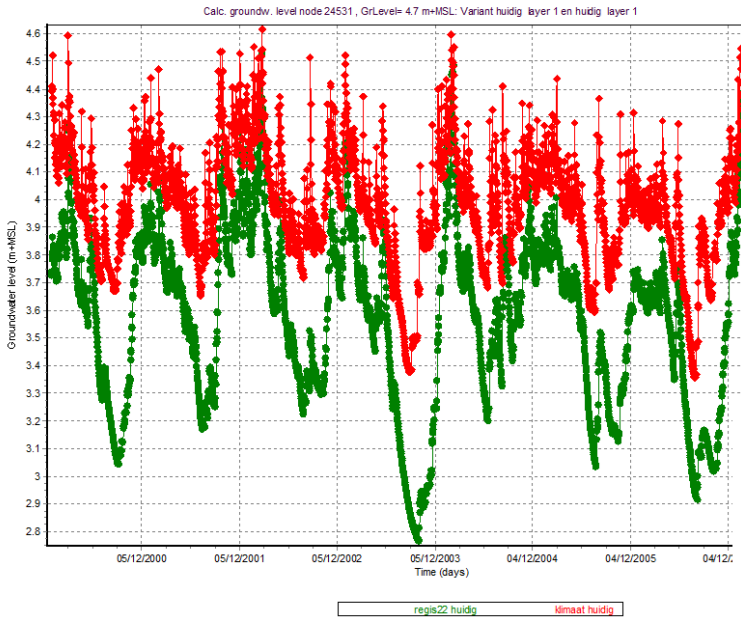
Bijlage 11 Verschillen berekende freatische grondwaterstanden 2 modellen

Voor 1 sept 2003 en 1 maart 2007 zijn verschillen gepresenteerd tussen de 2 modellen. Hiervoor zijn de berekende grondwaterstanden van het 19 lagenmodel afgetrokken van de standen voor het 7 lagenmodel. Grote verschillen treden op langs de Hondsrug en andere ruggen in het stroomgebied. Op de volgende blz. staan voor 2 locaties in de tijd de freatische grondwaterstanden weergegeven.

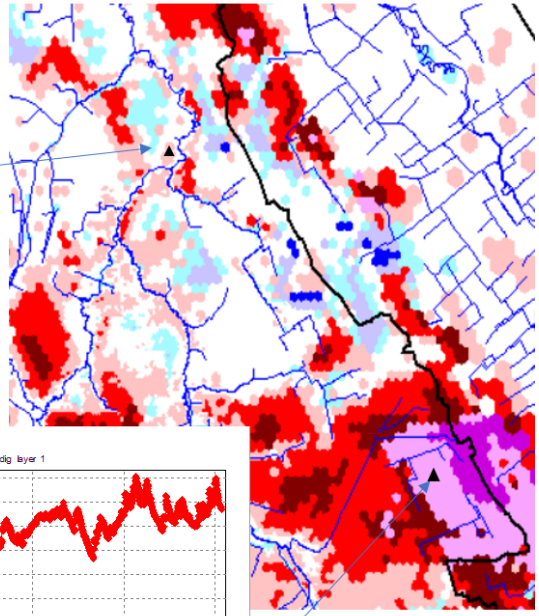


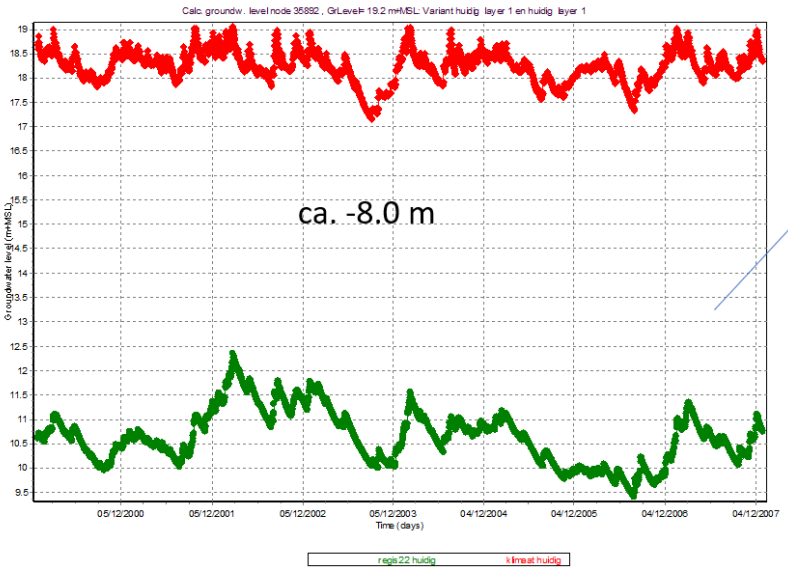
Figuur Verschil in freatische grondwaterstanden (REGIS 2.2: 19 lagen min REGIS 2.0:7 lagen)

Hieronder staan voor 2 locaties de freatische grondwaterstanden in de tijd weergegeven. In het 19 lagenmodel zijn de berekende standen lager dan in het 7 lagenmodel. Oorzaak hiervan blijkt uit de weerstand van de keileem en eemklei te zijn (zie volgende blz.).



ca. -0.6 m



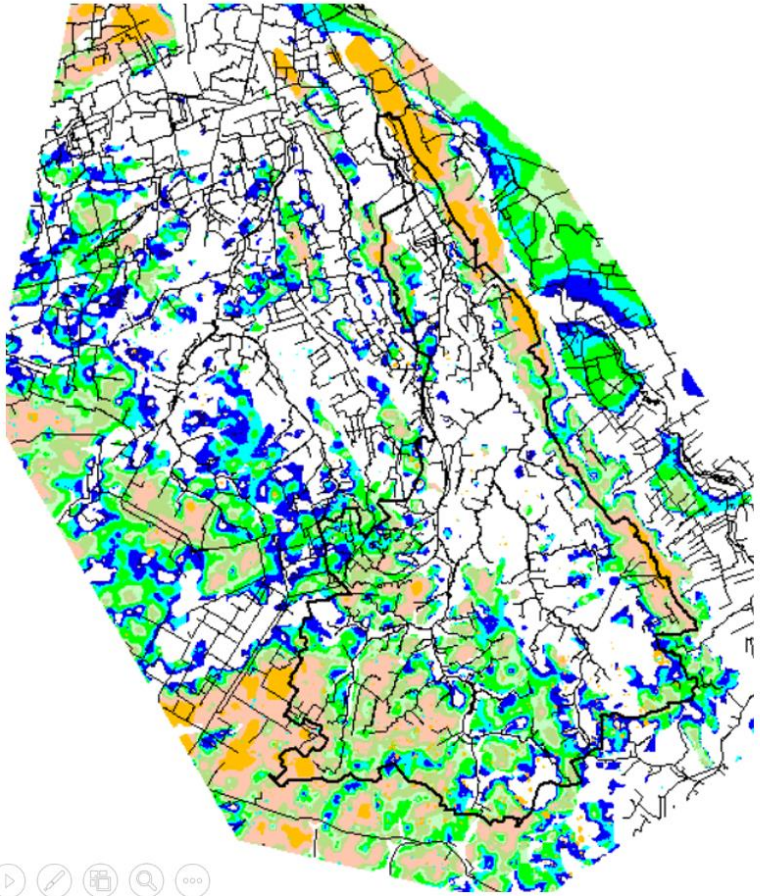


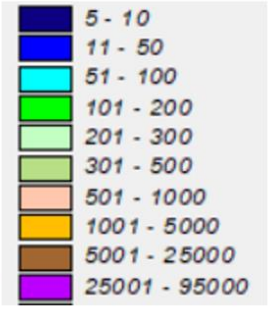
ca. -8.0 m

Oorzaak van de grote verschillen: In het oude 7 lagenmodel was de weerstand van de keileem en eemklei veel groter dan in het 19 lagenmodel. De verschillen staan in de volgende figuur weergegeven met een uniforme legenda.

Laag 6: Keileem en Eemklei

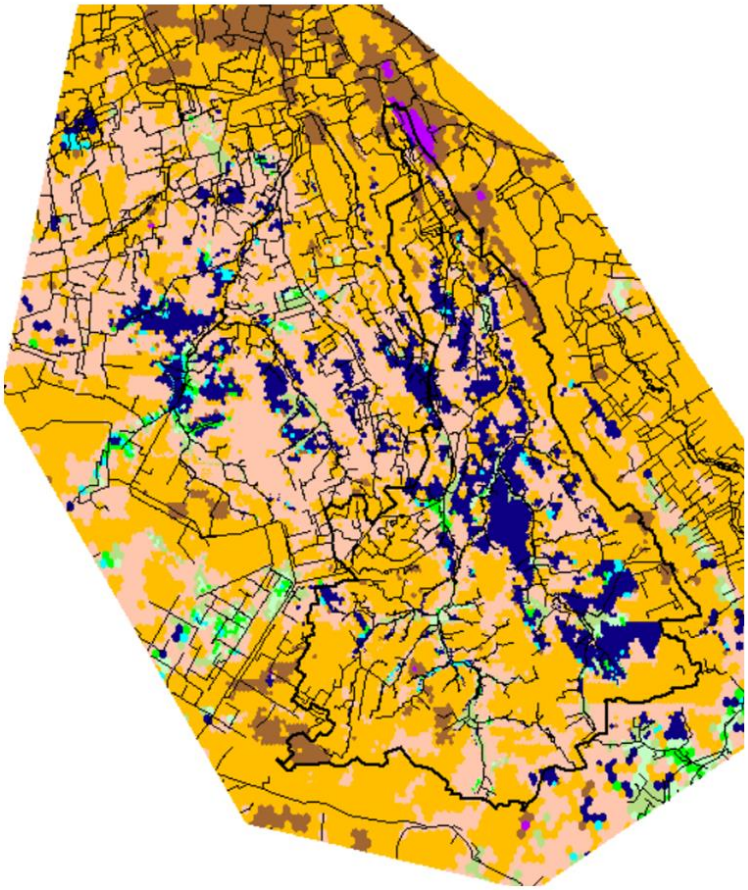
REGIS 2.2





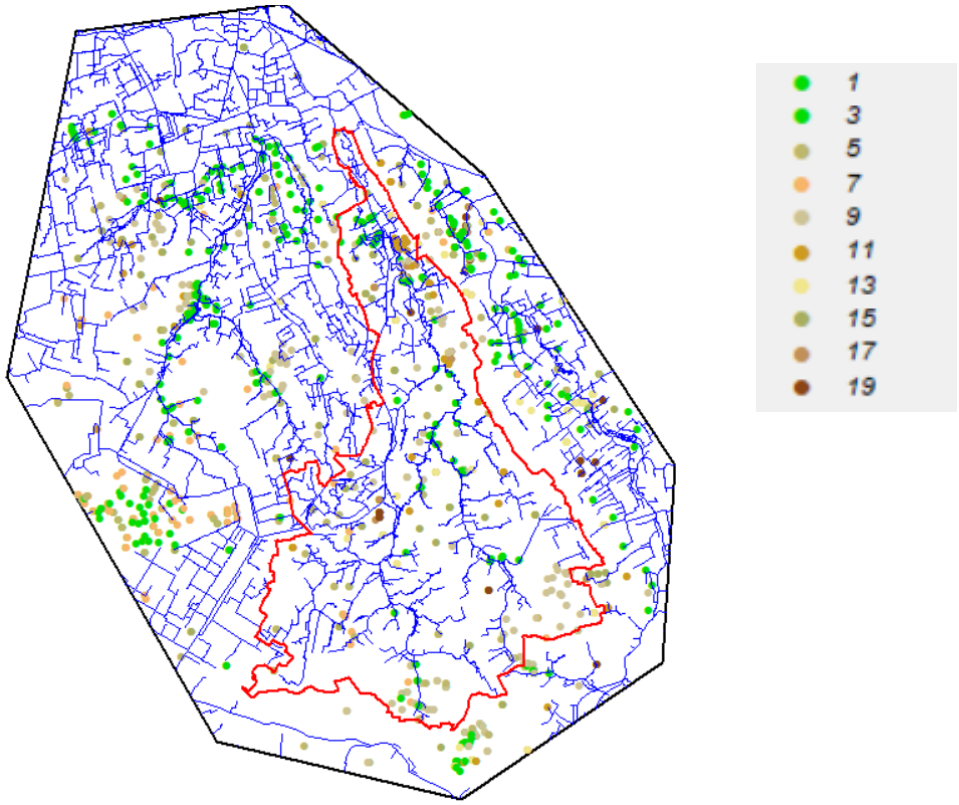
Laag 2

7 lagen model



Bijlage 12 Validatieset peilbuizen plus RMSE

In onderstaande figuur staan de locaties aangegeven van de 1516 peilbuizen die gebruikt zijn om het model te verifiëren. Bovendien geeft de legenda aan in welke laag de metingen plaatsvinden. Ook is het mogelijk dat er naast een ondiepe peilbuis op dezelfde locatie ook gemeten wordt in diepere lagen. In het Drentsche Aa stroomgebied zijn er 436 peilbuizen. Alle peilbuizen hebben ten minste 24 waarnemingen in de periode 2001 t/m 2006.

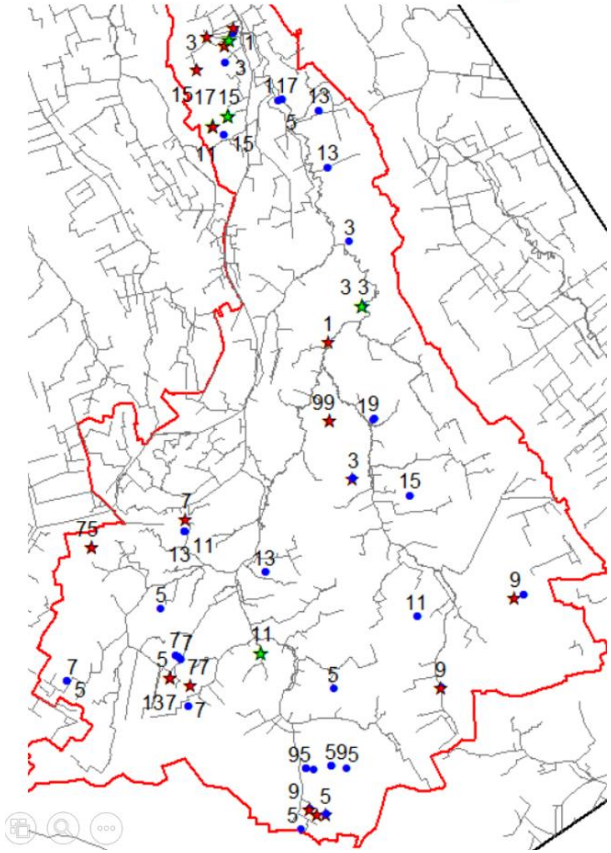


Bijlage 13 Peilbuizen met een RMSE < 0,2 m beide modellen

In het 7 lagenmodel waren er 38 peilbuizen met een RMSE < 0,2 m. Bij het 19 lagenmodel is dat toegenomen tot 78 peilbuizen. Freatische grondwaterstanden worden nu dus beter gemodelleerd.

Drentsche Aa: RMSE < 0.2 m

78 peilbuizen (REGIS 2.2 – 19 lagen)



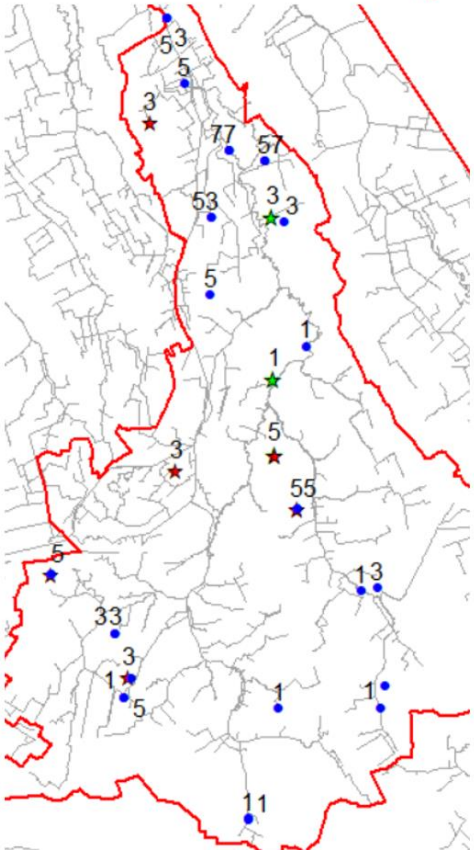
Laag nr.

RMSE:

- 0 - 0.1 m
- 0.1 - 0.15
- 0.15 - 0.2

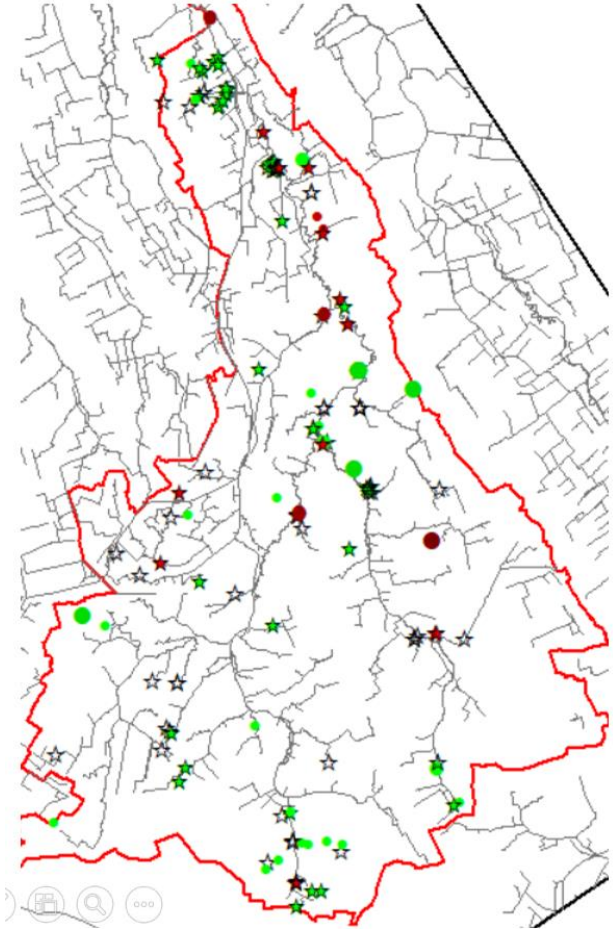
Model wordt beter

38 peilbuizen (REGIS 2.0 – 7 lagen)



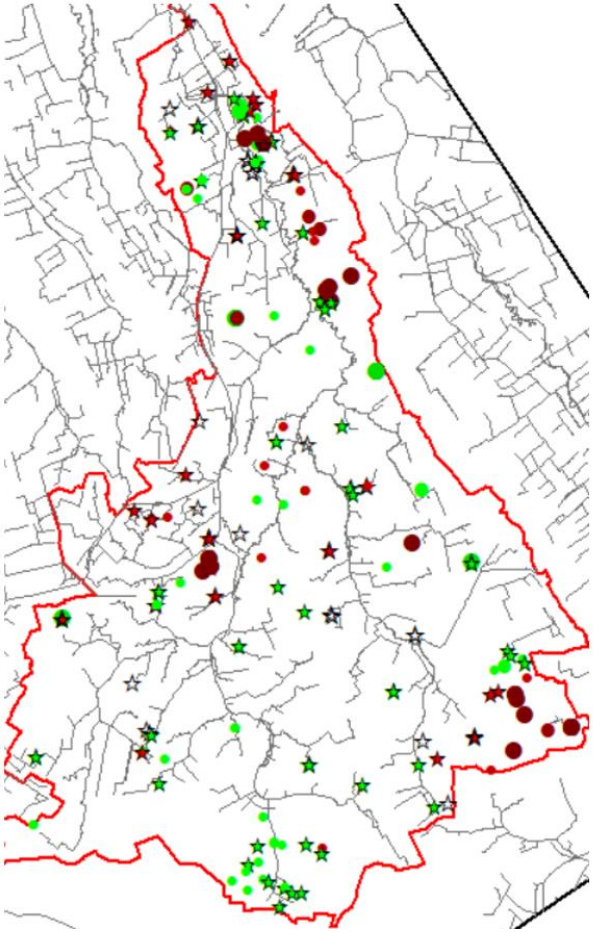
Verandering in RMSE (van 7 naar 19 lagen)

lagen boven de keileem/eemklei (laag 1,3,5)



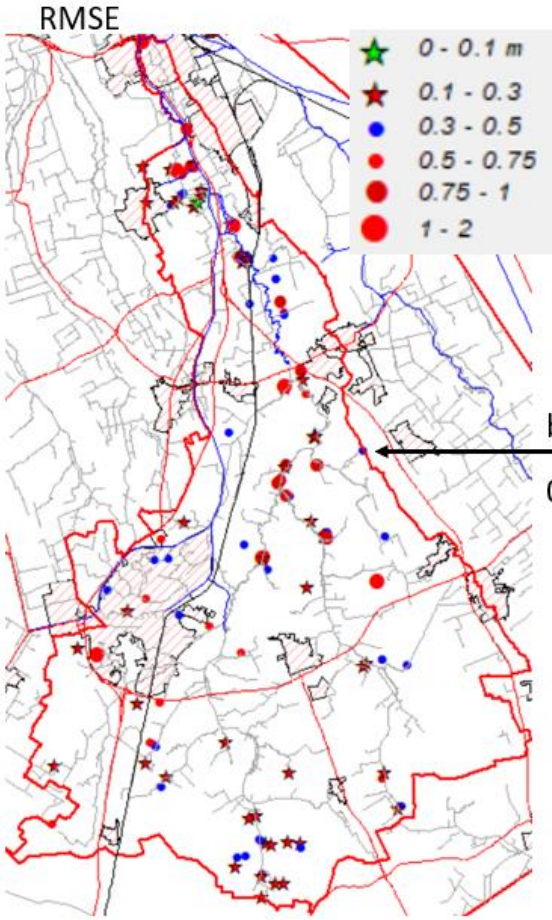
RMSE wordt beter/slechter

onder keileem



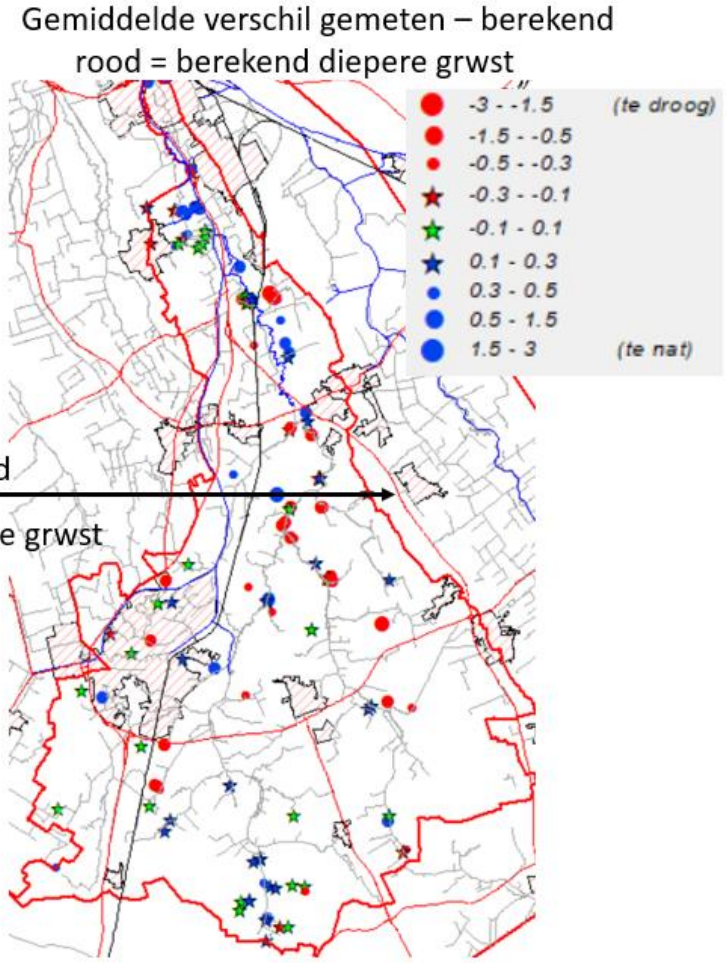
Verschil tussen berekend en gemeten grondwaterstanden: RMSE en gemiddeld verschil.
RMSE geeft de afwijking en het gemiddelde verschil geeft aan te droog (rood) of te nat (blauw).

Verschil gemeten: RMSE en gemiddeld (laag 1, 3 en 5)



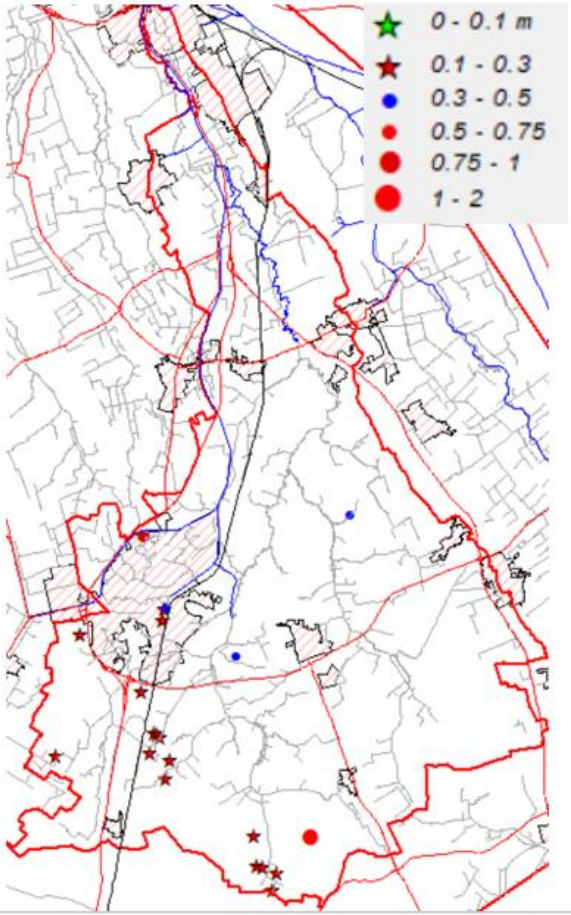
blauw rood

0.3-0.5 diepere grwst

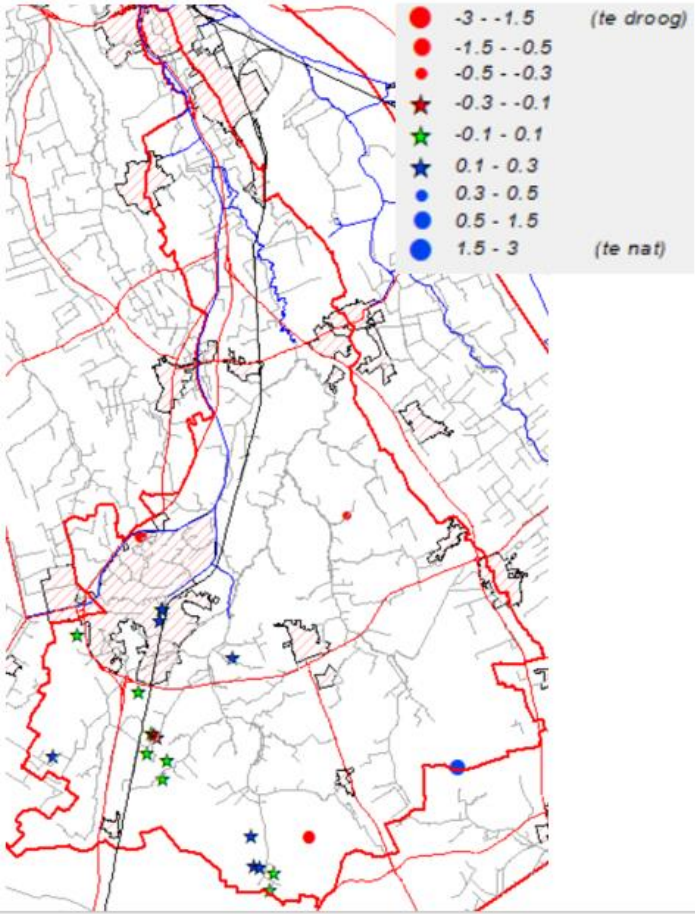


Laag 7

RMSE

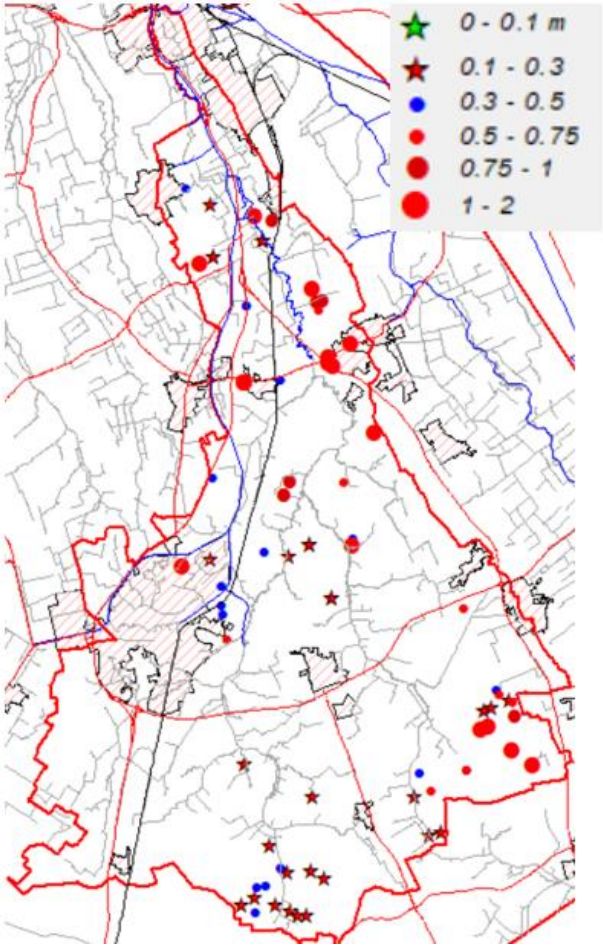


Gem. verschil

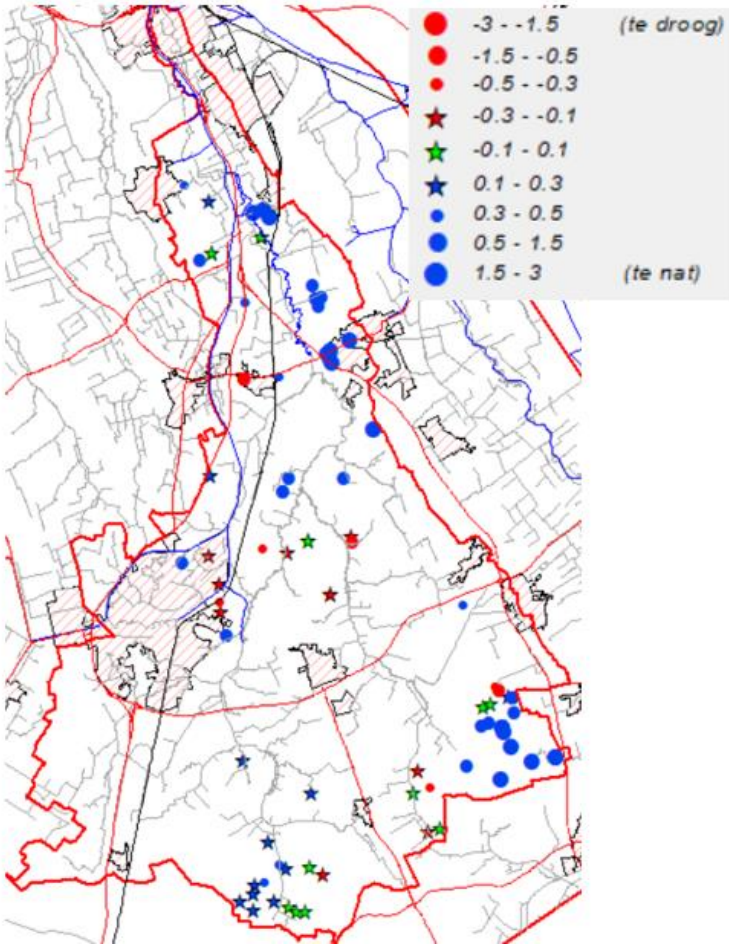


Laag 9

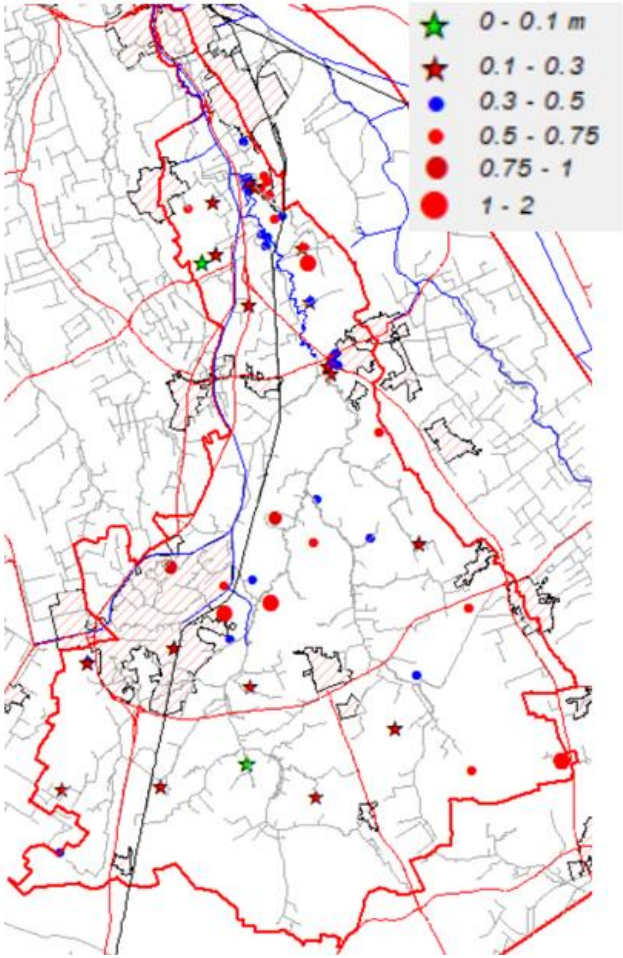
RMSE



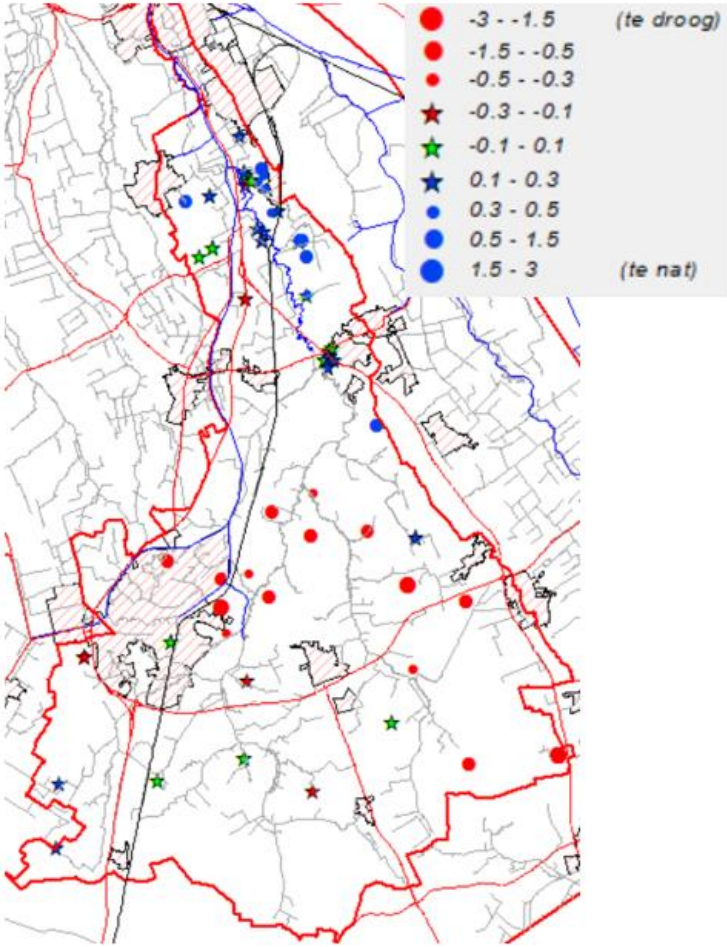
Gem. verschil



Laag 11 en 13
RMSE

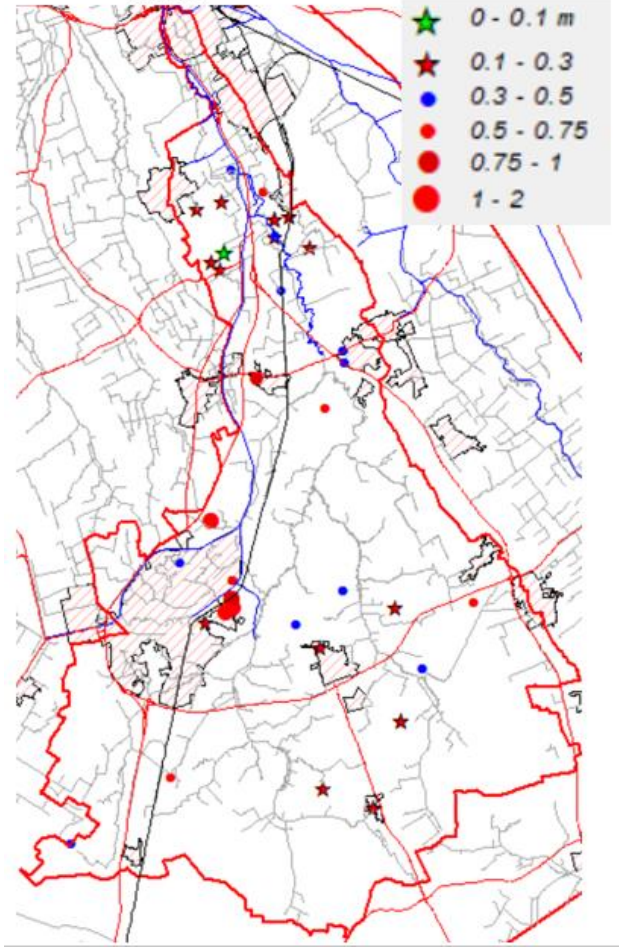


Gem. verschil

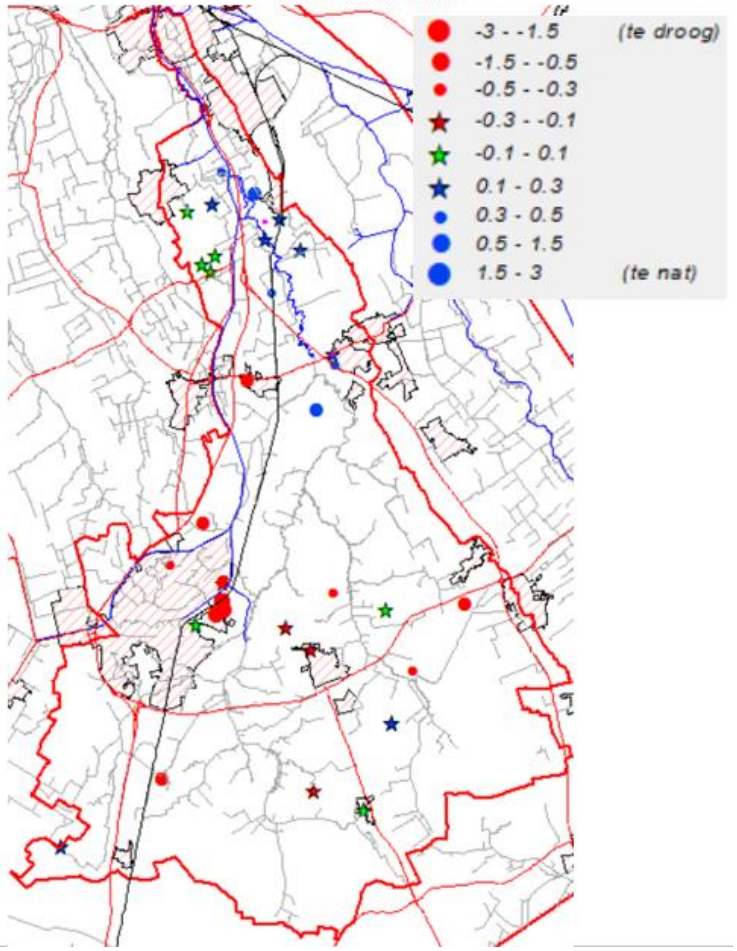


Laag 15, 17 en 19

RMSE

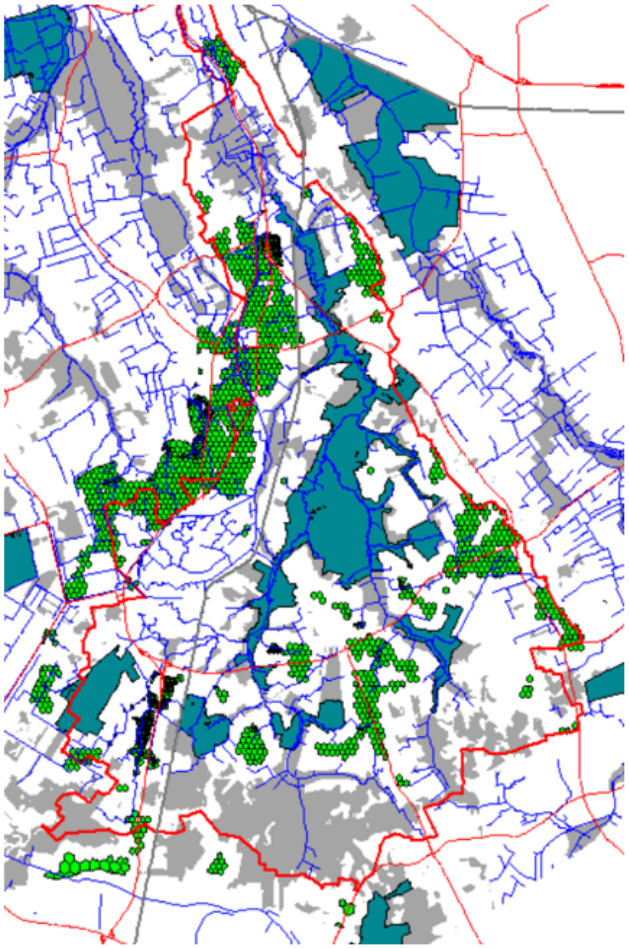


Gem. verschil



Bijlage 14 Effecten scenario beregening beide modellen

Hieronder staat weergegeven de gebieden met beregening uit grondwater (groen). Tot alle natuurgebieden is er een bufferzone van 500 m. Op de 3 volgende blz. staan de effecten uitgerekend met het 7 lagenmodel en daarnaast het 19 lagenmodel.



Grondwaterafhankelijke natuur

N2000

Beregening (bufferzone 500 m gr. waterafh.) en tot 1500 m buiten stroomgeb.

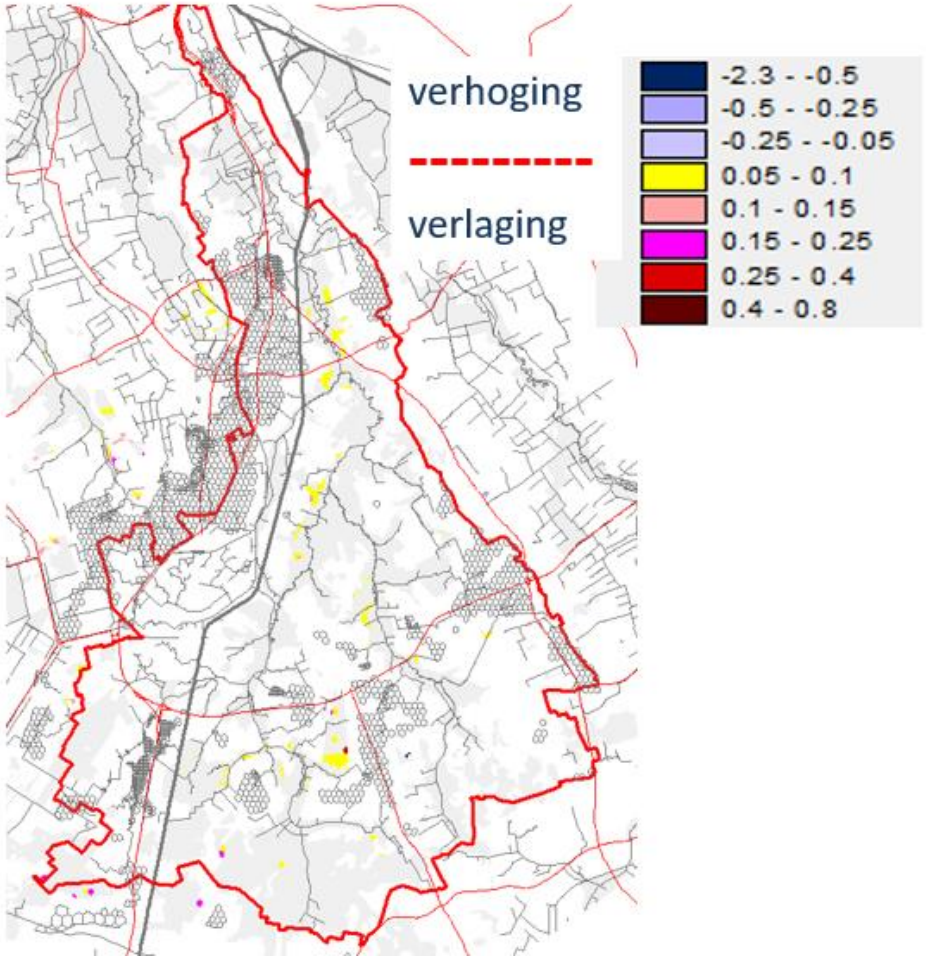
WS H & A
Klimaatbestendig Stroomgebied Drentsche Aa

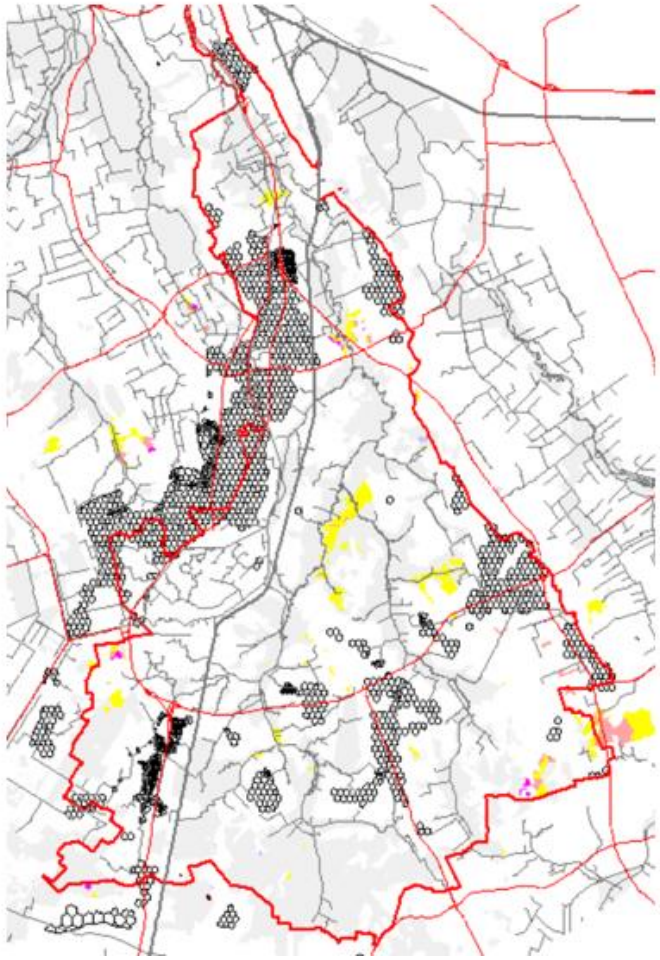
Scenario 18 50 mm/jr. (10% dr jaar ~2003)

7 lagenmodel

19 lagenmodel

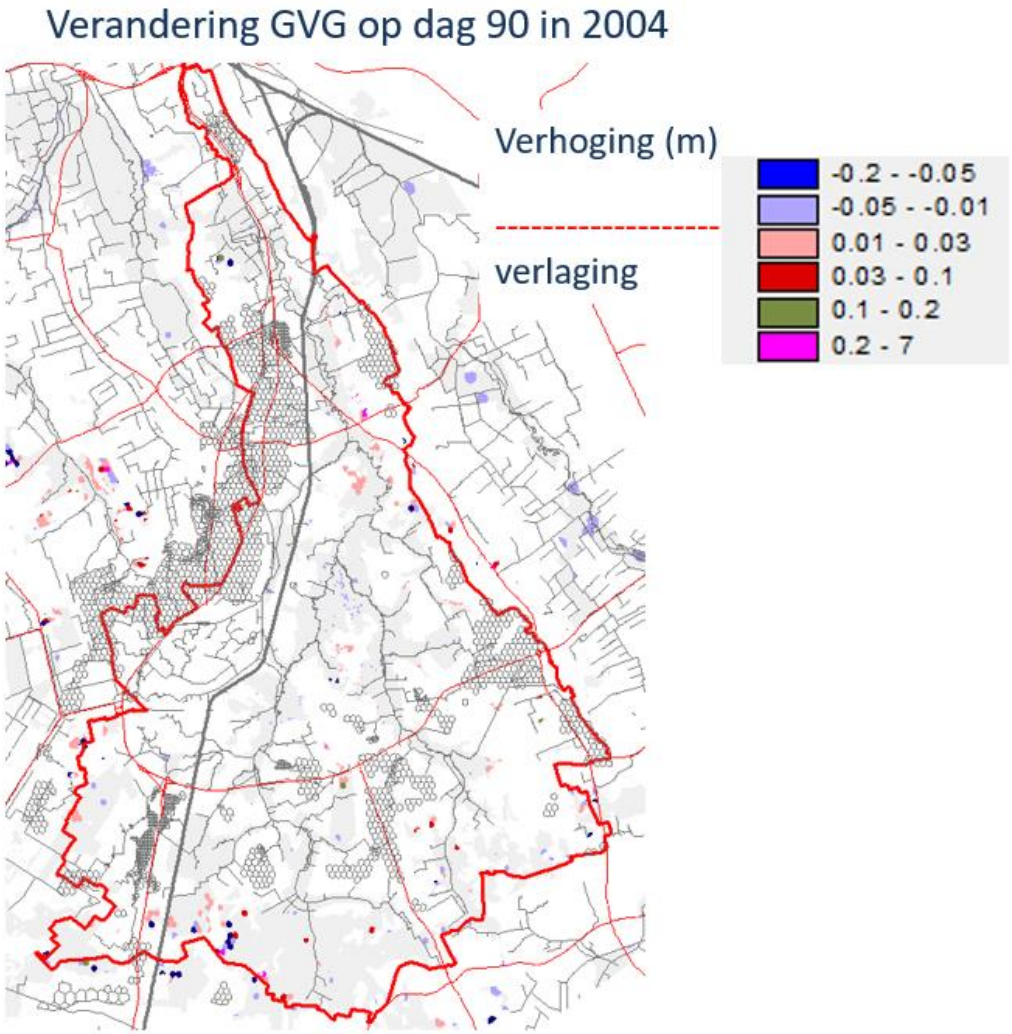
Effecten beregening: GLG (2 sept 2003)

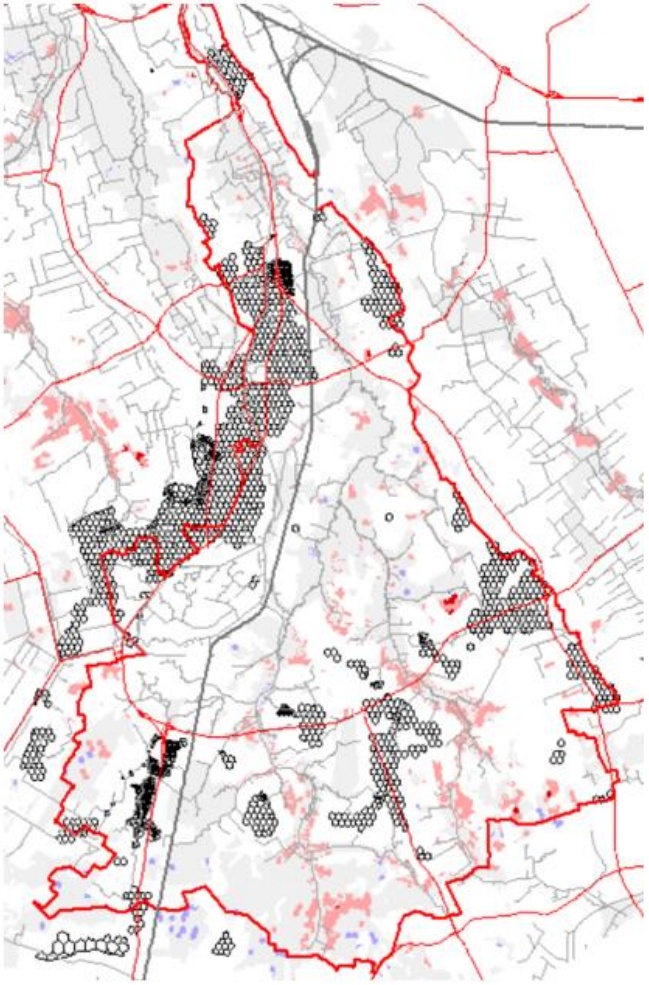




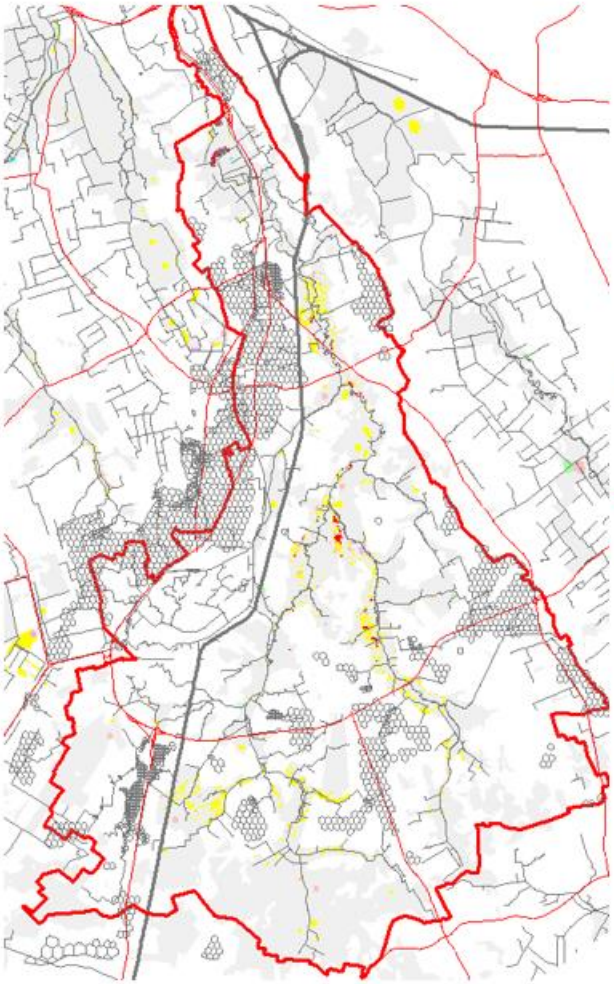
7 lagenmodel

19 lagenmodel





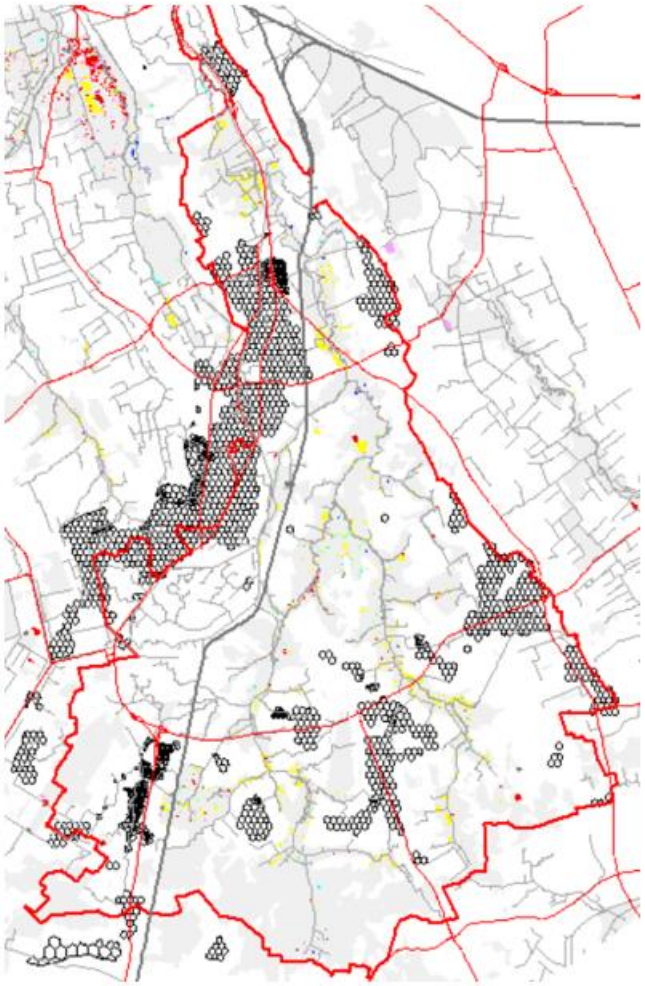
Afname kwel - 15 aug - 15 sept 2003



kwel naar wortelzone
in mm/d

Afname

-4 - -1
-1 - -0.75
-0.75 - -0.5
-0.5 - -0.25
-0.25 - -0.1
-0.1 - -0.03
0.03 - 0.1
0.1 - 0.25
0.25 - 0.5
0.5 - 2

Toename

19 lagen model