

Aanpassingen grondwatermodel Wierden en Hoge Hexel

20 juni 2023

Kenmerk R001-1286191NJH-V04-hme-NL

Verantwoording

Titel	Aanpassingen grondwatermodel Wierden en Hoge Hexel
Opdrachtgever	Bij12
Projectleider	
Auteur(s)	5.1.2.e
Tweede lezer	
Uitvoering meet- en inspectiewerk	Niet van toepassing
Projectnummer	1286191
Aantal pagina's	85 (exclusief bijlagen)
Datum	20 juni 2023
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
T +31 57 06 99 91 1
E info.deventer@tauw.com

Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Leeswijzer	5
2	Modelbeoordeling	5
2.1	Bepalen beïnvloedingsgebied winningen	5
2.2	Beoordeling window van aanpassingen	6
2.2.1	Aanpassingswindow legger watergangen	6
2.2.2	Aanpassingswindow top 10 watergangen	7
2.2.3	Aanpassingswindow lagenmodel	7
2.3	Beoordeling kD	9
2.4	Controle bruikbaarheid watergangen	12
2.4.1	Legger watergangen	12
2.4.2	Top 10 watergangen	13
2.5	Advies voor overige aanpassingen	14
3	Benodigde aanpassingen	16
3.1	Verwerking onttrekkingsgegevens	16
3.1.1	Verwerking actuele debieten Wierden en HH	16
3.1.2	Verdeling debieten bij vergund debiet Wierden en HH	18
3.1.3	Debieten overige winningen	19
3.2	Schematisatie Dakhorst	20
3.3	Verwerken vernieuwde watergangen uit MIPWA 4.1.2	22
3.4	Verwerken droogvalkaart	22
3.5	Verlengen model	23
3.6	Startstijghoogtes en constant heads (CHD)	23
3.7	kD1 en c1	25
3.7.1	Inschatting horizontale doorlatendheid en weerstand	27
3.8	Keileem	31
3.8.1	Ondiepe boringen zonder diepe boring in de buurt (>250 m afstand)	37
3.8.2	Ondiepe boringen met diepe boringen binnen 250 m	37
3.8.3	Interpolatie	39
3.9	Inbouwen nieuwe METASWAP	41
3.10	Doorlaatvermogen	41

4	Eerste modelvalidatie	42
4.1	Validatie GHG en GLG.....	42
4.2	MetaSWAP vergelijking.....	44
4.3	Tijdstijghoogtelijnen.....	46
4.4	Conclusies.....	53
5	Aanvullende controles modelinput	54
5.1	Controle peilen en conductance waterlopen	54
5.2	Vergelijking doorlaatvermogen WVP 1 met MIPWA 4.1	58
5.3	Beoordeling stijghoogteverschillen over keileem	63
5.4	Controle debieten per puttenveld	64
5.5	Modelrun met MIPWA 4.1	65
5.6	Conclusie controle modelinput.....	67
6	Kalibratie.....	67
6.1	Stationair model	67
6.2	Primaire kalibratieronde	67
6.3	Validatie GHG en GLG.....	72
6.4	Secundaire kalibratieronde	79
6.5	Conclusie kalibratie	80
7	Scenarioberekeningen.....	81
7.1	Scenario's	81
7.2	Effect industriële winningen 2013-2020	84
7.3	Effect Wierden 2013-2018	84
7.4	Effect Wierden 2019-2020	84
7.5	Effect Hoge Hexel 2013-2020	85
7.6	Effect alle putten aan	85
Bijlage 1	Oordeel boringen	
Bijlage 2	Kd5, kd6, kd7, kd8, kd9	
Bijlage 3	Lagenmodel MIPWA 3 vs MIPWA 4	
Bijlage 4	Lagenmodel MIPWA 4 modelgebied Wierden.....	
Bijlage 5	Scenarioberekeningen.....	

1 Inleiding

BIJ12 heeft TAUW gevraagd om het bestaande grondwatermodel voor Wierden aan te passen. Als basis daarvoor is het door TAUW opgestelde model voor het Wierdense Veld gebruikt. Omdat de verlagingscontouren van de winningen bij Hoge Hexel en Wierden overlappen, is bij de aanpassing ook Hoge Hexel meegenomen. Het nieuwe grondwatermodel wordt het Hoge-Hexel-Wierden (HHW) model genoemd. Hierbij zullen een gedetailleerde detailkartering en andere gegevens in het grondwatermodel verwerkt worden. Het doel is om het grondwatermodel te verbeteren zodat het gebruikt kan worden voor het berekenen van landbouwschade.

1.1 Leeswijzer

De aanpak van deze grondwatermodellering wordt in deze rapportage beschreven en bestaat uit een aantal fases. In hoofdstuk 2 wordt het Wierdense veldmodel (vanaf nu afgekort met WV model) uit 2019 beoordeeld op de bruikbaarheid, hieruit volgt vervolgens een advies voor aanpassingen. Ook wordt besproken welke aanvullende gegevens in overleg met BIJ12 verwerkt zijn. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 besproken hoe de modelaanpassingen doorgevoerd zijn en met welke methode. In hoofdstuk 4 volgt de eerste modelvalidatie en de eerste modelresultaten. Deze resultaten gaven aanleiding tot enkele modelaanpassingen (hoofdstuk 5) en tot kalibratie van een aantal parameters (hoofdstuk 6). Tot slot volgen de scenarioberekeningen in hoofdstuk 7.

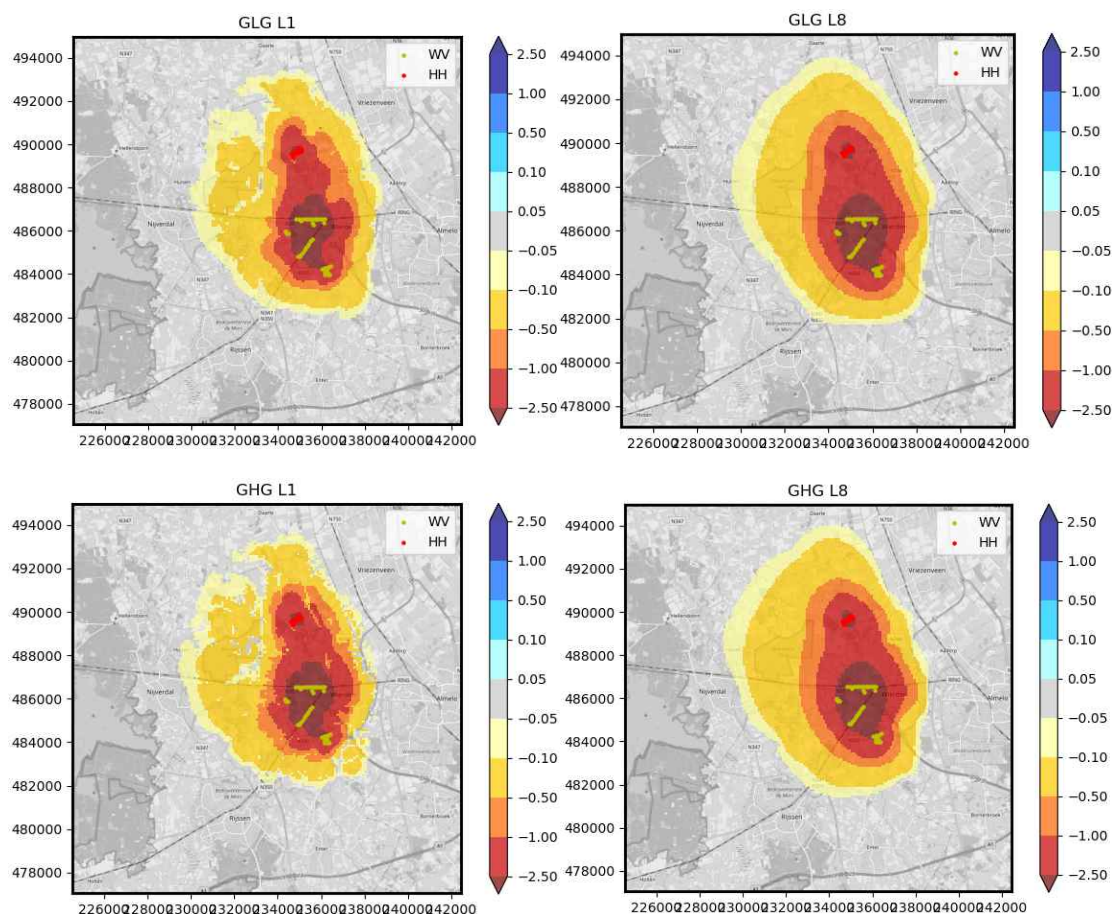
2 Modelbeoordeling

Dit hoofdstuk beschrijft het WV model¹, dat de basis vormde voor deze studie, en een beoordeling van de geschiktheid om met dit model de scenarioberekeningen voor de winningen van Vitens te doen. Op basis hiervan is advies gegeven over modelaanpassingen, die in overleg met BIJ12 doorgevoerd zijn.

2.1 Bepalen beïnvloedingsgebied winningen

Het WV model is gebaseerd op MIPWA 3.0, maar verschillende aanpassingen aan onder andere watergangen, kD en c-waardes zijn hierop doorgevoerd. Dit waren aanpassingen in de omgeving van het Wierdense veld. Om te bepalen of deze aanpassingen in het WV model in een groot genoeg gebied zijn gedaan, is het invloedsgebied van de winningen bij Wierden en Hoge Hexel doorgerekend. Hierbij zijn de nieuwe onttrekkingsgegevens van de winningen bij Wierden en Hoge Hexel al verwerkt (zie hoofdstuk 3). Dit is de enige aanpassing die gedaan is in dit stadium. In figuur 2.1 staan de verschil GxG's (modellaag 1) en GxS's (voor modellaag 8). Het effect van de winningen reikt aan de westkant bijna tot aan Nijverdal, waar de Regge loopt.

¹ TAUW, Modelaanpassingen MIPWA 3.0 voor effectberekeningen PAS-maatregelen Wierdense veld, 2018



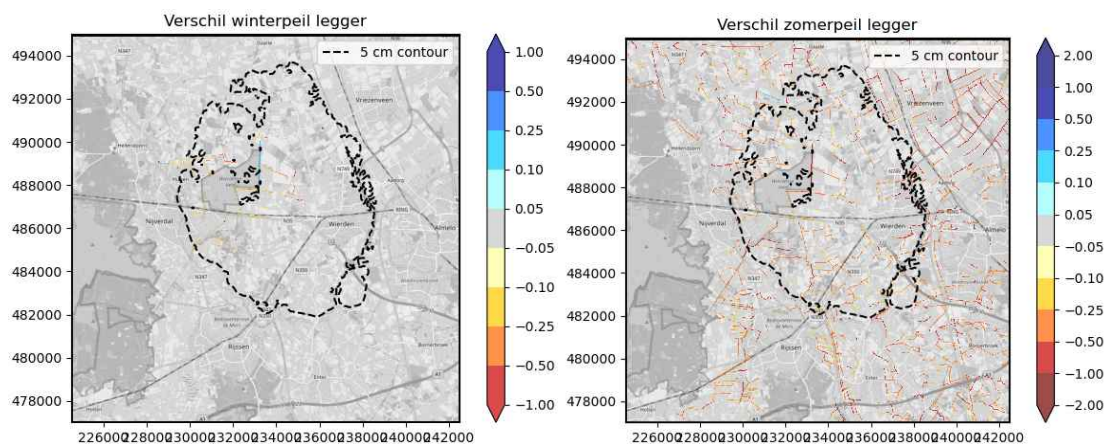
Figuur 2.1 Verschil in freatische grondwaterstand en stijghoogte als gevolg van het aanzetten van de winningen bij Wierden en Hoge Hexel

2.2 Beoordeling window van aanpassingen

Om te beoordelen of de aanpassingen in een groot genoeg window gedaan zijn, maken we een vergelijking van de watergangen en het lagenmodel van het WV model met MIPWA 3.0.

2.2.1 Aanpassingswindow legger watergangen

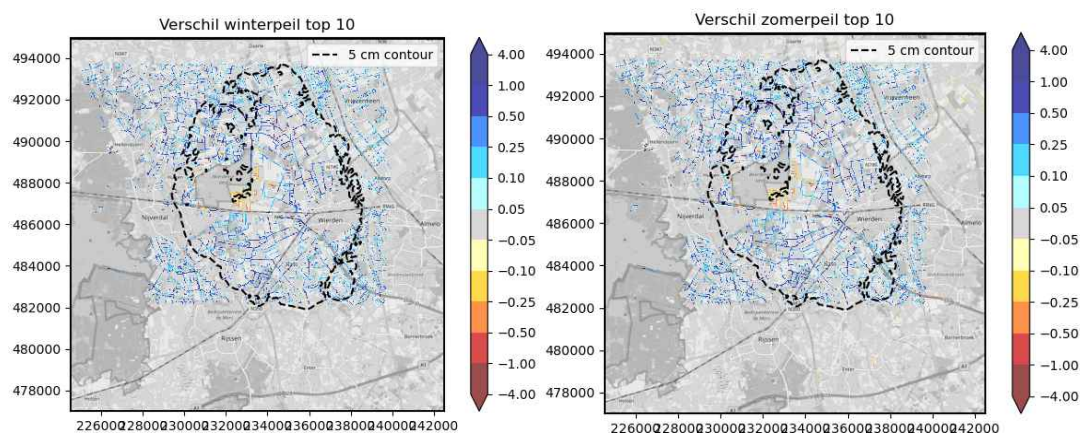
De legger watergangen zoals in het WV model zijn vergeleken met de legger uit MIPWA 3.0 voor waterpeil, bodemhoogte, infiltratiefactor en conductance (een maat voor de intreeweerstand van de rivierbodem). Ter illustratie staan in figuur 2.2 de verschillen voor het winter – en zomerpeil. Hieruit volgt dat de aanpassingen in een voldoende groot gebied zijn uitgevoerd.



Figuur 2.2 Verschil in het winterpeil (links) en zomerpeil (rechts) van de legger in het model met MIPWA 3.0

2.2.2 Aanpassingswindow top 10 watergangen

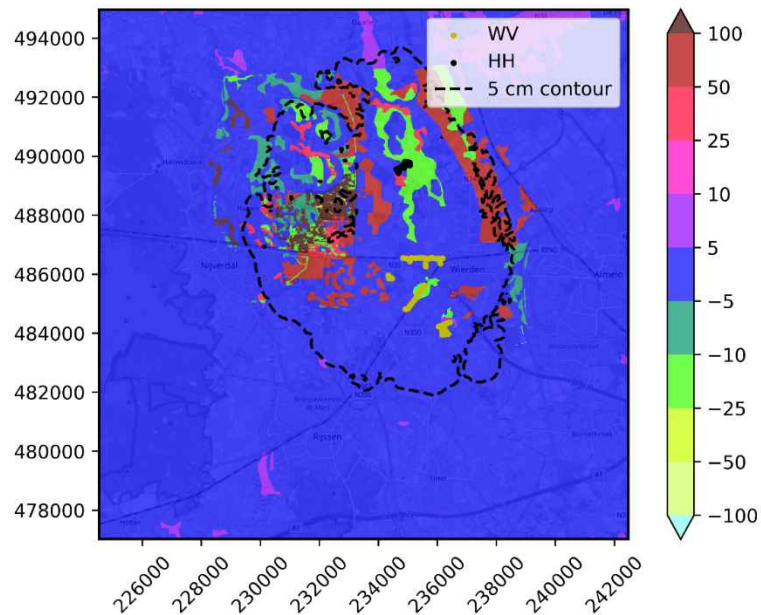
De grids van de top 10 watergangen zijn vergeleken met de grids uit MIPWA 3.0. Dit is gedaan voor winter/zomerpeil, conductance, bodemhoogte en infiltratiefactor. In figuur 2.3 zijn de verschillen weergegeven voor het winter- en zomerpeil. Het aanpassingswindow is vergelijkbaar qua omvang met het beïnvloedingsgebied van de winningen en daarmee voldoende groot.



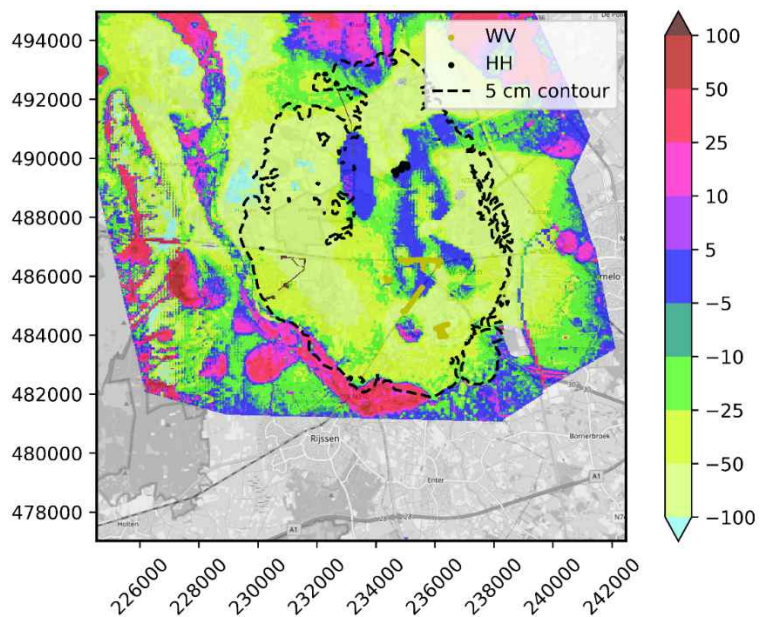
Figuur 2.3 Verschil van het top 10 winterpeil (links) en zomerpeil (rechts) in het WV model met MIPWA 3.0

2.2.3 Aanpassingswindow lagenmodel

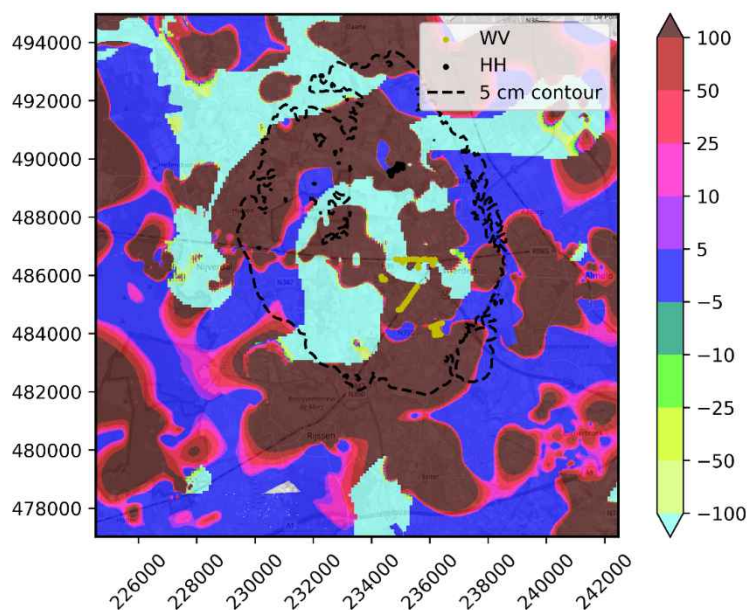
Voor de modelstudie uitgevoerd met het WV model zijn aanpassingen gedaan aan het lagenmodel aan onder andere de kd1, c1 en c4. De verschillen zijn weergegeven voor de c1 in figuur 2.4, voor de kd1 in figuur 2.5 en voor de c4 (weerstand van de keileemlaag) in figuur 2.6. Uit de verschillen volgt dat niet alle aanpassingen in het volledige invloedsgebied van de winningen zijn doorgevoerd. De begrenzing van het gebied met aanpassingen van de kd1 en c1 had iets verder in zuidelijke richting mogen worden doorgetrokken.



Figuur 2.4 Verschil in weerstand in aantal dagen van modellaag 1 tussen het WV model en MIPWA 3.0



Figuur 2.5 Verschillen in de kD van laag 1 van het WV model ten opzichte van MIPWA 3.0



Figuur 2.6 Verschillen in weerstand in aantal dagen tussen modellaag 4 in het WV model (keileem) met MIPWA 3.0

2.3 Beoordeling kD

De kD van het watervoerende pakket bepaalt mede tot hoever het effect van winningen reikt en hoe groot het is. Het lagenmodel van het huidige model is nog gebaseerd op REGIS 2.1. Om te beoordelen hoe goed de schematisatie van het eerste watervoerende pakket (afgekort met WVP) is, hebben we gegevens van een pompproef bij Ypelo (figuur 2.7) vergeleken met de kD van het model (figuur 2.8) en REGIS 2.2 (figuur 2.9 en figuur 2.10). In het WV model is een vermenigvuldigingsfactor van 1.25 gebruikt in de runfile, die is in de figuur al meegenomen.

Uit beoordeling van de gegevens in REGIS 2.2 volgt dat:

De gemeten kD tijdens de pompproef overeenkomt met 1000 - 1200 m²/d

De kD volgens REGIS 2.2 is 700 - 1400 m²/d

De kD in het model is 700 - 850 m²/d

Uit de vergelijking met REGIS 2.2 en de pompproef volgt dat de kD van het WVP rond Ypelo te laag is, advies is om dit aan te passen. Als dat niet gebeurt, kan dat leiden tot overschatting van de berekende verlaging van de winningen bij Wierden. In overleg met BIJ12 is besloten om de kD-factor aan te passen naar 1,5 zodat de kD in het model beter overeenkomt met REGIS 2.2 en de pompproef.

Pompproef Ypelo

Ten behoeve van de realisatie van het derde puttenveld (Ypelo) is in 2004 (veld)onderzoek verricht naar de bodemopbouw en grond- en oppervlaktewaterkwaliteit. Eén van de onderdelen is het uitvoeren van een pompproef. De interpretatie van de pompproef is uitgevoerd door Kees Maas van Kiwa Water Research.

Op hoofdlijn kan het watervoerend pakket worden onderverdeeld in een 4-tal sublagen, te weten:

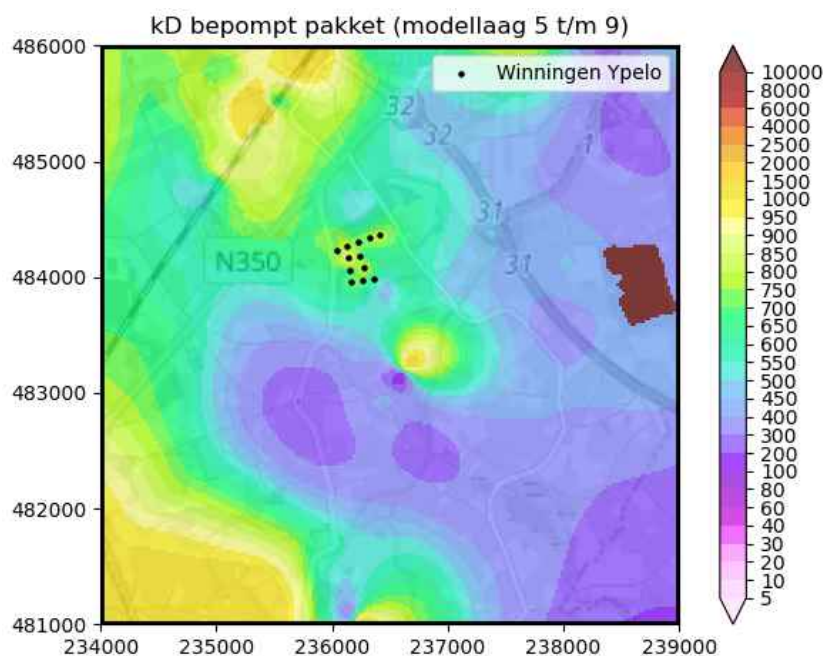
Laag 1:	0 – ± 10 m-mv	: fijne tot grove zanden, afgewisseld met klei, veen en leemlaagjes;
Laag 2:	± 10 – ± 25 m-mv	: matig grof zand (zandmediaan van gem. 300 µm);
Laag 3:	± 25 – ± 35 m-mv	: matig grof tot matig fijn zand (zandmediaan van gemiddeld 200 µm);
Laag 4:	± 35 – ± 45 m-mv	: matig fijn tot zeer fijn zand (zandmediaan van gemiddeld 150 µm);
Laag 5:	± 45 m-mv	: tertiaire basis (fijne zanden).

Conclusies pompproef:

1. De pompproef leverde een kD -waarde op 1.000 à 1.200 m²/d.
2. Er is geen sprake van voeding van bovenaf; althans niet zolang de sloten in de omgeving droog staan.
3. De voedende grenzen van de pompput liggen op een afstand van 2,6 à 3,4 km.
4. De bergingscoëfficiënt van de bepompte aquifer is $S = 0,002$ à $0,003$.
5. Boven een niveau van ca 8,25 m +NAP treedt een lokaal drainagesysteem in werking.
6. De drainageweerstand in natte tijden ligt in de orde van 150 dagen, maar kan van plek tot plek sterk verschillen.
7. De freatisch bergingscoëfficiënt is $S_f \approx 0,17$.

Bron: Tauw, Pompproef Wierden, kenmerk R003-4271527HWC-mfv-V02-NL, d.d. 17 februari 2005

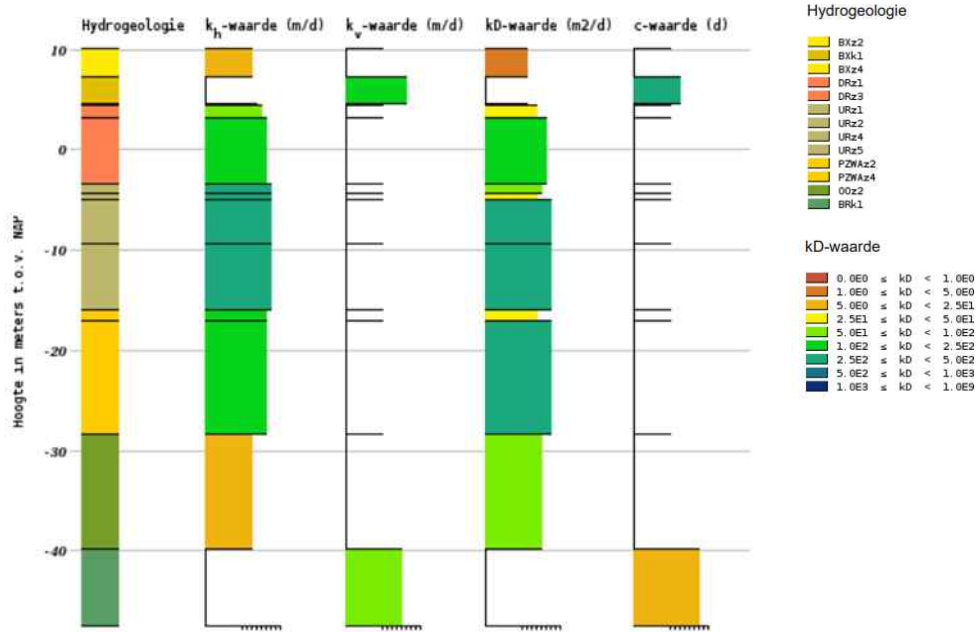
Figuur 2.7 Pompproef uitgevoerd in 2005 door TAUW bij Ypelo



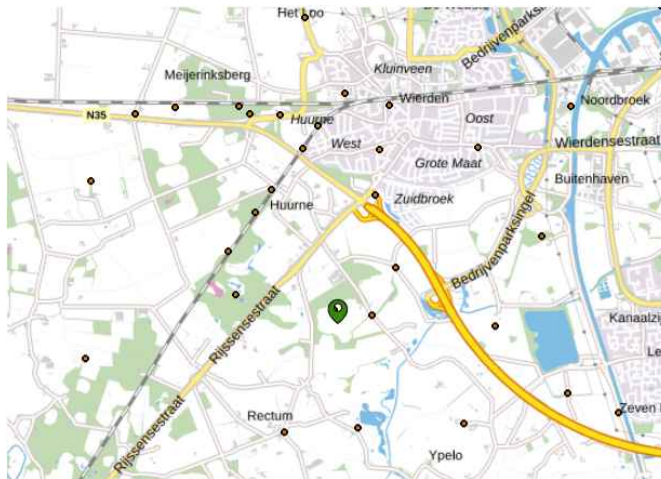
Figuur 2.8 kD van het bepompte pakket bij Ypelo zoals aanwezig in het WV model (inclusief vermenigvuldigingsfactor van 1.25)

Appelboor BRO REGIS II v2.2

Coördinaten: 236278, 484257 (RD)
 Maaiveld: 10.10 m t.o.v. NAP
 Hoogte t.o.v. NAP: -344.82 m - 10.10 m
 Geselecteerde hoogte: -47.47 m - 10.10 m



Figuur 2.9 Appelboor met REGIS 2.2 bij winveld Ypelo

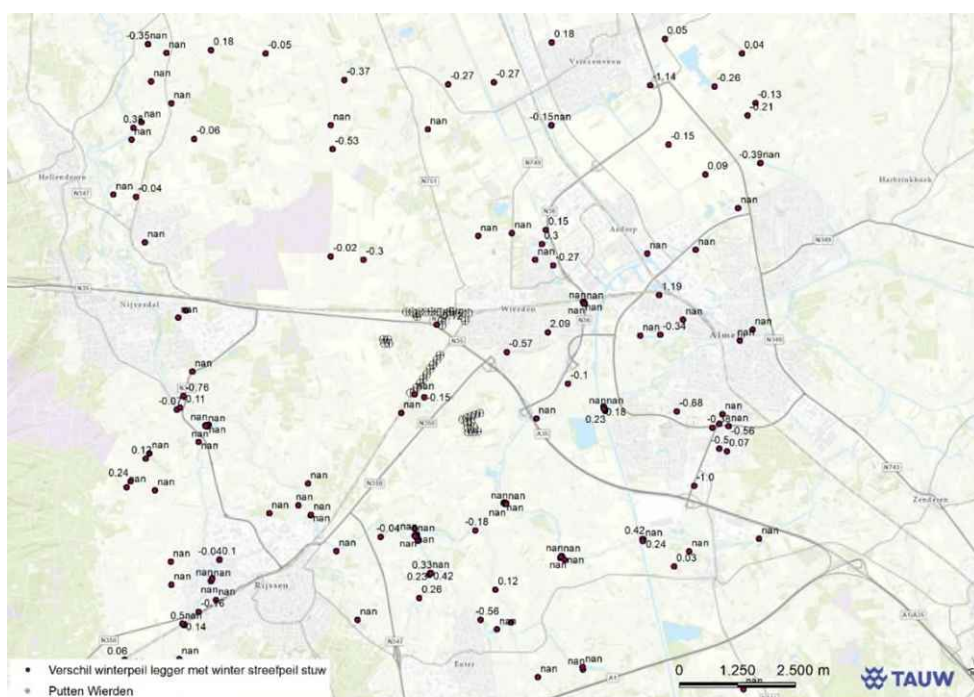


Figuur 2.10 Locatie van de appelboor (met REGIS 2.2)

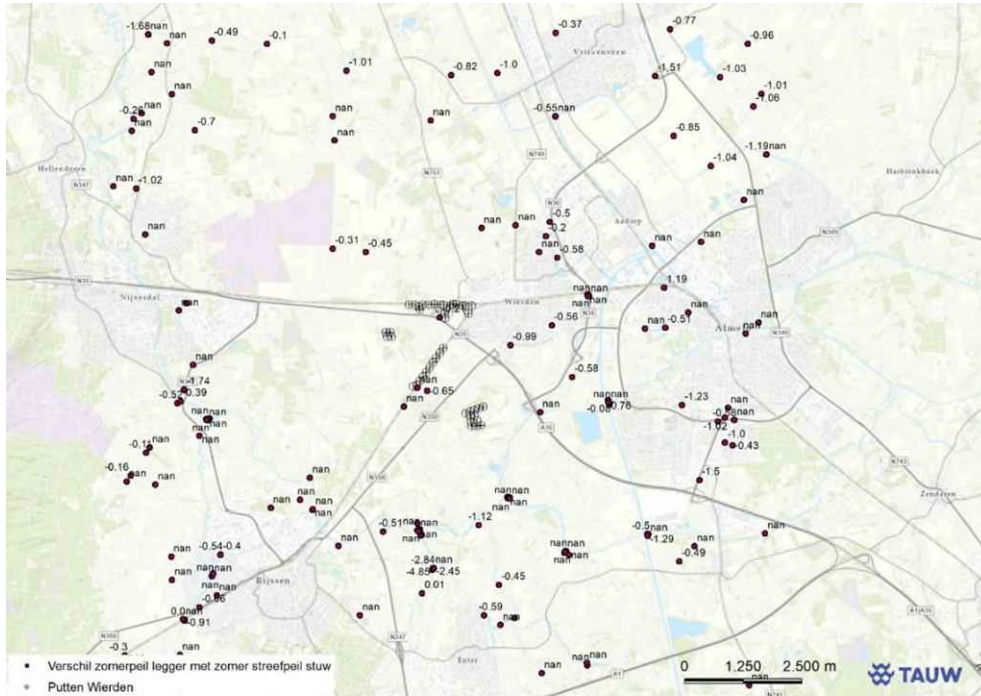
2.4 Controle bruikbaarheid watergangen

2.4.1 Legger watergangen

Doordat de leggerpeilen inmiddels wel verouderd zijn, hebben we de peilen in het WV model vergeleken met de meest recente peilenkaart (stuwpeilen) van waterschap Vechtstromen uit 2020. De verschillen zijn weergegeven in figuur 2.11 en figuur 2.12 voor respectievelijk winter- en zomerpeil. Binnen het beïnvloedingsgebied van de winningen zijn er lokaal verschillen tot 2 meter.



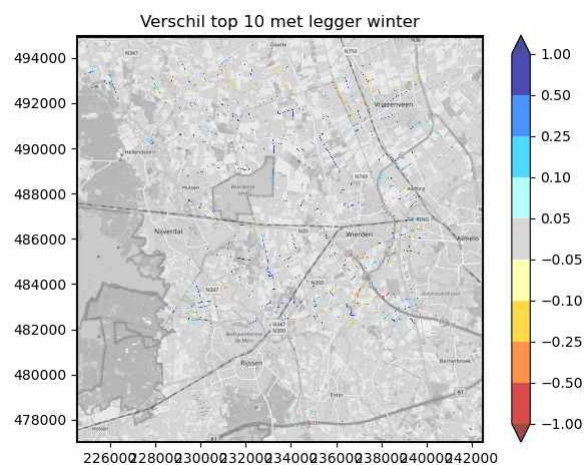
Figuur 2.11 Verschil winterpeil met stuwpeilen vastgesteld door waterschap Vechtstromen in 2020



Figuur 2.12 Verschil winterpeil met stuwpeilen vastgesteld door waterschap Vechtstromen in 2020

2.4.2 Top 10 watergangen

Een aanvullende constatering is dat de top 10 watergangen soms een lager waterpeil hebben dan de legger watergang, terwijl deze allebei in dezelfde gridcel aanwezig zijn. Op een enkele plaats staat het winterpeil tot meer dan 50 centimeter lager dan in de legger watergang, zie figuur 2.13. Mogelijk dat een deel van de verschillen te maken heeft met afwijkende afwateringseenheden.



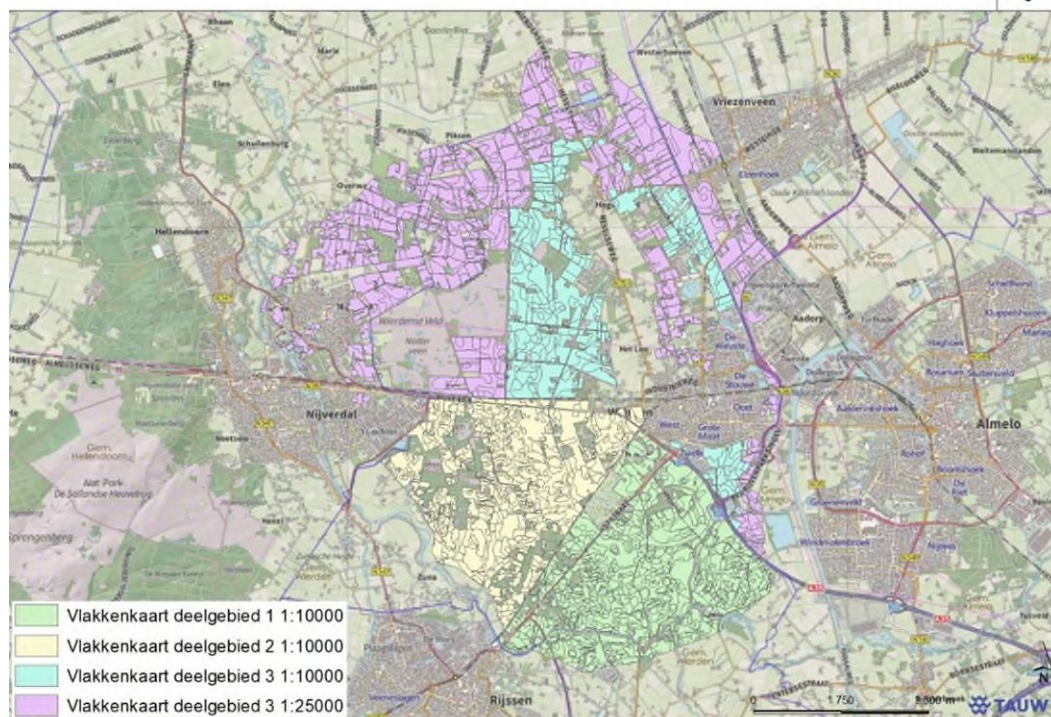
Figuur 2.13 Verschil van het winterpeil van top 10 watergangen met de legger

2.5 Advies voor overige aanpassingen

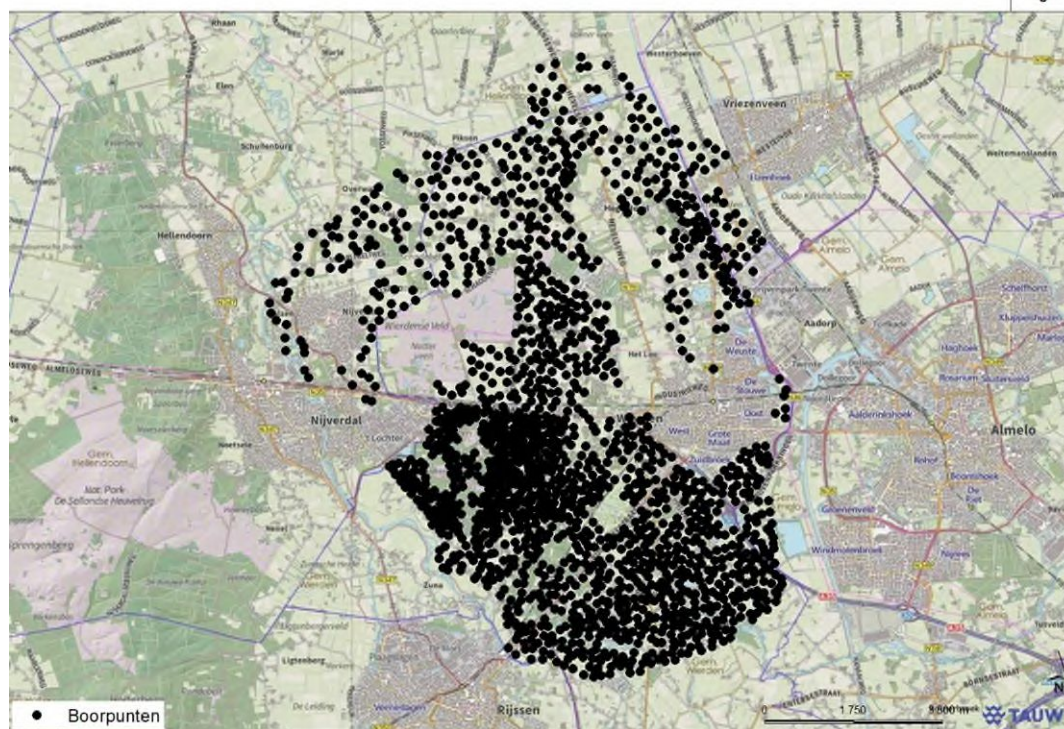
Op basis van de vorige paragrafen zijn de volgende conclusies te maken:

- De aanpassingen van het lagenmodel voor de kD1 en c1 mogen iets verder in zuidelijke richting worden doorgevoerd
- De aanpassingen aan de watergangen zijn in een voldoende groot window uitgevoerd, maar deze gegevens zijn mogelijk verouderd en het peil in top 10 watergangen klopt niet ten opzichte van het leggerpeil
- De kD van het watervoerende pakket is aan de lage kant, advies is om de vermenigvuldigingsfactor te verhogen naar 1,5

BIJ12 heeft een gedetailleerde bodemkartering aangeleverd voor drie deelgebieden in de omgeving van Wierden die het totale invloedsgebied van de winningen Wierden en Hoge Hexel omvatten, zie figuur 2.14. Deze bodemkarteringen worden verwerkt tot vlakdekkende kd en c-waardes voor modellaag 1 volgens de methodiek zoals beschreven in hoofdstuk 3. Naast deze bodemkartering zijn ook de gegevens van +/- 1600 ondiepe boringen aangeleverd (zie figuur 2.15) met per boring een codering gebaseerd op de aanwezigheid van storende lagen. Voor deelgebieden 1 en 2 zijn daarnaast ook de boordiepte meegeleverd. Daarnaast is doorgesproken dat de schematisatie van de infiltratievijver Dakhorst (zie hoofdstuk 3) gecontroleerd en verbeterd wordt.



Figuur 2.14 De door Bij12 aangeleverde bodemkarteringen



Figuur 2.15 Overzicht van de aangeleverde ondiepe boringen

Vanuit BIJ12 bestaat daarnaast de wens om de keileemweerstand beter in beeld te brengen. Hier zullen onder andere de 1600 ondiepe boringen uit de deelgebieden voor worden gebruikt. Voor de methodiek van de verwerking van de keileem zie hoofdstuk 3.

Doordat de meeste zomers sinds 2018 (erg) droog verlopen zijn, is er een droogvalkaart beschikbaar gesteld door waterschap Vechtstromen. Deze is ook verwerkt, zie hoofdstuk 3.

3 Benodigde aanpassingen

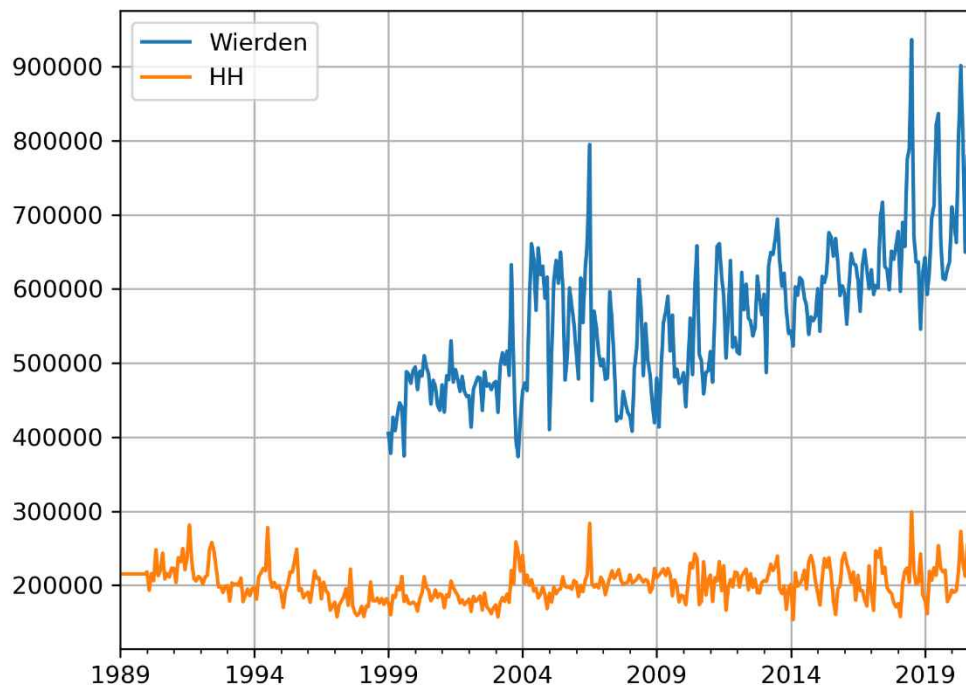
In dit hoofdstuk worden alle aanpassingen beschreven die aan het WV model zijn gedaan. Met deze aanpassingen wordt het WV model geschikt gemaakt om de winningen bij Wierden en Hoge Hexel door te rekenen. Het aangepaste model wordt daarom vanaf nu het Hoge Hexel – Wierden model genoemd, afgekort met HHW model.

3.1 Verwerking onttrekkingsgegevens

In dit deelhoofdstuk wordt beschreven hoe de onttrekkingen bij Wierden, Hoge Hexel, Nijverdal, Holten, de sanering bij Stamanstraat en overige industriële onttrekkingen verwerkt zijn in het model.

3.1.1 Verwerking actuele debieten Wierden en HH

Vitens heeft de onttrekkingsgegevens per put voor de winvelden bij Wierden en Hoge Hexel geleverd. Voor de putten bij Wierden gaat het om het debiet op dagbasis van 1999 tot en met 2020, voor Hoge Hexel op dagbasis van 2014 tot en met 2022. De debieten van Hoge Hexel voor 2014 zijn aangeleverd op maandbasis voor het gehele winveld. Voor beide winvelden zijn ook de coördinaten aangeleverd en op basis van de filterstellingen (zie tabel 3.1) verwerkt in het model met behulp van autoplaatsing. In het model zijn de debieten op maandbasis opgenomen, waarbij voor Hoge Hexel voor 2014 het maandelijkse debiet recht evenredig verdeeld is over het aantal putten.



Figuur 3.1 Debietsontwikkeling in m³ per maand voor de winning bij Wierden en Hoge Hexel

Tabel 3.1 Coördinaten en filterstellingen voor de winvelden bij Wierden en Hoge Hexel zoals geleverd door Vitens

X	Y	Putnaam	Bovenkant filter (m NAP)	Onderkant filter (m NAP)
234733.0	489625.0	HH1977-19	-15.93	-40.18
234703.0	489529.0	HH1977-20	-11.99	-41.09
234874.0	489612.0	HH1978-24	-17.77	-43.45
235065.0	489694.0	HH1978-25	-17.42	-46.2
234973.0	489807.0	HH1989-26	-9.21	-42.81
235052.0	489791.0	HH1964-17	-3.98	-35.98
234957.0	489750.0	HH1964-18	-5.14	-38.49
234899.0	489816.0	HH1978-22	-19.39	-48.19
234852.0	489716.0	HH1978-23	-20.18	-48.98
234610.0	489564.0	HH1989-27	-25.45	-44.63
235497.18	486553.1	WD1971-35	-10.46	-30.32
235372.65	486555.07	WD1971-36	-16.81	-34.56
235245.08	486552.16	WD1976-37	-16.93	-34.68
235123.64	486552.51	WD1976-38	-15.88	-32.63
235062.69	486448.2	WD1977-39	-12.92	-32.72
234959.28	486541.55	WD1978-40	-11.07	-31.07
234834.53	486553.43	WD1982-41	-11.39	-32.5
235574.41	486544.86	WD1992-07	-7.8	-27.8
234999.25	484835.48	WD2011-44	-9.54	-28.74
234916.4	484812.67	WD2011-45	-9.184	-28.384
235199.52	485109.8	WD1972-30	-12.4	-30.75

X	Y	Putnaam	Bovenkant filter (m NAP)	Onderkant filter (m NAP)
235127.5	485014.46	WD1982-31	-12.52	-33.58
235058.85	484917.55	WD1987-32	-16.17	-35.92
235405.26	485414.07	WD2004-43	-7.86	-22.11
235559.64	485623.04	WD1967-25	-7.92	-23.55
235486.45	485519.75	WD1970-26	-16.6	-29.9
235343.81	485316.79	WD1970-28	-11.43	-29.15
235271.53	485212.89	WD1972-29	-10.32	-26.2
235596.22	486351.34	WD1995-21	-4.46	-28.46
235605.24	486260.81	WD1995-23	-10.36	-29.56
234349.03	485971.76	WIE2018PP58	-13.79	-32.99
234436.79	485977.88	WIE2018PP59	-13.16	-32.36
234471.51	485858.9	WIE2018PP60	-13.46	-32.66
234376.51	485830.38	WIE2018PP61	-14.8	-34.0
235046.08	486494.18	WIE2018PP62	-11.74	-31.14
236042.81	486533.98	WD1970-16	-6.5	-22.03
235971.09	486529.8	WD1972-14	-8.85	-23.85
236170.24	486533.72	WD1975-19	-9.44	-27.24
236105.51	486531.2	WD1995-17	-4.46	-23.66
235839.51	486555.36	WD1977-02	-12.04	-31.92
235771.77	486556.04	WD1991-04	-8.29	-29.0
235720.0	486530.0	WD1992-05	-11.2	-30.55
236039.86	484234.94	WD2012-46	-17.16	-26.76
236133.63	484269.46	WD2012-47	-16.95	-26.55
236267.61	483967.76	WD2012-54	-11.51	-25.91
236166.1	483957.75	WD2012-55	-11.22	-25.5
236156.35	484061.57	WD2012-56	-11.68	-25.96
236143.82	484166.82	WD2012-57	-10.47	-24.75
236227.67	484303.78	WD2012-48	-17.68	-27.16
236321.81	484337.6	WD2012-49	-13.06	-27.34
236416.35	484372.43	WD2012-50	-13.04	-27.32
236232.89	484183.32	WD2012-51	-13.61	-27.89
236281.65	484079.2	WD2012-52	-13.81	-28.09
236367.03	483979.37	WD2012-53	-14.45	-26.73

3.1.2 Verdeling debieten bij vergund debiet Wierden en HH

In de scenario's onder vergund debiet is de verdeling van het totale jaarlijkse debiet over de afzonderlijke putten bij Wierden, en per put over het jaar, gebaseerd op de actuele debietsverdeling per puttenveld. Hierbij is onderscheid gemaakt in de periode voor en na 2018. Het gemiddelde aandeel per put in het totale jaarlijkse actuele debiet van het bijbehorende winveld is berekend voor deze twee periodes. Vervolgens is deze fractie per put vermenigvuldigd met het vergunde debiet van het bijbehorende winveld.

Op deze manier blijft de relatieve hoeveelheid die per put onttrokken wordt gelijk. De debieten voor de putten zijn op maandbasis opgenomen in het model. Samenvattend:

In de scenario's waarbij de periode 2013 tot en met 2018 doorgerekend wordt, wordt de gemiddelde debietsverdeling zonder de winning bij Dennenkamp gebruikt

In de scenario's waarbij de periode na 2018 doorgerekend wordt, wordt de gemiddelde debietsverdeling mét de winning bij Dennenkamp gebruikt

Voor het winveld bij Wierden is het jaarlijkse vergunde debiet 8 miljoen m³.

In het scenario voor Hoge Hexel (scenario 7, zie tabel 7.1) onder vergund debiet, is de verdeling van het totale jaarlijkse debiet over de afzonderlijke putten, en per put over het jaar, gebaseerd op de actuele debietsverdeling. Het gemiddelde aandeel per put in het totale jaarlijkse actuele debiet is berekend. Vervolgens is deze fractie per put vermenigvuldigd met het vergunde debiet, waarbij het jaarlijkse vergunde debiet voor Hoge Hexel 2,5 miljoen m³ bedraagt.

In de bijlage staat een overzicht van de ontvangen onttrekkingsgegevens van Wierden en Hoge Hexel zoals aangeleverd door Vitens.

3.1.3 Debieten overige winningen

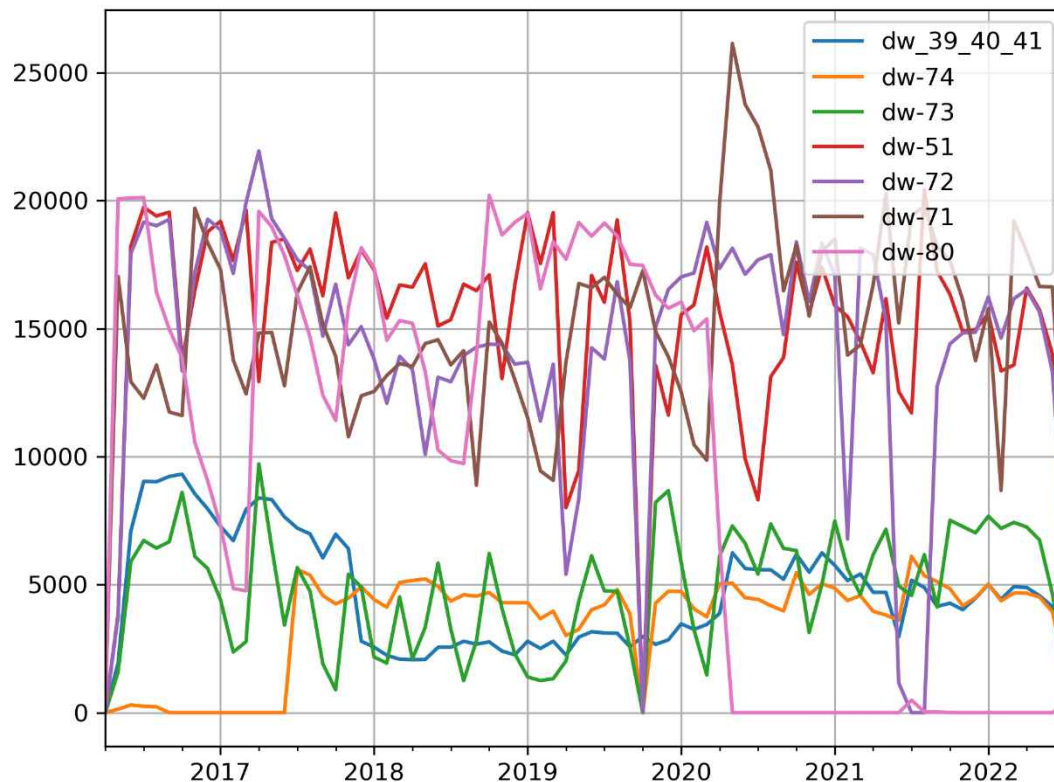
De debieten van Nijverdal, Holten, Ben & Jerry en Ten Cate zijn overgenomen uit MIPWA 4.1.2 waarbij we gebruik maken van autoplaatsing. De sanering bij Stamanstraat stond echter niet goed in MIPWA 4.1.2., zowel het debiet (debiet stond op 0 na 2001), het aantal putten en de coördinaten van de putten klopten niet. De sanering is in beheer van TAUW en intern zijn de actuele en vergunde debieten, het aantal putten, de filterstellingen én coördinaten opgevraagd en in het model verwerkt.

Tabel 3.2 Coördinaten en filterstellingen van de putten bij de sanering in Stamanstraat

X	Y	Diepwell	Filterstelling (m-mv)	Vergund debiet per dag (m3)
236241	486115	51	20-35	624
235904	486284	71	30-45	624
236062	486269	72	30-45	624
236446	486029	73	20-25	240
236564	485957	74	20-25	150
235832	486460	80	25-45	624
236639	485933	39_40_41	6-9	100

Het vergunde debiet ligt daarmee op 1,1 miljoen m³ per jaar², de actuele debieten liggen sinds de start van de sanering gemiddeld rond de 1 miljoen m³ per jaar. In het model zijn de debieten echter op maandbasis verwerkt, in figuur 3.2 staat de maandelijke debietsontwikkeling per put van de sanering weergegeven. Het jaarlijkse debiet dat is opgenomen in MIPWA 4.1.2. van de industriële winningen Ben & Jerry en Ten Cate is respectievelijk 30000 en 900000 m³.

² TAUW, Wierden Stamanstraat 13/17 aanleg onttrekkingsstelsel grondwatersanering, kenmerk R001-1223280JAO-mwl-V01-NL, d.d. 27 oktober 2017

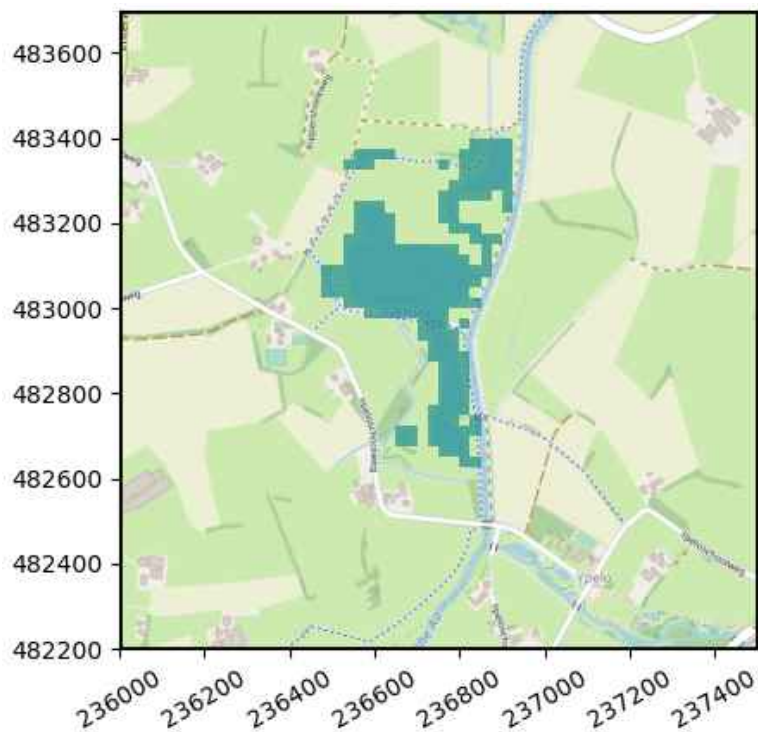


Figuur 3.2 Maandelijks debiet in m³ per deepwell van de sanering bij de Stamanstraat

3.2 Schematisatie Dakhorst

De waterbuffer Dakhorst (figuur 3.3) is in het model geschematiseerd volgens de gegevens uit een rapport van Arcadis³ (bodemhoogte) en de informatie van waterschap Vechtstromen, zie tabel 3.3. Dakhorst is uit top10 vlak gehaald en als een apart riviersysteem aan de runfile toegevoegd.

³ Plantoelichting waterbuffer Dakhorst te Wierden, Arcadis, 21 september 2010



Figuur 3.3 Dakhorst zoals geschematiseerd in het model (met gridcellen van 25 meter resolutie)

Tabel 3.3 Schematisatie van Dakhorst in het model vs. de meest recente informatie van waterschap Vechtstromen

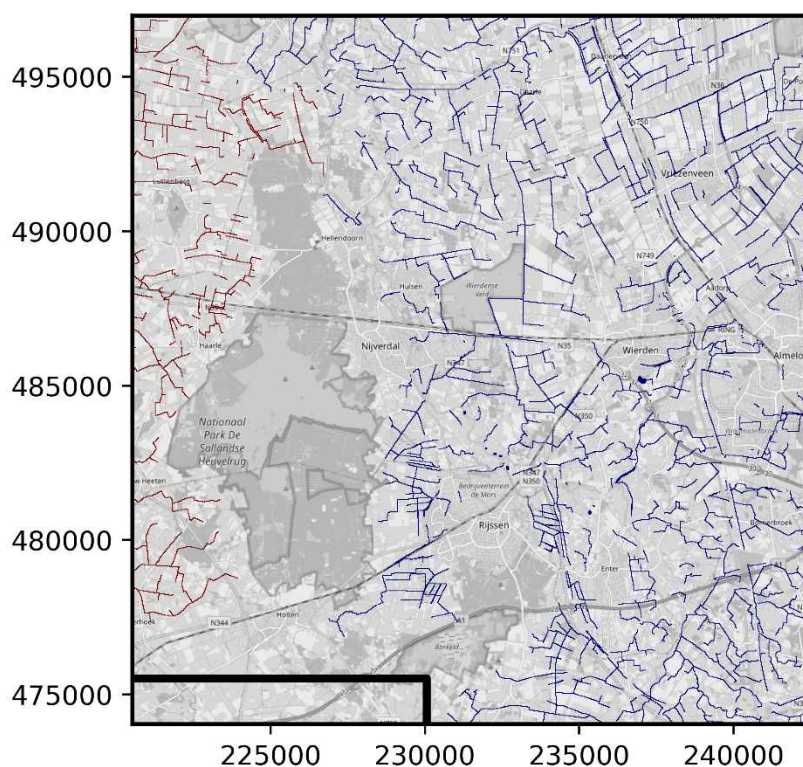
	In het model	Informatie waterschap Vechtstromen/rapportage Arcadis	In het model na aanpassing
Waterpeil jaarrond (+m NAP)	+8,2 (noordkant Dakhorst) +7,3 (zuidkant)	+8,14	+8,14
Bodemhoogte (+m NAP)	+7 tot + 7,5 (noordkant) + 6,5 (zuidkant)	+6,38	+6,38
Infiltratiefactor	0	-	0,33
Infiltratieweerstand	1-5 dagen	-	1-5 dagen

We hebben de waterbuffer een infiltratiefactor van 0,33 toegekend, de conductance is onveranderd gebleven ten opzichte van het oorspronkelijke model (infiltratieweerstand van 1-5 dagen).

3.3 Verwerken vernieuwde watergangen uit MIPWA 4.1.2.

Uit de modelbeoordeling volgt dat een update van de watergangen van het WV model wenselijk is.

De vernieuwde watergangen uit MIPWA 4.1.2. zijn daarom verwerkt in het HHW model. Het betreft ISG's van de legger en top 10 watergangen van waterschap Vechtstromen en waterschap Drents Overijsselse Delta. Deze ISG's zijn vergrid en vervolgens in het HHW model verwerkt, hierbij is onderscheid gemaakt tussen zomer en winter. Doordat het modelgebied dusdanig groot is geworden om de winningen bij Nijverdalen en Holten correct mee te nemen, valt een klein deel van het zuidwestelijk modelgebied buiten de begrenzing van de MIPWA watergangen. Om hiervoor te corrigeren, is in deze hoek de IBOUND op -1 gezet voor het freatische pakket (modellaag 1). Het gebied waarvoor dit gedaan is staat aangegeven in figuur 3.4. Op deze wijze wordt de modelgrens in modellaag 1 in deze hoek iets in noordelijke richting verplaatst.



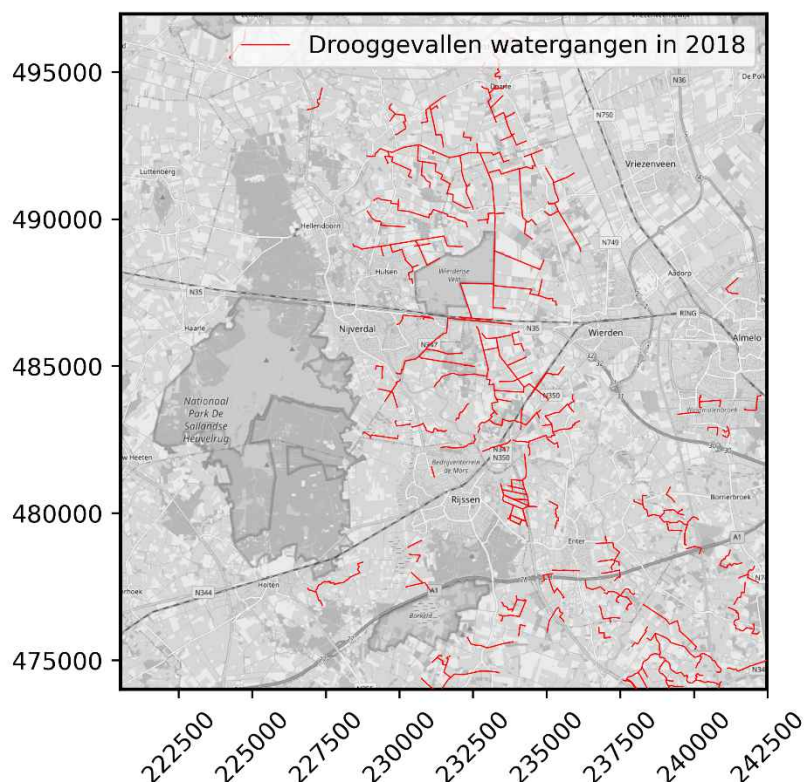
Figuur 3.4 Legger watergangen (rood is WDOD, blauw is waterschap Vechtstromen) en in zwart het gebied aangegeven waar de IBOUND op -1 gezet wordt

3.4 Verwerken droogvalkaart

De meest recente droogvalkaart is voor dit gebied samengesteld voor 2018, zie figuur 3.5. Het jaar 2018 is volgens waterschap Vechtstromen het jaar met het grootste aantal geregistreerde drooggevallen watergangen. Om het effect van de winningen niet te onderschatten, gaan we ervan uit dat deze watergangen voor de volledige modelperiode tijdens de zomers kunnen droogvallen.

Het droogvallen van watergangen is in het model gesimuleerd door de infiltratiefactor tijdens de zomer voor de betreffende leggerwatergangen op 0 te zetten.

In het model zitten enkele top10 watergangen die samen vallen met enkele infiltrerende legger watergangen. Waar van toepassing is de infiltratiefactor van deze top10 watergangen ook op 0 gezet.



Figuur 3.5 Droogvalkaart met geregistreerde drooggevallen watergangen in de zomer van 2018

3.5 Verlengen model

De simulatieperiode van het WV model liep van 1989 tot en met 2016 en is daarmee ontoereikend. Het HHW model is verlengd tot en met 2020, het meest recente jaar met debietsgegevens van de winning bij Wierden.

3.6 Startstijghoogtes en constant heads (CHD)

Het MIPWA-4 lagenmodel is uitgebreid van 9 naar 34 lagen. Om de startstijghoogtes en tijdsafhankelijke randstijghoogten (CHD) van de nieuwe MIPWA te kunnen gebruiken, is gebruik gemaakt van

Kenmerk R001-1286191NJH-V04-hme-NL

tabel 3.4 uit het rapport behorend bij de oplevering van MIPWA 4.0⁴, toegevoegd als bijlage 3 in dit rapport. In deze tabel staat welke laag uit MIPWA 3 correspondeert met welke nieuwe lagen uit MIPWA 4.

⁴ MIPWA v4 modelbouw, Royal HaskoningDHV & SWECO, 11 november 2021

Tabel 3.4 Overzicht met welke laag in het nieuwe model correspondeert met welke laag uit het oude model

MIPWA 3	MIPWA 4
Laag 1	Laag 1
Laag 2	Laag 3
Laag 3	Laag 6
Laag 4	Laag 11
Laag 5	Laag 14
Laag 6	Laag 18
Laag 7	Laag 21
Laag 8	Laag 23
Laag 9	Laag 26

De nieuwe startstijghoogte grids zijn verwerkt in het model.

3.7 kD1 en c1

In deze paragraaf volgt een beschrijving van de methode waarop de aangeleverde karteringen verwerkt zijn. De aangeleverde karteringen bevatten alleen gegevens buiten het Wierdense Veld, de kD1 en c1 binnen het Wierdense Veld worden niet aangepast.

In het WV model waren al karteringen verwerkt. OG heeft gevraagd om dezelfde methodiek aan te houden die ook voor het WV model gebruikt zijn. Hierbij zijn de volgende bronnen gebruikt, waarbij de volgorde van verwerken ook staat aangegeven:

1. Bodemkaart 1:10.000 gemaakt door Aequator voor omgeving Wierdense veld (is opgenomen in WV-model)
2. Bodemkaart 1:10000 deelgebied 1
3. Bodemkaart 1:10000 deelgebied 2
4. Bodemkaart 1:10000 en 25:000 deelgebied 3. Er zit wat overlap tussen bodemkaart van Aequator. In dat geval kiezen in de volgende volgorde:
5. Kleinste schaal nemen
6. Indien beide 10:000, neem dan de meest recente
7. Waar geen detailkartering is, bodemkaart 1:50.000 nemen

In het oude model zijn ook karteringen verwerkt. Dit leidde tot de indeling van gebieden met bodemcodes tot een aantal groepen bodemtypes zoals weergegeven in tabel 3.5 waarbij elk bodemtype een kH en c-waarde heeft gekregen. Voor de classificatie van deze bodemcodes is de bodemkaart indeling van de WUR gebruikt⁵, deze wordt ook gebruikt voor het verwerken van de bodemcodes aanwezig in de nieuwe aangeleverde karteringen.

⁵ [Legenda's en indelingen op bodemkaarten \(wur.nl\)](#)

Tabel 3.5 Inschatting *kh* en *c*-waardes buiten Wierdenseveld op basis van bodemtype

Bodemtype	Code	Kh (m/dag)	C (dagen)
Moerige gronden	vWp, zWp, vWz, zWz	1.0 ^{a)}	50 ^{b/c)}
Veengronden	aVz, zVz, zVc	1.0 ^{a)}	75 ^{c/d)}
Zwak lemige podzolen/zandgronden	Hn21, Hd21, cHn21, Hn30, Hn33, Hn53, Y21, Zn21, tZn31, tZn33	1.0	3
Lemige podzolen/zandgronden	Hn23, pZn23, pZg23, Hn35	0.6	5
Zwarte enkeerdgrond	zEZ21	0.6	5
Venige beekdalgronden (2 m veen) (nabij Regge)	ABv	0.1 ^{e)}	225 ^{e)}

^{a)} gebaseerd op zwak lemig fijn zand in profiel

^{b)} gebaseerd op veendikte in profiel gemiddeld 30 cm

^{c)} gebaseerd op tabel 3.8 & 3.9 in grondwaterzakboekje 2016

^{d)} er is uitgegaan van 50 cm veraard veen

Ten opzichte van deze indeling, zijn er met de nieuwe en fijnere karteringen meer gebieden met andere bodemcodes bijgekomen. Voor de verwerking van deze karteringen in de *kD* en *c* voor modellaag 1, hebben we een voorstel voor de nieuwe indeling gemaakt, zie tabel 3.7.

Hierbij hebben we de nieuwe bodemcodes onderverdeeld in 7 bodemtypes en 1 categorie met 'overige'. Voor de overige bodemcodes zijn *kh*- en *c*-waardes gebruikt die representatief zijn voor zand dat kenmerkend en overwegend in dit gebied voorkomt.

Voor podzolen, zandgronden en zwarte enkeerdgronden is een onderverdeling gemaakt tussen zwak lemig en lemig. Deze onderverdeling is gebaseerd op het eerste cijfer (zandgrofheidsklasse) en tweede cijfer (leemgehalte) na de afkorting, dit is gebaseerd op tabel⁵....

Onder zwaklemig wordt gerekend:

1. Fijn zand (eerste cijfer, zandgrofheidsklassen 1 tot en met 5) dat tevens zwaklemig is (met tweede cijfer 1 tot en met 4)
2. Grof zand

Onder lemig wordt gerekend:

1. Fijn zand (eerste cijfer, zandgrofheidsklassen 1 tot en met 5) dat sterk lemig is (met tweede cijfer 5 of hoger)

Tabel 3.6 Indeling cijfercode bij zand- en leemgronden (Grootschalige karteringen 1:5000 - 1:25000)⁵

Tabel A-25 Indeling cijfercode bij zand- en leemgronden (Grootschalige karteringen 1 : 5 000 - 1 : 25 000)

Zandgrofheidsklassen bij zandgronden (eerste cijfer in het cijferdeel van de legendacode) (Grootschalige karteringen 1 : 5 000 - 1 : 25 000)

naam	M50 (in µm)	code(1)
fijn	uiterst fijn 50-105	1 2
	zeer fijn 105-150	3 4
	matig fijn 150-210	5 6
grof	matig 210-420	7 8
	zeer grof 420-2000	9

(1) De eerste kolom bevat de codes van de enkelvoudige klassen. De volgende kolommen met even getallen bevattende codes voor telkens twee samengevoegde enkelvoudige klassen.

Leemgehalten bij zandgronden (tweede cijfer in het cijferdeel van de legendacode) en leemgronden (enige cijfer) (Grootschalige karteringen 1 : 5 000 - 1 : 25 000)

naam	% <50 µm	% <2 µm	code(1)
zand	leemarm zand 0-10	<6	1 2
	zwak leemig zand 10-17,5		3 4
	sterk leemig zand 17,5-32,5		5 6
	zeer sterk leemig zand 32,5-50		7
leem	zandige leem 50-85	>8	5
	siltige leem 85-100		6

(1) Voor zand: de eerste kolom bevat de codes van de enkelvoudige klassen. De volgende kolommen met even getallen bevattende codes voor telkens twee samengevoegde enkelvoudige klassen.

Er is een gebied geclassificeerd als brikgrond, namelijk bodemcode pBv11C, deze valt in dezelfde categorie als moerige gronden. Voor het bodemtype keileem is een schatting gemaakt op basis van het grondwaterzakboekje (kh waarde) en de weerstand zoals in MIPWA 4.1.2 (c-waarde).

3.7.1 Inschatting horizontale doorlatendheid en weerstand

De weerstand van de veen- en moerige gronden is geschat met behulp van het grondwaterzakboekje 2016 (pagina 30), waarin wordt aangegeven dat voor zwartveen met enig slib of lutum de weerstand 150 dagen/m bedraagt. De horizontale doorlatendheid wordt voor deze gronden bepaald door de zandlagen in dit profiel. De kh-waarde van de zandlagen zijn overgenomen van tabel 5 van Massop et al. (2005)⁶. De weerstand van de zandgronden is bepaald met een verticale anisotropiefactor van factor 3⁶. Er wordt uitgegaan van een gemiddelde verzadigde dikte van 1 meter. De kD-waarde wordt ook bepaald op basis een gemiddelde verzadigde dikte van 1 meter. Enkele bodemtypes bevatten klei (bodemtypes met 'k' ervoor), maar de dikte van de klei is klein (circa 25 centimeter) en dit heeft daardoor geen invloed op verzadigde doorlatendheid. Tabel 3.7 geeft per bodemtype de geschatte horizontale doorlatendheid en weerstand weer voor de 1:10.000 en 1:25.000 bodemkaarten, Tabel 3.8 voor de 1:50.000 bodemkaart.

⁶ H. Th. L. Massop, J. W. J. van der Gaast en E. Kiestra, 2005. De doorlatendheid van de bodem voor infiltratiedoeleinden. Een gebiedsdekkende inventarisatie voor waterschap Peel en Maasvallei. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1212

Tabel 3.7 Inschatting *kH* en *c* waardes buiten Wierdense veld op basis van bodemtype

Bodemtype	Code	<i>kH</i> (m / dag)	<i>C</i> (dagen)
Zwak lemige podzolen/zandgronden	Zg51, Hn51, Hn33, Hd31, cZn33, Zg33, tZn51, tZn33, cHn51, cZg33, Zn33, tZg31, Hd51, cZn31, zEZ33, tZg33, cHn33, cZn51, Hn53, tZn53, cZg53, Hd53, Zg53, cHn53, ktZg53, Zn53, tZg53, cZn53, cHd53, Y53 cY33, Y33, Y71	1.0	3
Lemige podzolen/zandgronden	tZg35, cZg55, tZn35, Hn35, cZn55, cZn35, Zg35, tZg55, Hn55, tZn55, cZg35, cHn55, cHn35, Zg55, ktZg, kZg	0.6	5
Keileem	Kx	0.05 ^{e)}	300 ^{f)}
Veengronden	zVp, taVz, pVc, pzVc, taVd, zVc, pzVz, hVz, zVz, zVd	1.0 ^{a)}	75 ^{c) d)}
Zwarte enkeerdgrond (zwak lemig)	dzEZ53, zEZ51, zEZ53, bEZ33	1.0	3
Zwarte enkeerdgrond (lemig)	zEZ55, zEZ35, bEZ35, dzEZ35,	0.6	5
Moerige gronden	vWz, zWz, zWp, aWp, pzWz, hWz, pzWp, kWz, pBv11C	1.0 ^{a)}	50
Overig	Bebouw-, Camping-, Bebouwing, zonnepark, Ophoog-, Weg-, Water-, weg, Natuur-	1.0	3

a) Gebaseerd op zwak lemig fijn zand in profiel

b) Gebaseerd op veendikte in profiel gemiddeld 30 centimeter

c) Gebaseerd op tabel 3.8 en 3.9 in grondwaterzakboekje 2016

d) Er is uitgegaan van 50 centimeter veraard veen

e) Gebaseerd op tabel 3.3 in grondwaterzakboekje 2016

f) Gebaseerd op MIPWA 4.1.2

Tabel 3.8 Inschatting *kH* en *c* waarden buiten Wierdense veld op basis van bodemtype (bodemkaart 1:50000)

Bodemtype	Code	<i>kH</i> (m / dag)	<i>C</i> (dagen)
Zwak lemige podzolen/zandgronden	Hn21, Hd21, cHn21, Hn30, Hn33, Hn53, Y21, Zn21, tZn31, tZn33, pZn21, pZg21, Zd21, cY21	1.0	3
Lemige podzolen/zandgronden	Hn23, pZn23, pZg23, Hn35, Hd23, Hd23, cHn23, cY23, Y23, Zn23	0.6	5
Keileem	Kx	0.05 ^{e)}	300 ^{f)}
Veengronden	aVz, zVz, zVc, zVs, zVp, hVz, Vz, aVs, pVz, Vo, Vp, Vs, iVp, hVc, pVc, iVz, aVp, AVo	1.0 ^{a)}	75 ^{c) d)}
Zwarte enkeerdgrond (zwak lemig)	zEZ21, bEZ21	1.0	3
Zwarte enkeerdgrond (lemig)	zEZ23, bEZ23	0.6	5
Moerige gronden	vWp, zWp, vWz, zWz, iWp, iWz, kWz	1.0 ^{a)}	50
Venige beekdalgronden	ABv	0.1 ^{c)}	225 ^{c)}
Matig grof zand	Hd30, Y30	5	1
Overig	cOPHOOG, hBEBOUW, gMOERAS, gWATER, bAFGRAV	1.0	3

a) Gebaseerd op zwak lemig fijn zand in profiel

b) Gebaseerd op veendikte in profiel gemiddeld 30 centimeter

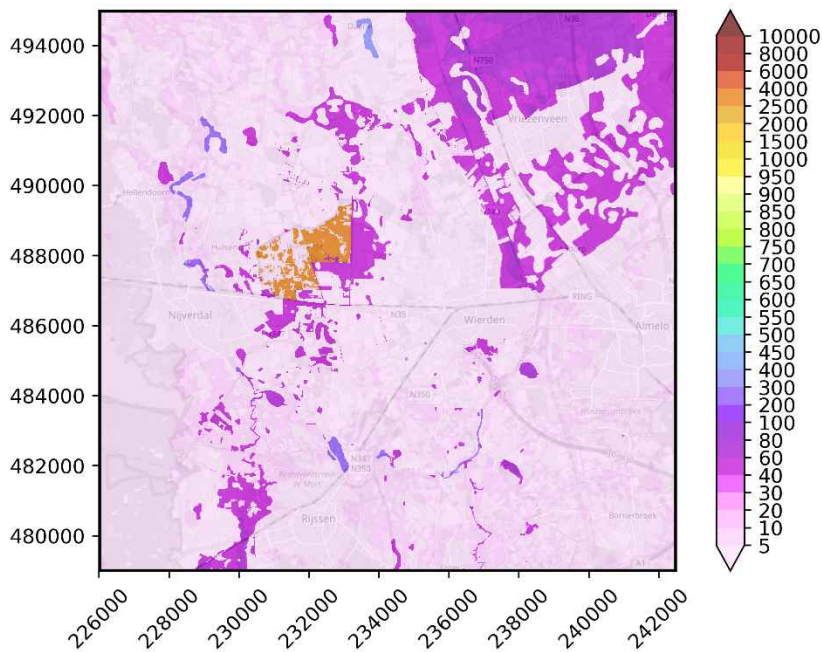
c) Gebaseerd op tabel 3.8 en 3.9 in grondwaterzakboekje 2016

d) Er is uitgegaan van 50 centimeter veraard veen

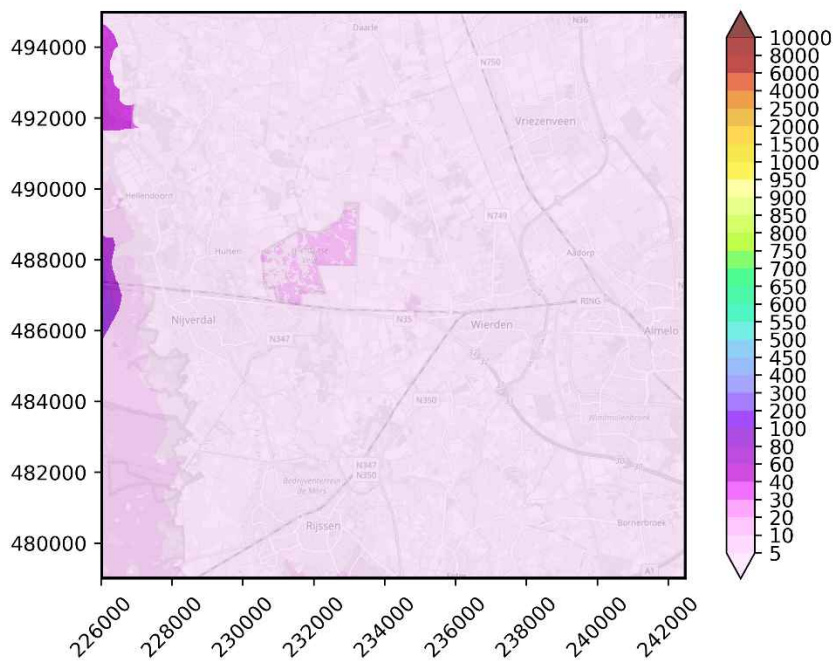
e) Gebaseerd op tabel 3.3 in grondwaterzakboekje 2016

f) Gebaseerd op MIPWA 4.1.2

In figuur 3.6 en figuur 3.7 staan de vernieuwde *c*₁ en *kd*₁ die gemaakt zijn met behulp van deze methodiek. De 1:50000 bodemkaart was net niet volledig vlak dekkend binnen het kleinere modelwindow, op plaatsen waar dit het geval was (uiterste westkant model, Holterberg) zijn de *kd* en *c* waarden van het WV model aangehouden.



Figuur 3.6 C1 na toepassen van de beschreven methodiek



Figuur 3.7 kd1 na toepassen van de methodiek

3.8 Keileem

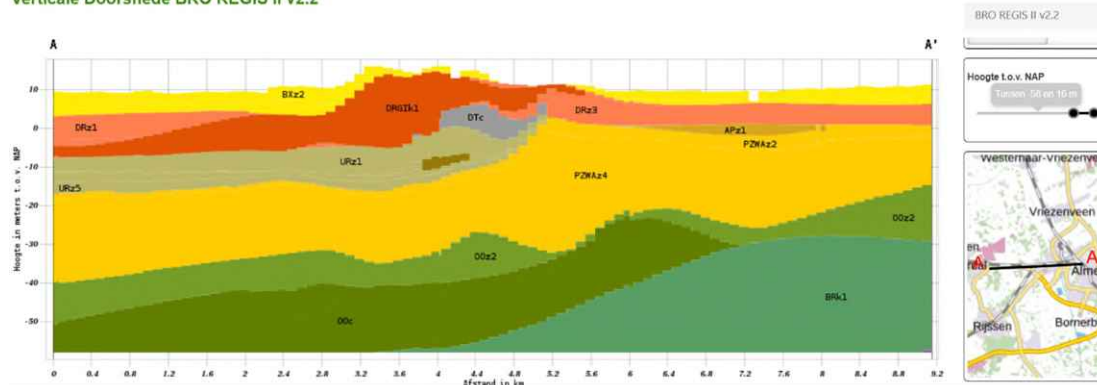
De door OG aangeleverde ondiepe boringen zijn geanalyseerd op de aanwezigheid van keileem. De aanwezigheid van keileem is belangrijk voor het berekenen van de freatische verlaging door de winningen, het heeft een dempende werking. In deze paragraaf wordt een voorstel gedaan hoe we met deze ondiepe boringen de keileemlaag beter in het HHW model brengen. Voor de schematisatie van keileem zijn er drie bronnen beschikbaar:

1. De keileem schematisatie in het huidige model (modellaag 4)
2. Diepe boringen van DINOloket
3. Keileemverbreding volgens REGIS 2.2
4. Ondiepe boringen, aangeleverd door OG

De ondiepe boringen gaan in de meeste gevallen tot 2 à 3 meter diep, terwijl keileem in een groot deel van het gebied dieper zit. Rond Wierden ligt volgens REGIS het keileem wel in de bovenste meters, zie figuur 3.8. Met ondiepe boringen waar wel keileem aangetroffen is, kan vooral de bovenkant van de keileemlaag in beeld worden gebracht.

Uit de REGIS schematisatie blijkt dat keileem aan de bovenkant kan worden begrensd door zowel fijn als matig grof zand (Formaties van Boxtel respectievelijk Drenthe), en aan de onderzijde door matig grof tot grof zand (Drenthe of Urk).

Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2

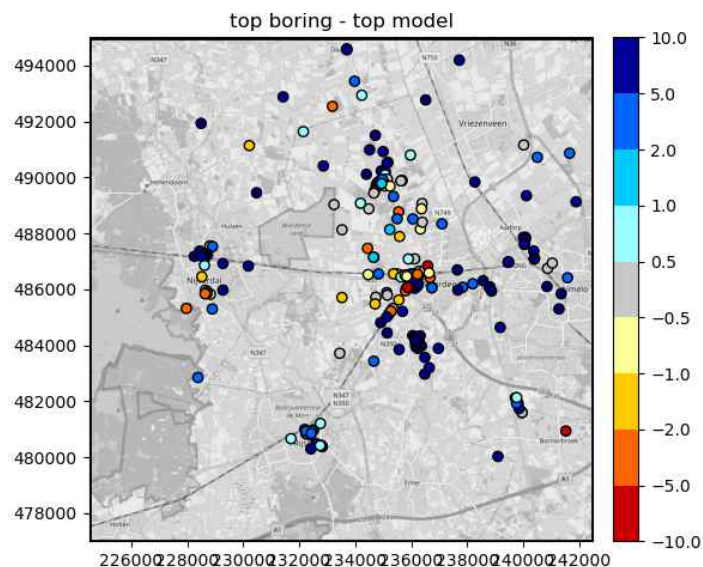


Figuur 3.8 Dwarsdoorsnede van de bodemopbouw van west naar oost over Wierden

In gevallen waar in de ondiepe boringen geen keileem is aangetroffen, sluit het dus niet uit dat er dieper wel keileem aanwezig is. Dit deel van de boringen is daardoor niet direct bruikbaar.

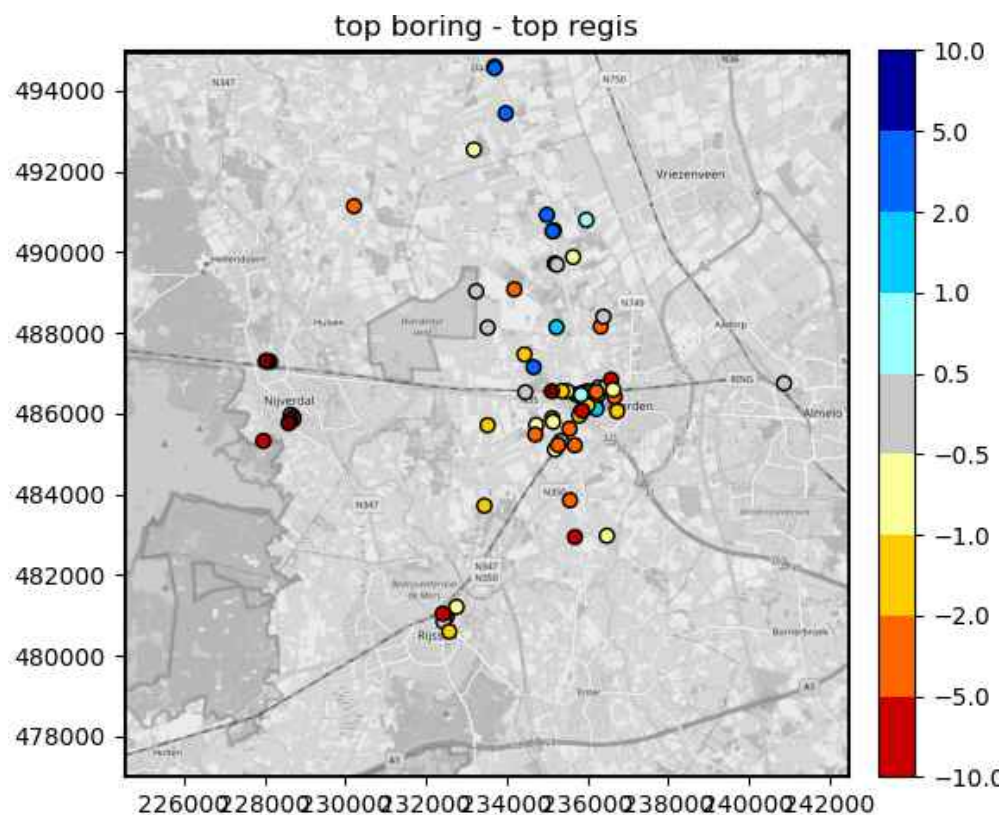
Van de ondiepe boringen waar wél de top van de keileem maar niet de dikte is vastgesteld, moet de onderkant van de keileemlaag op die plaats worden vastgesteld. Hiervoor gebruiken we in eerste instantie diepe boringen uit DINOloket die in de buurt liggen, vervolgens de diepteligging volgens REGIS en als laatste de diepteligging volgens het model.

Om een indruk te krijgen van de huidige keileemschematisatie in het model, is de bovenkant van de keileem in het model (4^e weerstandbiedende modellaag) vergeleken met de aanwezigheid van leem in diepe boringen. In figuur 3.9 is te zien dat er grote verschillen optreden. In het algemeen zit er in de boringen leem op geringere diepte dan op basis van de modelschematisatie mag worden verwacht.



Figuur 3.9 Verskil in meter tussen de bovenkant van de keileemlaag in diepe boringen met de bovenkant van keileem in het model

Een deel van de verschillen wordt mogelijk veroorzaakt doordat in deze diepe boringen geen onderscheid is gemaakt tussen leem en keileem, waardoor ondiepe leemlaagjes in de bovenliggende Boxtel Formatie (zie figuur 3.8) voor keileem worden aangezien. Doordat de verschillen echter zo groot zijn, is de bovenkant van de leem in diepe boringen ook vergeleken met de REGIS schematisatie van de keileem (gietenklei), zie figuur 3.10. De bovenkant van de keileemlaag uit de diepe boringen komt op eerste gezicht beter overeen met de bovenkant van de REGIS gietenklei, maar er treden nog steeds behoorlijke verschillen op.



Figuur 3.10 Verskil in meter tussen de bovenkant van de keileemlaag in diepe boringen met de bovenkant van keileem met de REGIS gietenklei

Op basis van de REGIS gietenklei hebben we de diepe boringen gecontroleerd of deze leem dan wel keileem bevatten.

Hierbij zijn er 4 groepen te maken:

1. Als de diepe boring (kei)leem heeft binnen de REGIS gietenklei contour én lager ligt dan de bovenkant van de REGIS gietenklei, zie figuur 3.11
2. Als de diepe boring binnen de REGIS gietenklei contour ligt en minstens 1 (kei)leemlaag bevat die deels ondieper ligt dan de REGIS gietenklei, zie figuur 3.12
3. Als de diepe boring binnen de REGIS gietenklei contour ligt en minstens 1 (kei)leemlaag bevat die in het geheel ondieper ligt dan de REGIS gietenklei, zie figuur 3.13
4. Als de diepe boring buiten de REGIS gietenklei contour ligt, zie figuur 3.14

De 2^e, 3^e en 4^e groep diepe boringen zijn handmatig beoordeeld of ze keileem, leem of beide bevatten. In de bijlage staat per boring het oordeel aangegeven.

Een leemlaag is geclassificeerd als leem uit de Boxtelformatie indien:

1. Er zowel boven als onder de leemlaag fijn zand zit (fijn zand is karakteristiek voor de Boxtel formatie)
1. Er onder de leemlaag fijn zand zit

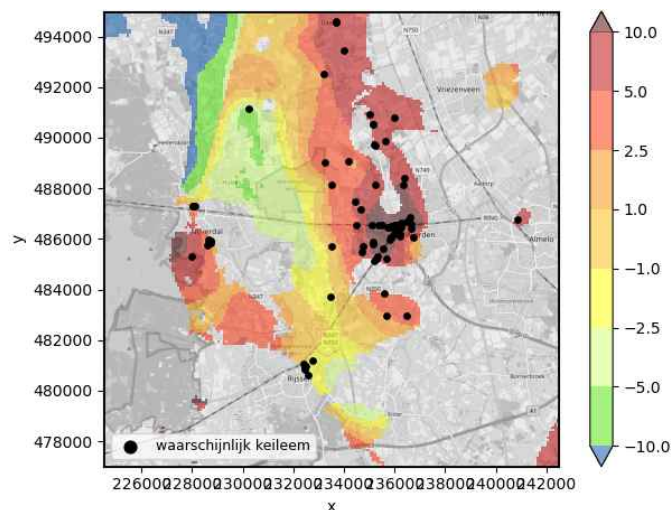
en als keileem indien:

De leemlaag zich in (matig) grof zand bevindt (aan onderzijde grof zand)

Bij gevallen waar eerst fijn zand zat, dan leem en dan grof zand is gekeken naar de dikte van de leemlaag en de locatie om te beoordelen of het leem dan wel keileem is.

De weerstand die in ondiepe leemlaagjes gevonden wordt, wordt niet verder geanalyseerd. De weerstanden van modellaagen 1 en 2 zijn namelijk laag. De ondiepe leemlaagjes in de Boxtel-formatie die in sommige diepe boringen op verschillende dieptes zijn aangetroffen, zullen eveneens een lage weerstand hebben. Van de Boxtel formatie is bekend dat deze heterogeen van samenstelling is, met naast zand ook verspreide klei-, veen- of leemlaagjes. In dit gebied zijn de weerstandbiedende laagjes dun en van weinig betekenis. Dit blijkt ook uit REGIS2.2.

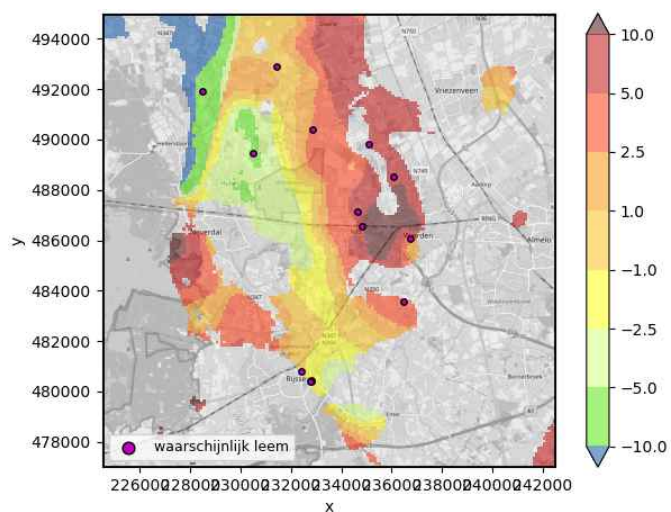
We gaan ervan uit dat de meeste weerstand (voor zover aanwezig) in modellaag 1 zit. Omdat voor deze laag een analyse op basis van bodemtype is gedaan (vorige paragraaf), past een interpretatie op basis van (verspreide) boringen daar niet bij. We hebben voor de analyse van de keileemweerstand ook alleen diepe boringen gebruikt. Deze selectie van boringen is bedoeld als referentie voor de set van ondiepe boringen (zoals aangeleverd door Bij12) voor de keileem-interpretatie, en geven een onvolledig beeld van de ondiepe bodemopbouw. Om deze redenen zien we de ondiepe leemlaagjes als ruis voor de keileem-interpretatie te zien en niet als bijvangst waar we iets mee moeten doen.



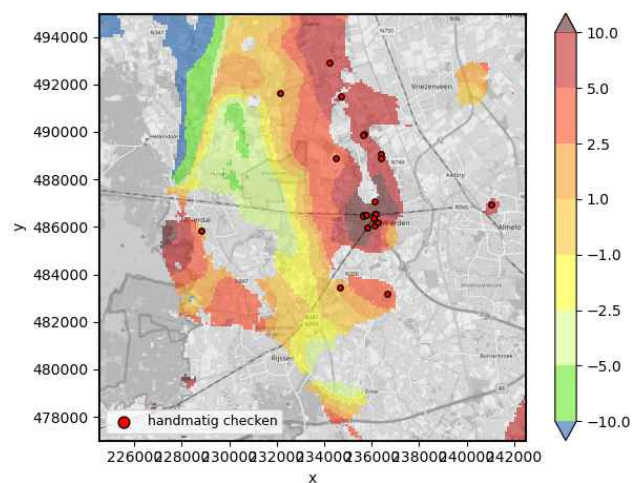
Figuur 3.11 Diepe boringen met keileem (bovenkant REGIS 2.2 gietenklei waar aanwezig in m NAP in kleur weergegeven)

Kenmerk

R001-1286191NJH-V04-hme-NL

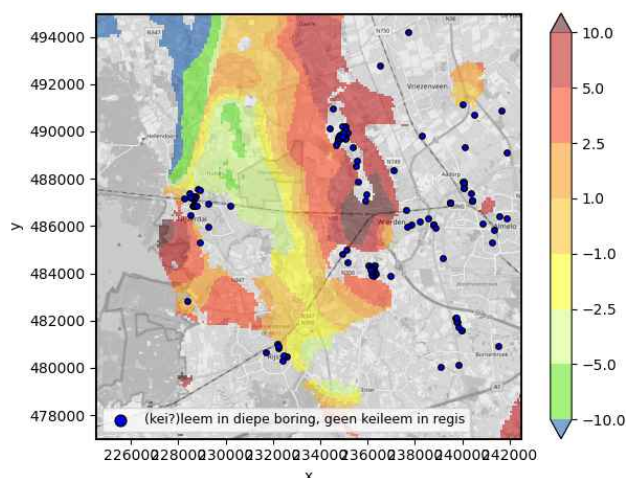


Figuur 3.12 Diepe boringen met waarschijnlijk keileem (bovenkant REGIS 2.2 gietenklei waar aanwezig in m NAP in kleur weergegeven)



Figuur 3.13 Diepe boringen waarvan het onduidelijk is of het leem of keileem bevat (bovenkant REGIS 2.2 gietenklei waar aanwezig in m NAP in kleur weergegeven)

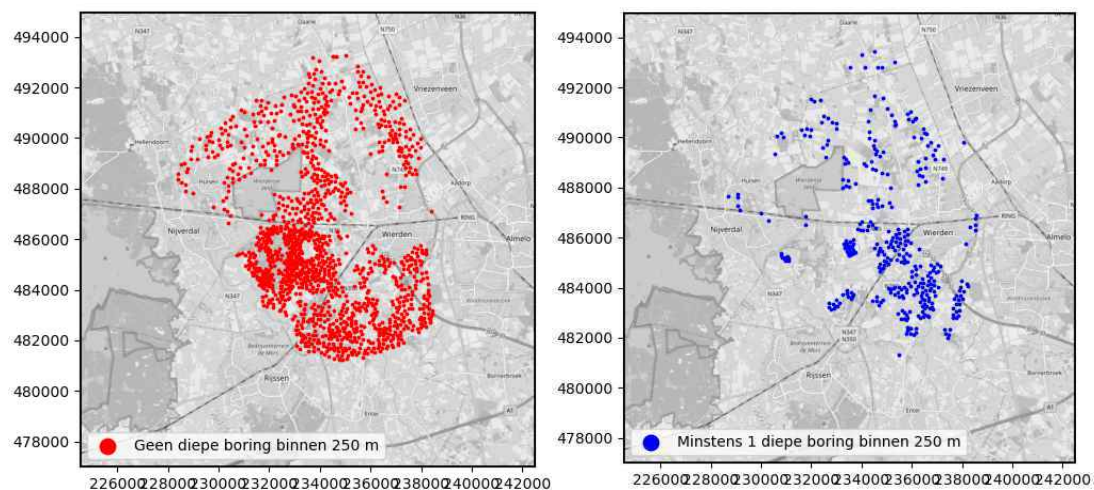
Kenmerk R001-1286191NJH-V04-hme-NL



Figuur 3.14 Diepe boringen die (kei?)leem bevatten, maar waar op die plaats geen REGIS gietenklei aanwezig is. Bovenkant REGIS 2.2 gietenklei waar aanwezig in m NAP in kleur weergegeven

Met deze methode hebben we de set aan diepe boringen opgesteld die gebruikt worden om de onderkant te bepalen van de keileemlaag. Per ondiepe boringen wordt gekeken of er keileem in zit of niet. Als een ondiepe boring keileem bevat, dan wordt voor de onderkant van de keileemlaag de onderkant gebruikt van een diepe boring die in de buurt ligt (maximaal 250 meter afstand). Deze zoekstraal van 250 meter is een arbitraire keuze en is gerelateerd aan de grilligheid in het voorkomen van keileemlagen. We hebben de ondiepe boringen in twee groepen opgesplitst:

1. Set met ondiepe boringen die < 250 meter van een diepe boring liggen (figuur 3.15)
2. Set met ondiepe boringen die > 250 meter van een diepe boring liggen (figuur 3.15)

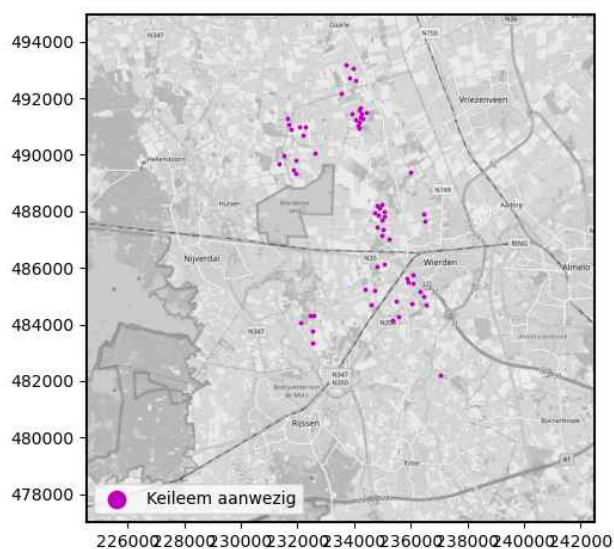


Figuur 3.15 Groep met ondiepe boringen waar geen diepe boring binnen 250 meter afstand ligt (links) en voor welke ondiepe boringen dat wel het geval is (rechts)

In de volgende paragrafen wordt voor beide groepen besproken hoe we deze ondiepe boringen gaan verwerken in het HHW model.

3.8.1 Ondiepe boringen zonder diepe boring in de buurt (>250 m afstand)

In figuur 3.15 staan alle ondiepe boringen waar geen diepe boringen binnen 250 meter ligt, weergegeven. Van deze set boringen bevat een groot deel van deze ondiepe boringen geen keileem, maar dit sluit de aanwezigheid van keileem op grotere diepte niet uit. Deze boringen leveren niet direct bruikbare informatie op. Een klein bevat echter wel keileem, deze boringen zijn weergegeven in figuur 3.16.



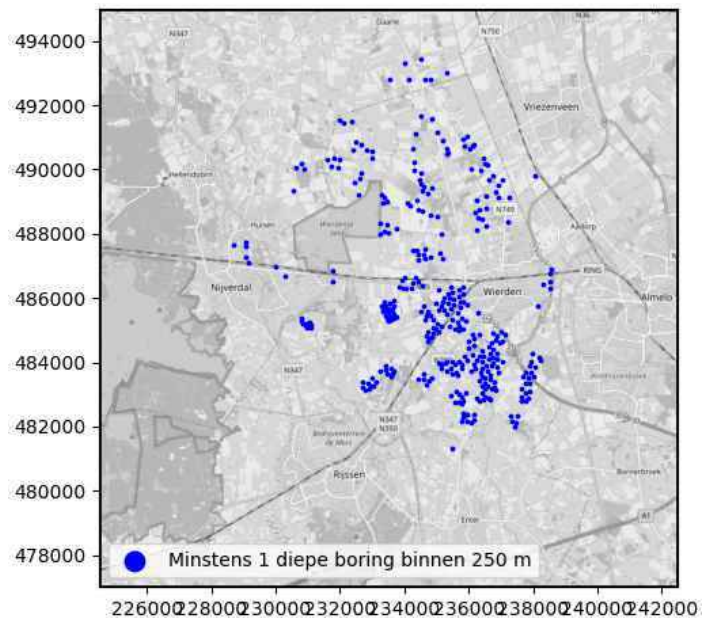
Figuur 3.16 Groep ondiepe boringen waar geen diepe boring binnen 250 meter afstand is, maar waar wel keileem aangetroffen is

Binnen deze groep zijn er boringen waar:

1. Zowel een bovenkant als onderkant van de keileemlaag is aangetroffen. De weerstand wordt bepaald met de dikte van de aangetroffen keileemlaag (uitgaande van 300 dagen per meter)
2. De boring eindigt in keileem. Hier wordt een weerstand toegekend op basis van de dikte aangetroffen in de boring (uitgaande van 300 dagen per meter)
3. Geen boordiepte bekend is en alleen de bovenkant van de keileemlaag vermeld staat. Als OG hier geen aanvullende informatie over heeft, laten we deze boringen weg

3.8.2 Ondiepe boringen met diepe boringen binnen 250 m

In figuur 3.17 staan de ondiepe boringen weergegeven die op een afstand van minder dan 250 meter af liggen van tenminste een diepe boring uit DINOloket.



Figuur 3.17 Ondiepe boringen die binnen 250 meter afstand liggen van een diepe boring

De ondiepe boringen waarbij minstens een diepe boring binnen 250 meter ligt, zijn vergeleken met de in de buurt liggende diepe boringen op het voorkomen van keileem.

Hierbij zijn een aantal scenario's:

1. Geen keileem aangetroffen in de ondiepe boring en ook niet in de diepe boring. In dit geval wordt op het punt van deze ondiepe boring de weerstand op 0 gezet
 2. Geen keileem aangetroffen in de ondiepe boring maar wel in de diepe boring. De weerstand wordt bepaald met de dikte van de in de diepe boring aangetroffen keileem
 3. Wel keileem aangetroffen in de ondiepe boring maar niet in de diepe boring
 4. Zowel bovenkant als onderkant aanwezig in ondiepe boring: voorstel om te verwerken: weerstand wordt bepaald met de aangetroffen dikte en 300 dagen per meter
 5. Eindigt in keileem: de dikte wordt bepaald met de bovenkant aangetroffen in de ondiepe boring, en voor de onderkant wordt de einddiepte van de boring gekozen
 6. Boordiepte en onderkant keileem zijn onbekend: deze boringen worden buiten beschouwing gelaten omdat geen dikte kan worden vastgesteld
1. Keileem aangetroffen in de ondiepe boring én in de diepe boring
 2. Zowel bovenkant als onderkant aanwezig in ondiepe boring: voorstel om te verwerken: weerstand wordt bepaald met de aangetroffen dikte en 300 dagen per meter
 3. Boring eindigt in keileem: de dikte wordt bepaald met de bovenkant aangetroffen in de ondiepe boring, en de onderkant wordt gebruikt van de keileemlaag zoals aangetroffen in de in de buurt liggende diepe boring(en)
 4. Keileem in diepe boring zit op een ander niveau dan in de ondiepe boring: oftewel als er geen overlap in verticale ligging is in de keileemlaag in de diepe en ondiepe boring. In dat geval bepaalt de grootste dikte van de keileemlaag van dan wel de ondiepe boring of de in de buurt liggende diepe boring(en) de weerstand op de plaats van de ondiepe boring

5. Boordiepte en onderkant keileem zijn onbekend: Indien OG geen aanvullende informatie heeft is het voorstel om te verwerken: de dikte wordt bepaald met de bovenkant aangetroffen in de ondiepe boring, en de onderkant wordt gebruikt van de keileemlaag zoals aangetroffen in de in de buurt liggende diepe boring(en)

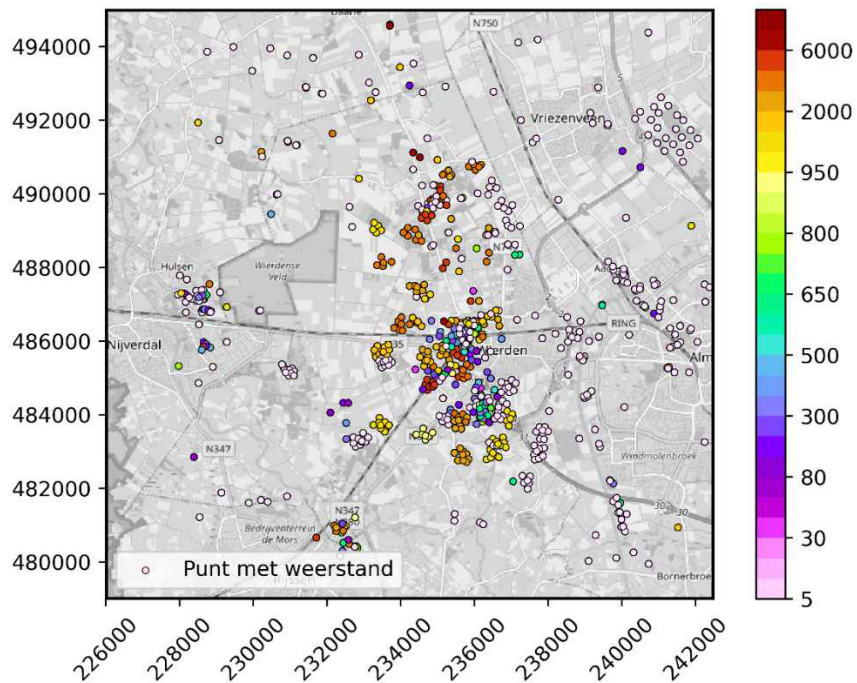
3.8.3 Interpolatie

Na de schifting van de boringen is er voor de volgende locaties een weerstandswaarde:

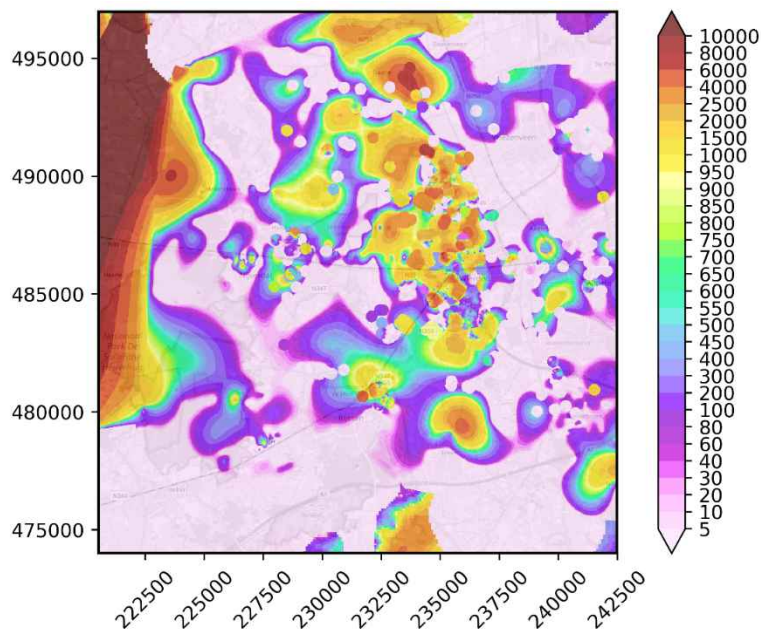
1. Alle diepe boringen
2. Alle ondiepe boringen met minstens 1 diepe boring binnen 250 meter
3. Alle ondiepe boringen waar geen diepe boring binnen 250 meter ligt, maar waar wel keileem is aangetroffen

In figuur 3.18 staat een ruimtelijk overzicht van al deze locaties met bijbehorende weerstand. Om een gebiedsdekkende weerstand te verkrijgen, wordt er geïnterpoleerd: hiervoor wordt 'inverse distance weighting' gebruikt. Bij deze methode kan je een straal opgeven waarbinnen de interpolatie gedaan wordt. Buiten deze afstand vindt er geen interpolatie plaats. Op plaatsen waar geen interpolatie gedaan kon worden doordat de punten te ver uit elkaar lagen, is de keileemweerstand uit het oorspronkelijke model aangehouden. In figuur 3.19 is het resultaat na interpolatie te zien.

Kenmerk R001-1286191NJH-V04-hme-NL



Figuur 3.18 Locaties met toegekende weerstand volgens de beschreven methodiek



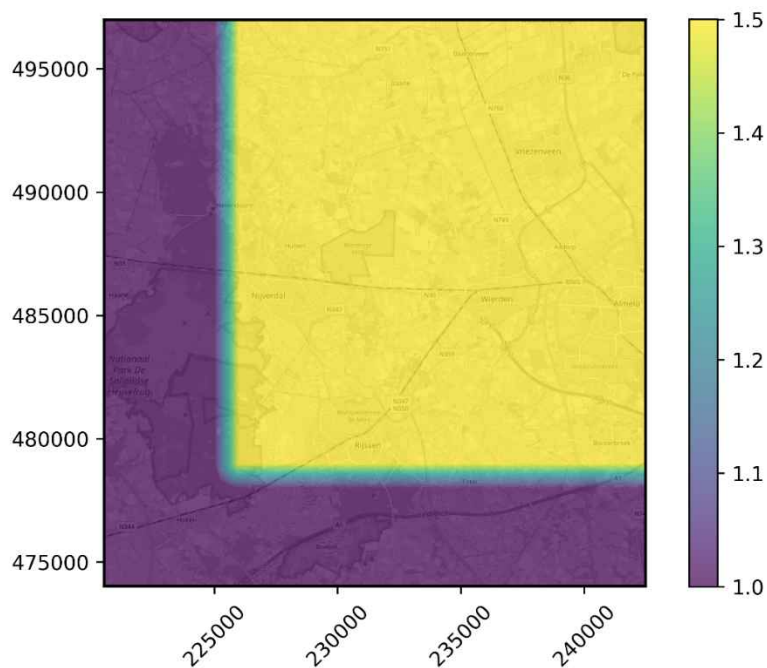
Figuur 3.19 Weerstand van de keileemlaag na interpolatie

3.9 Inbouwen nieuwe METASWAP

Grondwateraanvulling is in het HHW model geschematiseerd met de module MetaSWAP. In het WV model was MetaSWAP behorend bij versie Mipwa 3.0 ingebouwd, die is nu vervangen door de MetaSWAP bij versie 4.1.

3.10 Doorlaatvermogen

Zoals in het vorige hoofdstuk besproken, is de kD van het watervoerende pakket in het WV model aan de lage kant. Binnen het lokale model (zie paragraaf 7.1) vermenigvuldigen we daarom de kD van het watervoerende pakket (laag 5, 6, 7, 8 en 9) met een factor 1,5 (in plaats van 1,25 zoals in het WV model) om het meer in lijn te brengen met de pompproef uitgevoerd bij Ypelo. gebruiken we een kD van 1,5. Voor het grotere regionale model laten we de kD vermenigvuldigingsfactor afnemen van 1,5 naar 1,0 binnen 1 kilometer van de grens van het lokale model.



Figuur 3.20 Factor waarmee de kD van lagen 5 tot en met 9 zijn vermenigvuldigd

De kd-grids na vermenigvuldiging met deze factor van laag 5 tot en met 9 zijn toegevoegd aan de bijlage.

4 Eerste modelvalidatie

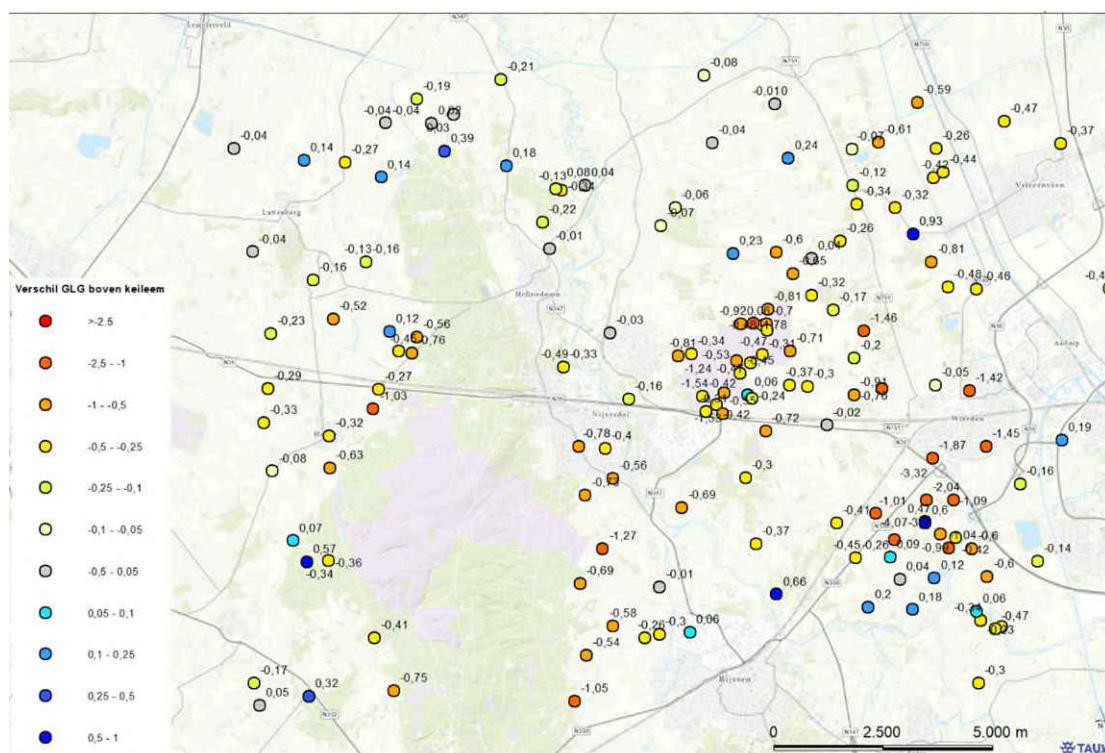
4.1 Validatie GHG en GLG

In het maken van de kaartjes voor de validatie is onderscheid gemaakt tussen verschillen van het model met peilbuizen die boven (modellaag 1 tot en met 4) en onder keileem (modellaag 5 tot en met 9) staan. Wel is voor elke peilbuis het verschil met de juiste modellaag bepaald. In figuur 4.1 en figuur 4.2 staat het verschil in GLG en GHG boven keileem, in figuur 4.3 en figuur 4.4 staat het verschil in GLG en GHG van het model met peilbuizen onder de keileemlaag.

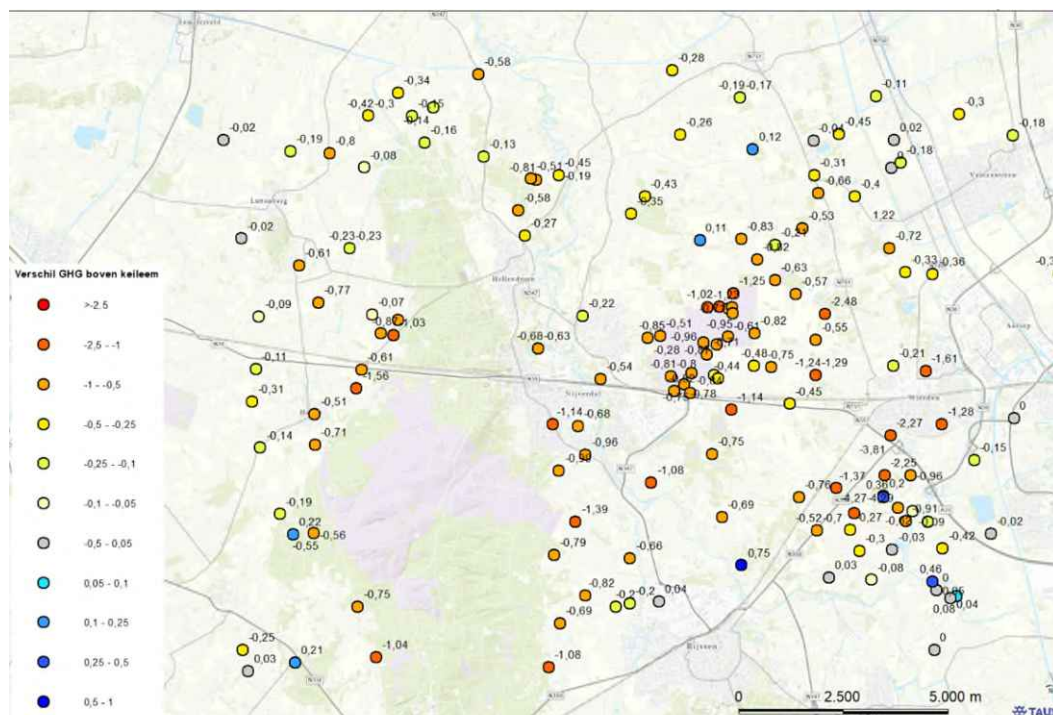
Uit de validatie blijkt dat de grondwaterstand/stijghoogte over een groot deel van het modelgebied te laag wordt ingeschat, dit lijkt een mogelijk gevolg van te laag berekende grondwateraanvulling. De verschillen lijken het grootst te zijn voor GHG/GHS, zoals ook blijkt uit de tijdstijghoogtelijnen.

Verder valt op dat de verschillen in het bijzonder groot zijn rond:

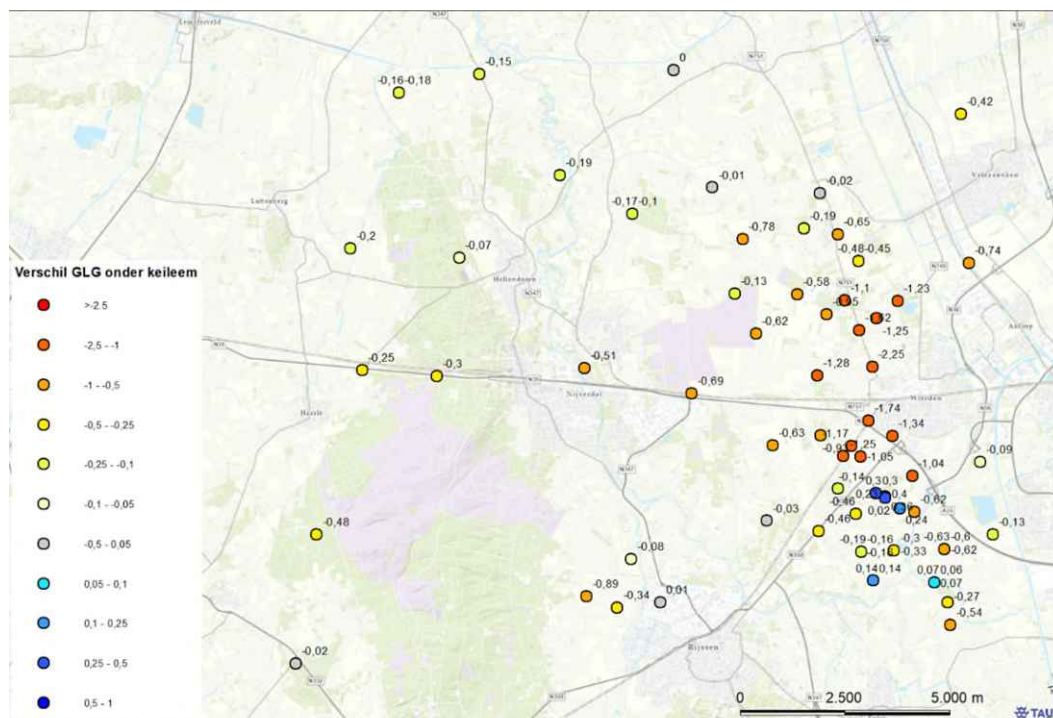
1. Wierdense veld
2. De Holterberg
3. Wierden



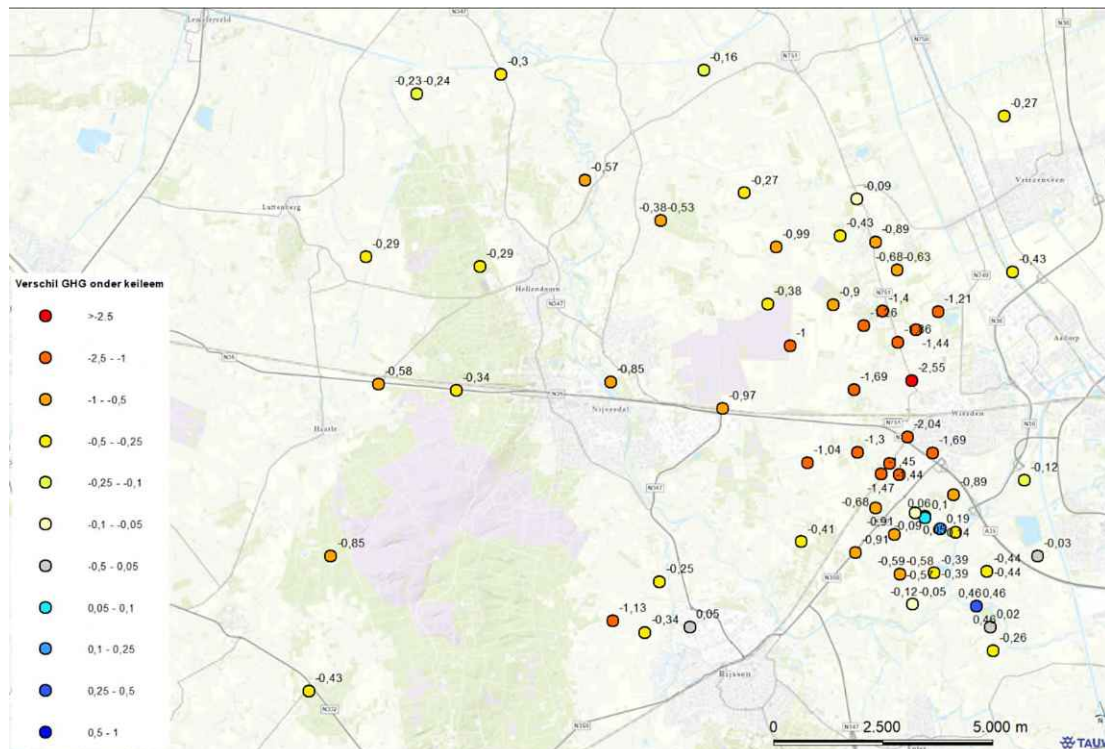
Figuur 4.1 Verskil in meter tussen GLG model en peilbuizen boven de keileemlaag



Figuur 4.2 Verschil GHG model en peilbuizen boven de keileemlaag



Figuur 4.3 Verschil GLS model en peilbuizen onder de keileemlaag

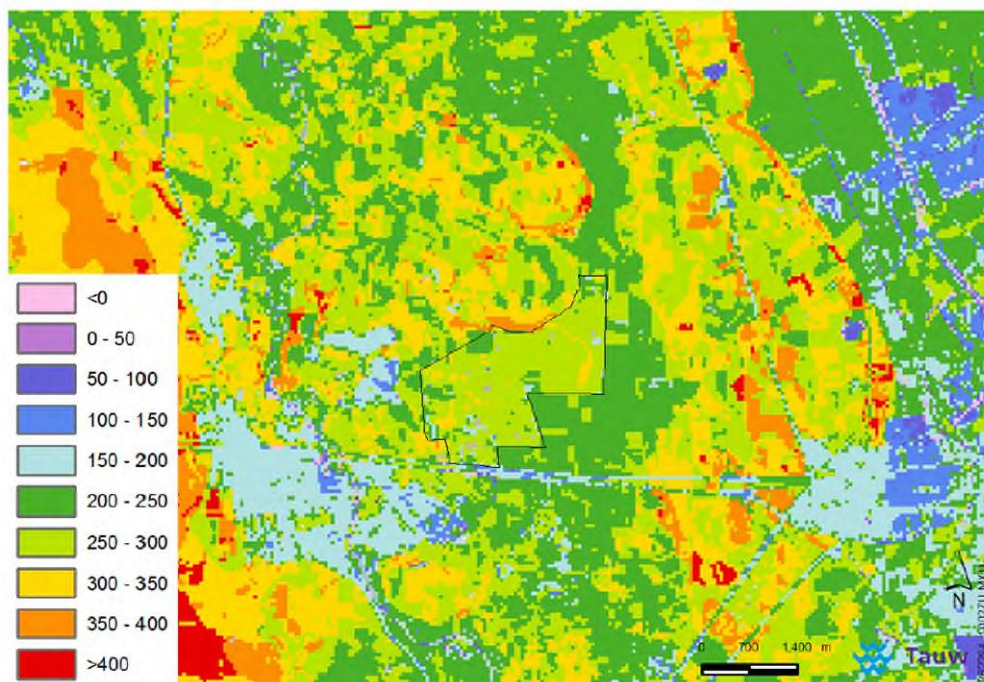


Figuur 4.4 Verschil GHS model en peilbuizen onder de keileemlaag

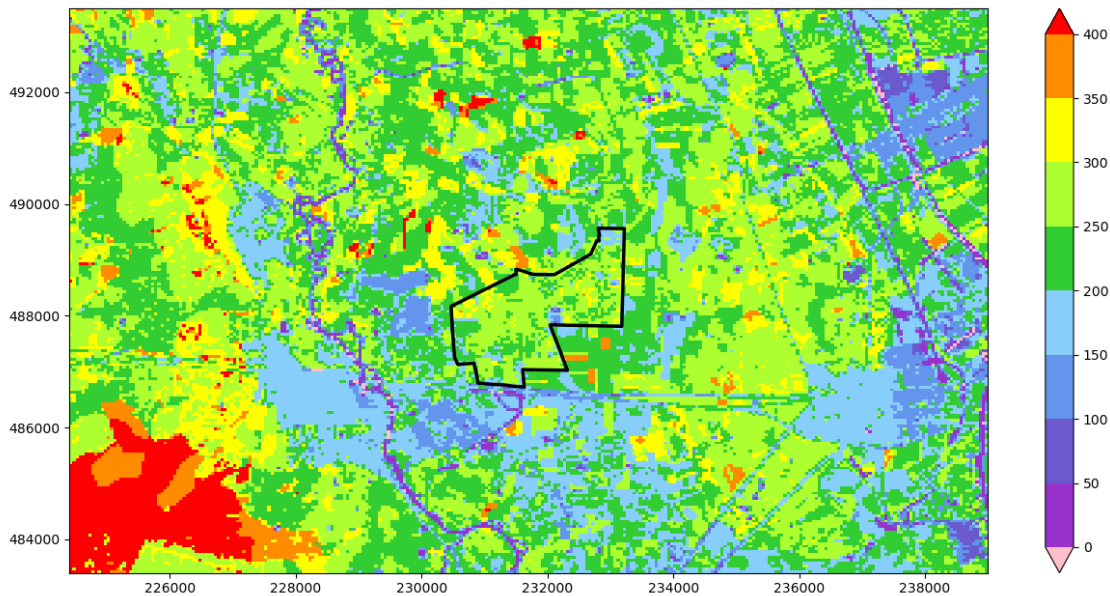
4.2 MetaSWAP vergelijking

Om de performance van de nieuwe MetaSWAP-versie te testen, maken we een vergelijking van de grondwateraanvulling van het HHW-model met het WV model voor de periode 2012 tot en met 2016 (zoals in 2019 berekend met het WV model).

De berekende grondwateraanvulling met het vernieuwde HHW-model (figuur 4.6) blijkt over het algemeen lager te zijn dan de grondwateraanvulling zoals berekend met het WV model (figuur 4.5). Bij de Holterberg zijn er grote verschillen (350- 400 vs. 250 mm/jaar zoals berekend met de nieuwe MetaSWAP). Ook rond Wierdense veld is de grondwateraanvulling aan de lage kant.



Figuur 4.5 Grondwateraanvulling (mm/jaar) 2012 tot en met 2016 in het WV-model (op basis van MIPWA 3.0) celgrootte 50 bij 50 m²



Figuur 4.6 Grondwateraanvulling zoals berekend met het vernieuwde HHW-model (met Metaswap-versie van MIPWA 4.1), celgrootte 50 bij 50 meter

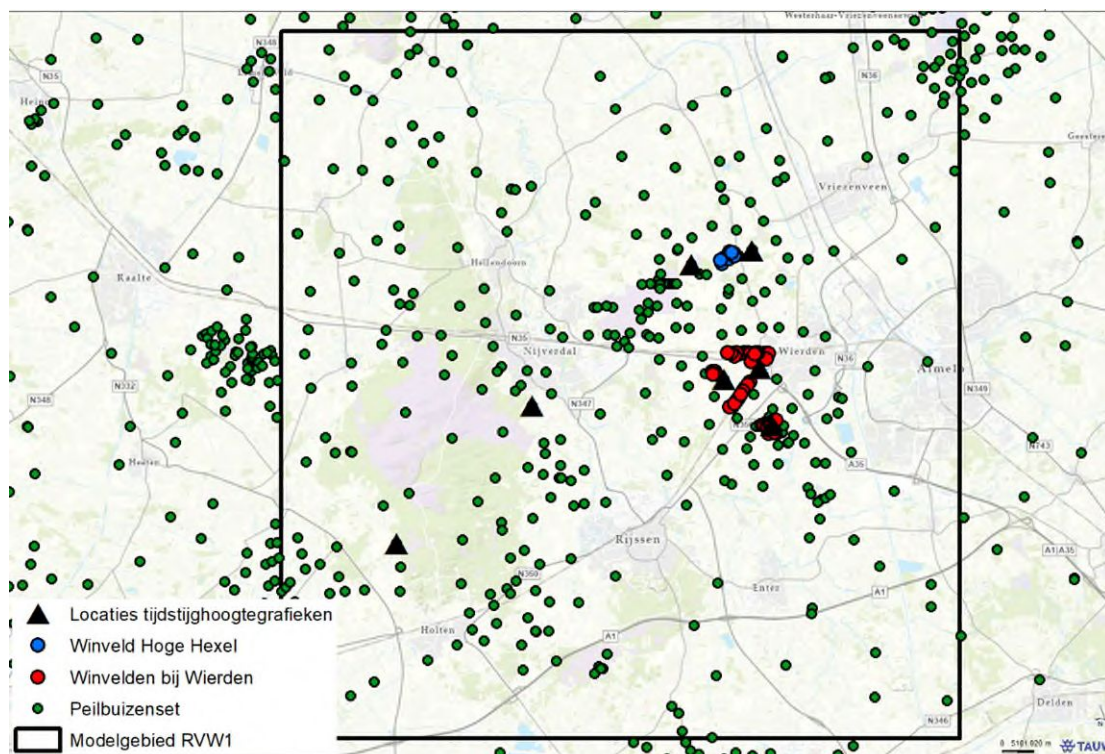
Hoewel de ruimtelijke verdeling van het neerslagoverschot in het HHW-model er iets anders uitzien dan in het WV-model, is het neerslagoverschot op regionale schaal goed vergelijkbaar.

4.3 Tijdstijghoogtelijnen

De lage grondwateraanvulling is ook terug te zien in de grafieken met tijdstijghoogtelijnen waarbij metingen vergeleken worden met modeluitvoer van het HHW-model. Dit hebben we gedaan voor de volgende locaties:

1. Bij Wierden
2. Bij Hoge Hexel
3. Op de Holterberg
4. Aan de voet van de Holterberg

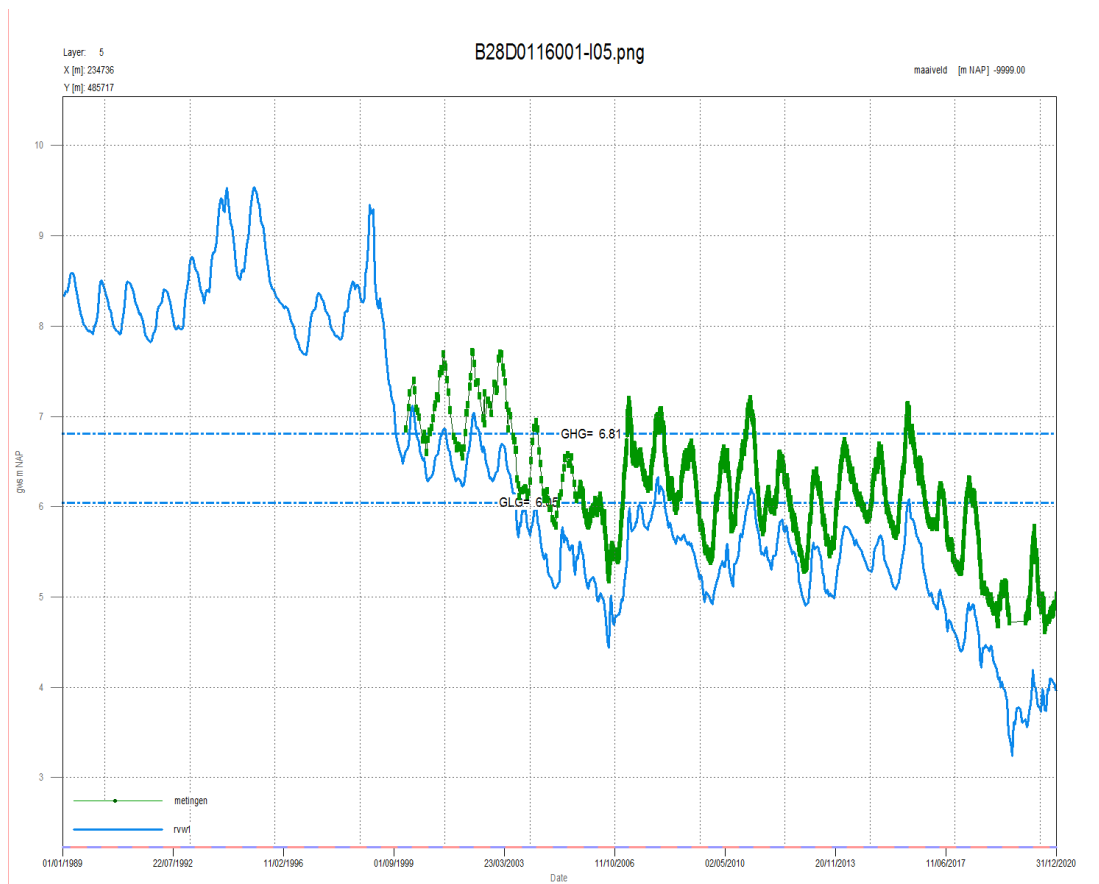
Zie ook figuur 4.7.



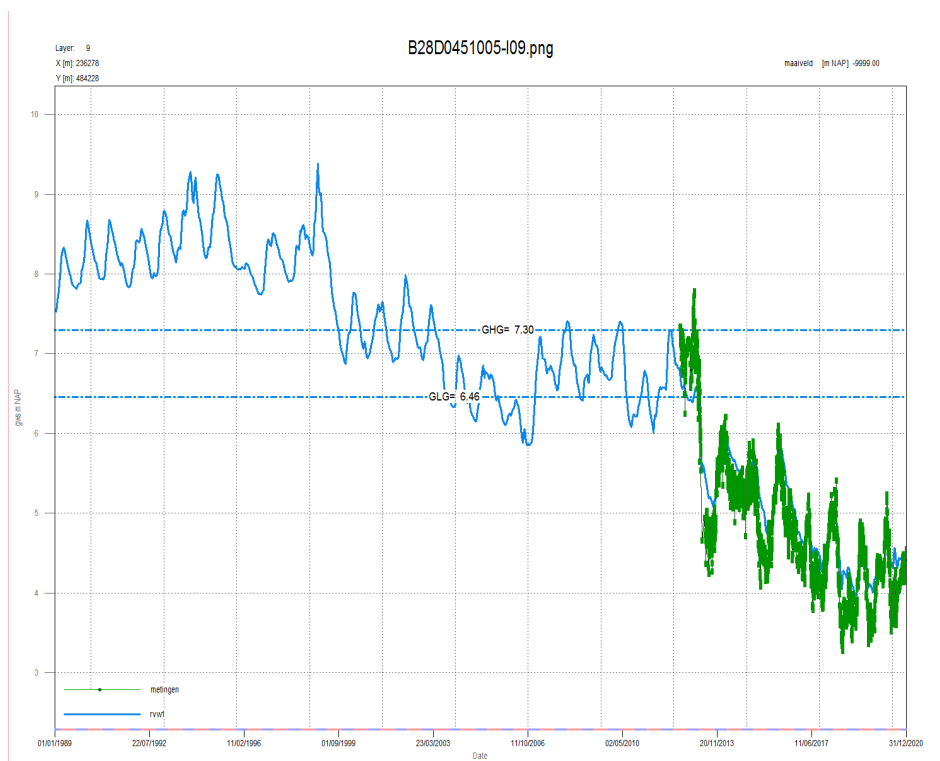
Figuur 4.7 Locaties van de locaties waar tijdstijghoogtegrafieken voor zijn gemaakt

Wat opvalt aan de tijdstijghoogtelijnen bij Wierden (figuur 4.8, figuur 4.9, figuur 4.10) is het volgende:

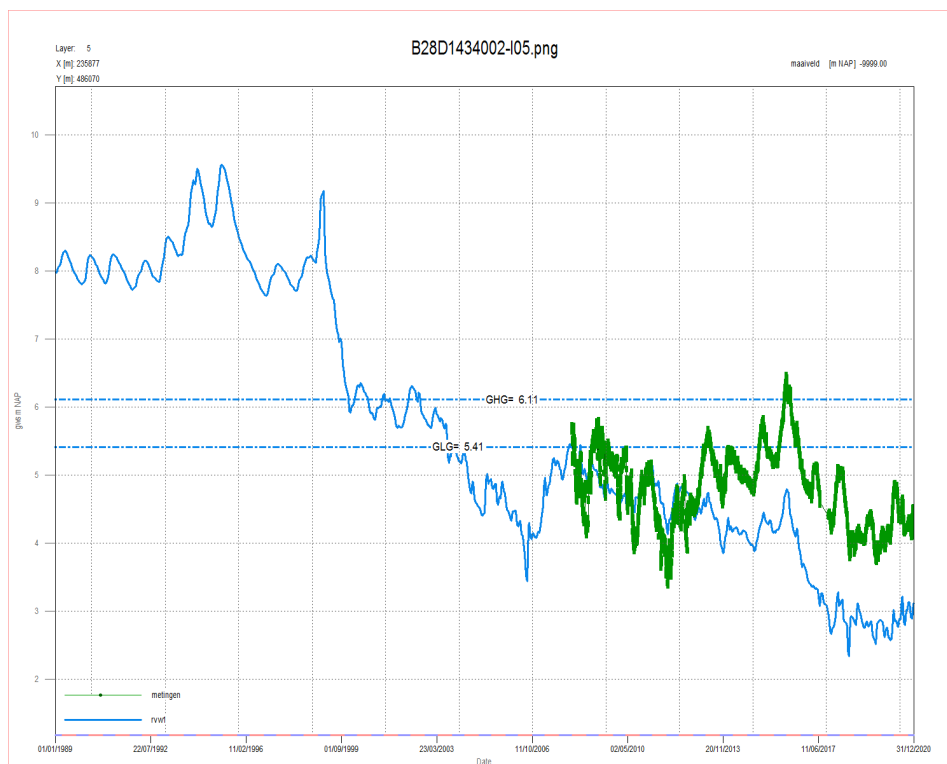
5. In het algemeen: onderschatting van de stijghoogtedynamiek
6. Bij winveld Wierden lijkt vanaf 2012 voor een aantal jaar herstel van de stijghoogte plaats te vinden, dit is niet zichtbaar in het model. We vermoeden dat dit ligt aan incorrecte putgegevens, bij TAUW is het bekend dat Vitens putten in dit winveld in die periode iets heeft afgeschaald
7. De stijghoogtedaling rond het winveld bij Ypelo komt goed overeen



Figuur 4.8 Tijdstijhoogtemetingen versus modeluitvoer op ongeveer 200 meter afstand van het winveld Dennenkamp

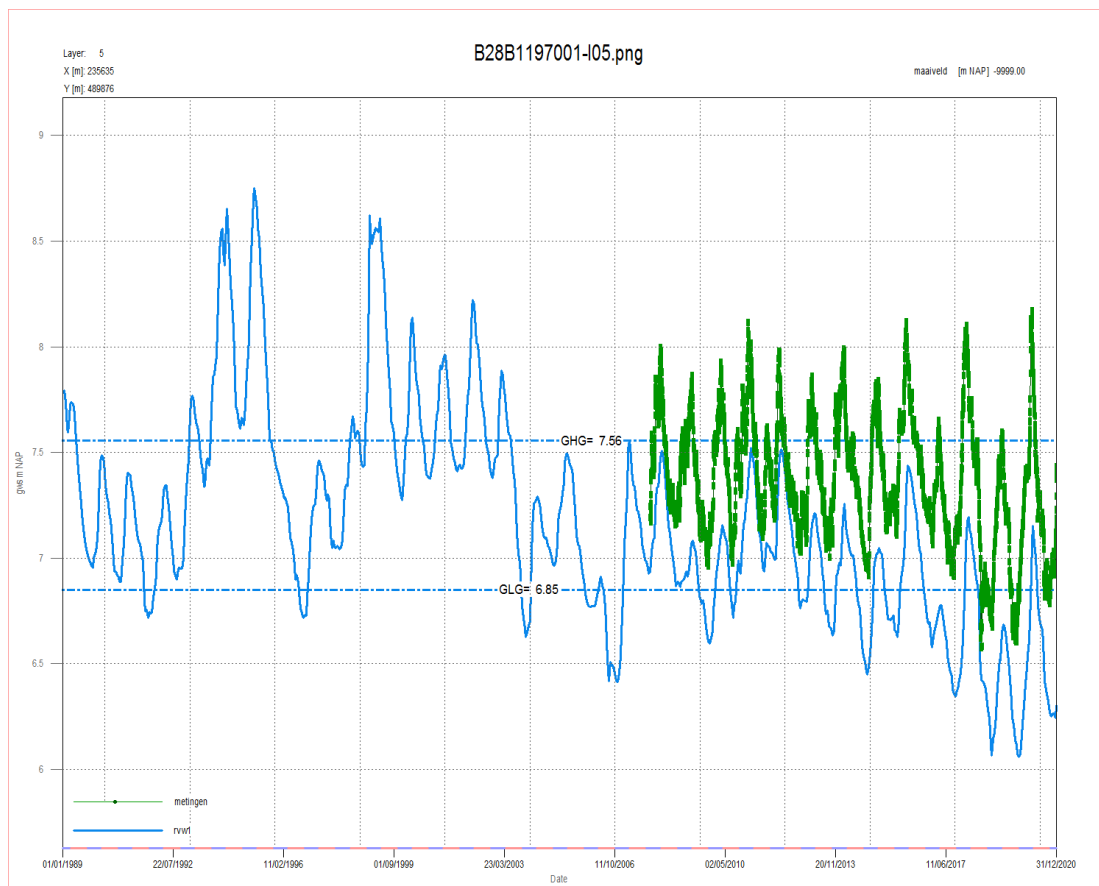


Figuur 4.9 Tijdstijhoogtemetingen versus modeluitvoer ter plaatse van het winveld bij Ypelo

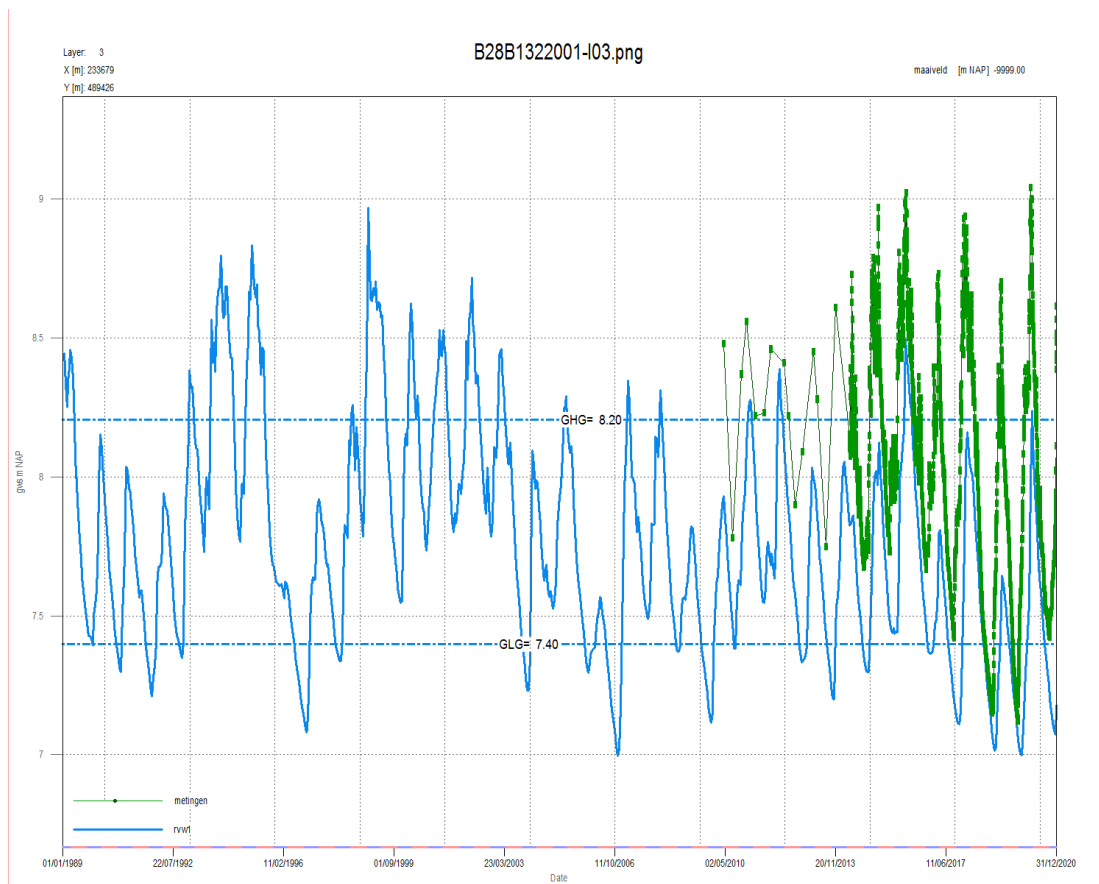


Figuur 4.10 Tijdstijhoogtemetingen versus modeluitvoer op ongeveer 500 meter afstand van het winveld bij Wierden

In figuur 4.11 en figuur 4.12 staan de tijdstijghoogtelijnen van locaties in de buurt van het winveld Hoge Hexel. Ook hier valt op dat de stijghoogtedynamiek onderschat wordt. Met name de hogere grondwaterstanden worden door het model onderschat.

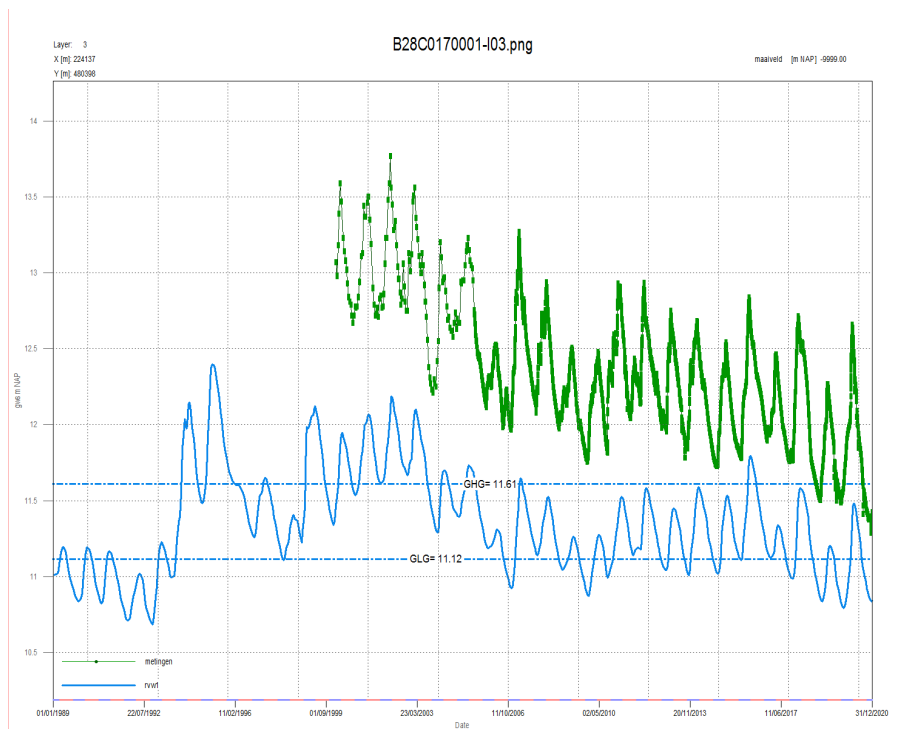


Figuur 4.11 Tijdstijghoogtemetingen versus modeluitvoer ongeveer 500 meter ten oosten van het winveld Hoge Hexel

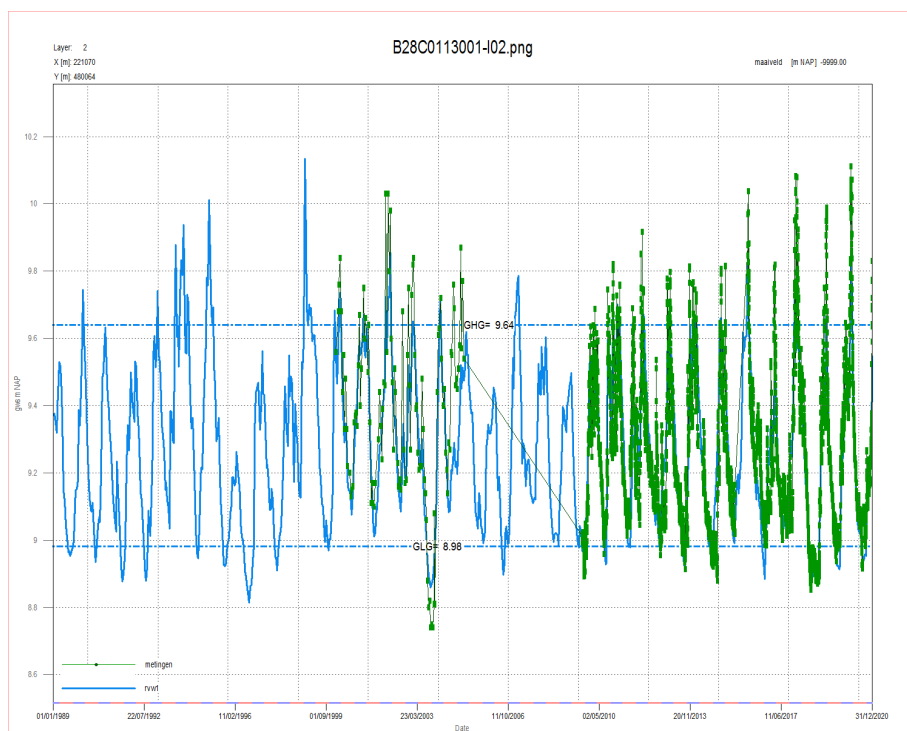


Figuur 4.12 Tijdstijghoogtemetingen versus modeluitvoer ongeveer 1 kilometer ten westen van het winveld Hoge Hexel

In figuur 4.13 en figuur 4.14 staan de resultaten van de vergelijking bij de Holterberg. Op de Holterberg zelf zijn grote verschillen zichtbaar, ook de stijghoogtedynamiek wordt onderschat en er lijkt een neerwaartse trend in de metingen te zitten die niet echt door het model wordt gesimuleerd. Aan de voet van de Holterberg komt de stijghoogte redelijk overeen, maar vindt een onderschatting van de dynamiek plaats. Ook hier lijken met name de hogere grondwaterstanden te worden onderschat.



Figuur 4.13 Tijdstijhoogtemetingen versus modeluitvoer bij de Holterberg



Figuur 4.14 Tijdstijhoogtemetingen versus modeluitvoer aan de voet van de Holterberg

4.4 Conclusies

Het HHW-model berekent te lage stijghoogten en grondwaterstanden. Mogelijke oorzaken hiervoor kunnen op regionale schaal gerelateerd zijn aan (te hoge) doorlaatvermogens van watervoerende lagen, onjuiste weerstand van scheidende lagen en/of een onjuist (te laag) neerslagoverschot. Op lokale schaal kunnen afwijkingen ook gerelateerd zijn aan een onjuiste schematisatie van het oppervlaktewatersysteem.

Het gemiddelde neerslagoverschot is berekend met zowel de oude als de nieuwe Metaswap versie, en blijkt op regionale schaal vergelijkbare resultaten te leveren. De modelafwijkingen zoals die op regionale schaal optreden, lijken daarom niet gerelateerd aan de Metaswap-versie. Dit rechtvaardigt de keuze om het HHW-model met de nieuwe Metaswap-versie te gebruiken.

De modelvalidatie wijst uit dat de afwijkingen vooral groot zijn rond te winningen van Wierden en Hoge Hexel. Dit roept twijfels op over het doorlaatvermogen van het watervoerend pakket en de weerstand van de keileem. Omdat het HHW-model nog de laagschematisatie bevat op basis van REGIS 2.1 en bij de winning Wierden sterkt gecorrigeerd moet worden, rijst de vraag of een nieuwe laagschematisatie op basis van REGIS 2.2 geen beter resultaat oplevert. Tot slot zijn er ook twijfels over de peilen van het oppervlaktewatersysteem.

Het model kan verbeterd worden door middel van kalibratie. Er dienen echter eerst controles te worden uitgevoerd op het modelconcept met betrekking tot doorlaatvermogens van watervoerende lagen, weerstand van keileem en waterlopen. Deze controles zijn beschreven in hoofdstuk 5.

5 Aanvullende controles modelinput

5.1 Controle peilen en conductance waterlopen

Voor de waterlopen hebben we de volgende controles uitgevoerd:

- Checken of het peil altijd boven de bodem uitkomt
- Checken of het peil boven het maaiveld uitkomt of dieper dan 3 m -mv ligt
- Checken of de conductance boven de 625 m²/dag uitkomt

In tabel 5.1 staan de resultaten van de eerste snelle controle. Het peil komt voor alle grids (top 10 en legger) nooit onder de bodemhoogte.

Tabel 5.1 Overzicht van extreme waarden voor waterdiepte (peil-bodem), peil-maaiveld en conductance voor alle top 10 en legger grids

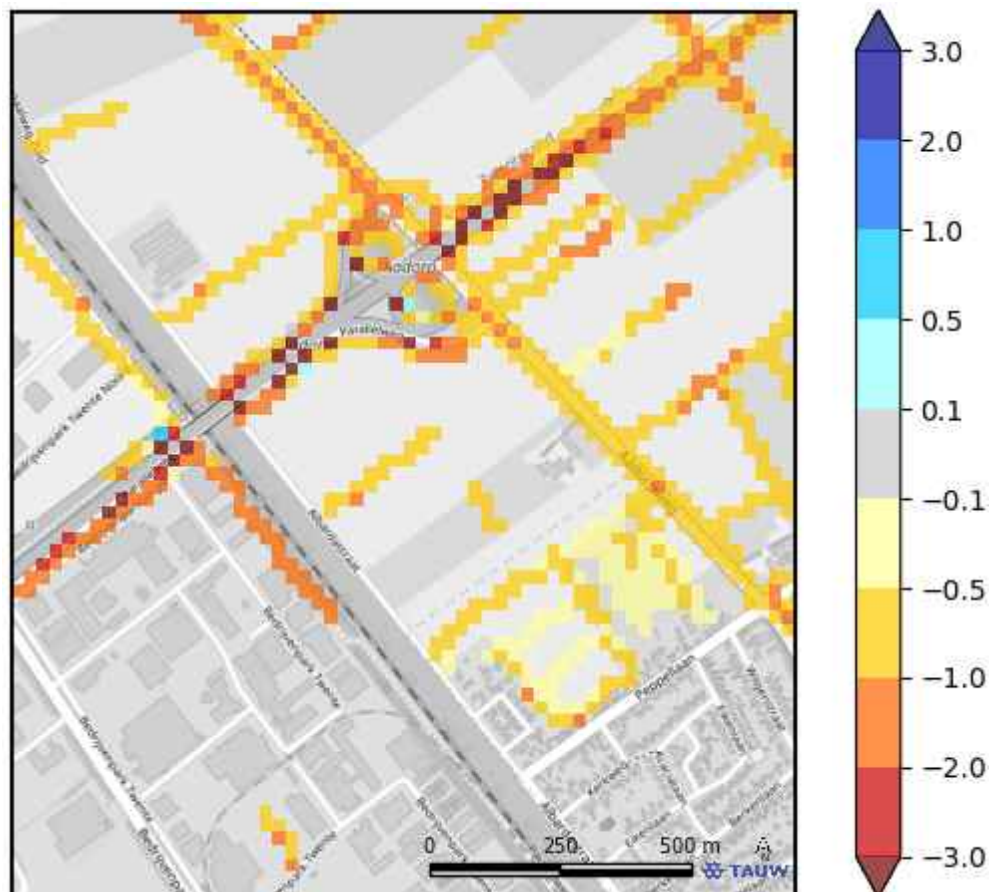
	Minimale waarde peil-bodem	Maximale waarde peil-bodem	Minimale waarde peil-maaiveld	Maximale waarde peil-maaiveld	Maximale conductance
Top 10 winter WVZ*	0,5	0,60	-8,22	1,44	424
Top 10 winter WGS	0,47	0,51	-4,28	0,53	418
Top 10 zomer WVZ	0,5	1	-8,22	1,44	424
Top 10 zomer WGS	0,47	0,97	-4,29	0,53	418
Legger winter WVZ	0	7,51	-7,03	1,62	818
Legger winter WGS	0	2,16	-4,21	-0,07	464
Legger zomer WVZ	0	7,51	-7,03	1,62	818
Legger zomer WGS	0	2,16	-4,01	0,13	464

*WVZ: waterschap Vechtstromen, zuidelijk deel

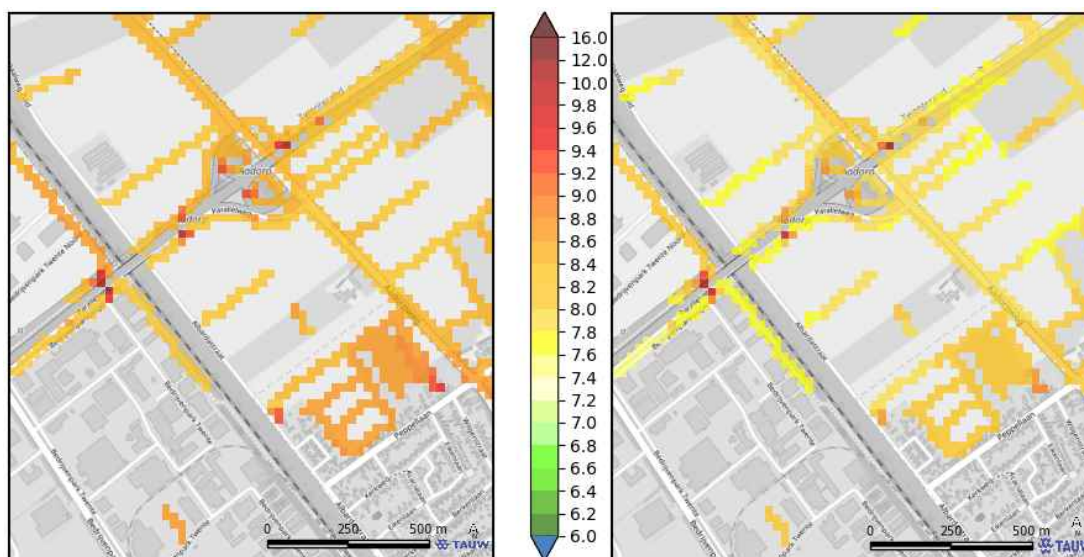
**WGS: waterschap Groot Salland, sinds 2016 Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOOD)

Het peil van met name de legger en top 10 watergangen van WVZ komt soms flink boven (> 1 meter) of flink onder (< -3 meter) het maaiveld uit, maar dit is zeer lokaal, zie bijvoorbeeld figuur 5.1. Dit gebeurt op plaatsen met een groot verhang in maaiveld, bijna altijd in de buurt van snelwegen waar het maaiveld veel hoger ligt dan de omgeving. Op die plaatsen verspringt het peil (en soms de bodemhoogte) behoorlijk, waardoor er meer dan 1 meter verschil is met een aangrenzende gridcel, zie figuur 5.2. Op deze plaatsen gaat het vergriden niet goed. Op de plaatsen waar het waterpeil verspringt en meer dan 0,5 meter boven het maaiveld uitkomt, stellen we voor om de conductance op 0 te zetten. Afhankelijk van de infiltratiefactor kan dit anders leiden tot lokaal onterecht verhoogde grondwaterstanden.

Op de plaatsen waar het peil meer dan 3 meter onder het maaiveld uitkomt, lijkt dit te liggen aan het maaiveld en de resolutie van een gridcel van 25 meter. Binnen een afstand van 25 meter kan namelijk een overgang plaatsvinden van grasland naar een opgehoogde snelweg met een sloot aan weerszijden. Doordat het waterpeil op deze plaatsen er goed uitziet, leidt dit niet tot grote veranderingen in grondwaterstand.

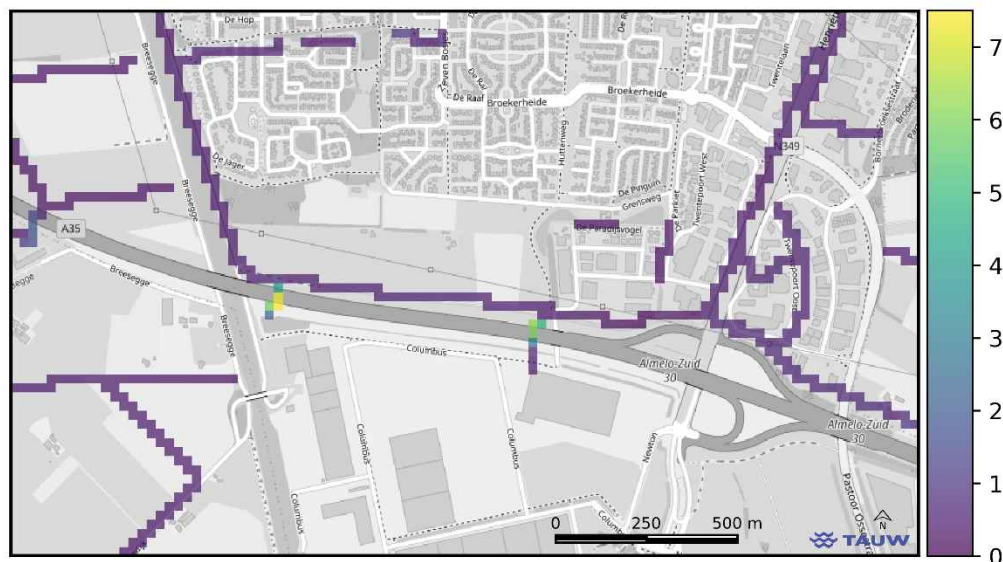


Figuur 5.1 Verschil peil top 10 WWZ met maaiveld net iets ten zuiden van Vriezenveen

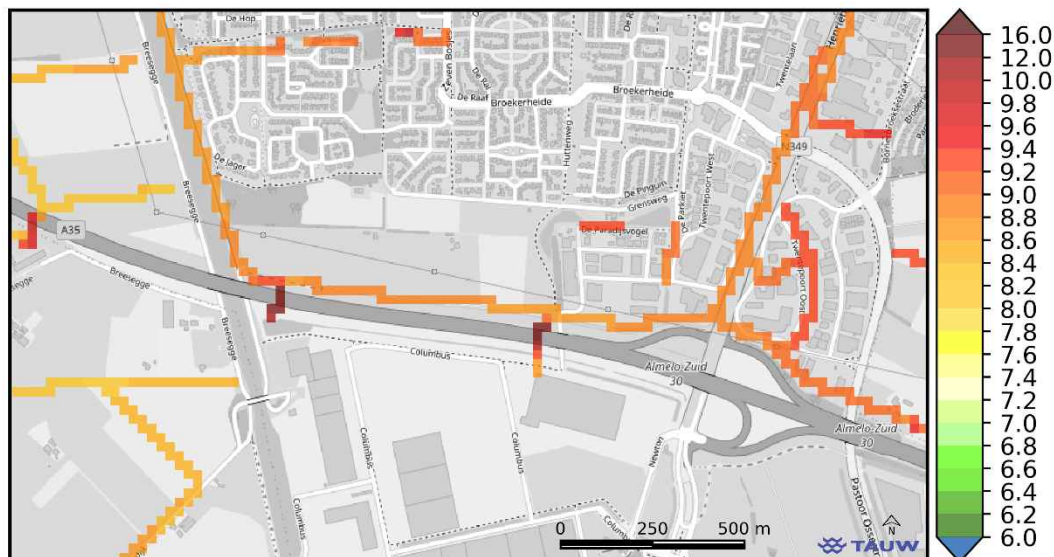


Figuur 5.2 Peil top 10 WVZ (links) en bodemhoogte top 10 WVZ (rechts) net iets ten zuiden van Vriezenveen

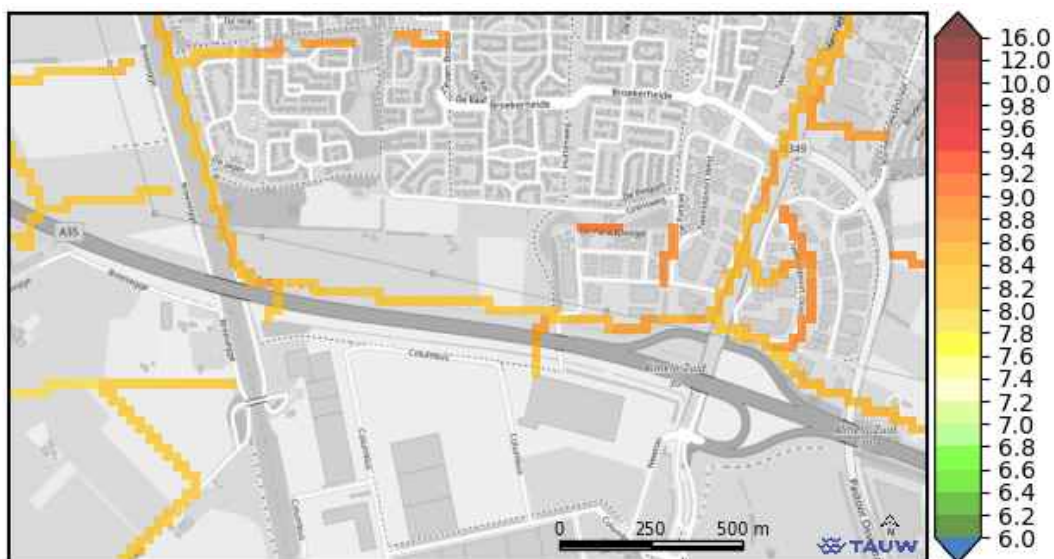
Verder viel op dat er een enkele plaats is met een grote waterdiepte bij de legger van WVZ, in het meest extreme geval ging het om een waterdiepte van 7 meter, zie figuur 5.3. Op deze plaatsen is de oorzaak een verkeerd peil, dat in de buurt van een snelweg (groot verhang in maaiveld) omhoog schiet, zie figuur 5.4. De bodemhoogte ziet er wel normaal uit van die watergangen, zie figuur 5.5.



Figuur 5.3 Waterdiepte watergangen legger WVZ



Figuur 5.4 Peil watergangen legger WVZ op de plaats waar de waterdiepte 7 meter is



Figuur 5.5 Bodemhoogte watergangen legger WVZ

Doordat dit soort grote waterdieptes maar bij enkele gridcellen voorkomen, is het voorstel om de conductance van de watergangen op deze plaatsen op 0 te zetten. Dit zal worden gedaan op plaatsen waar de waterdiepte meer dan 4 meter is. Afhankelijk van de infiltratiefactor kan dit anders leiden tot lokale wateraanvoer en daarmee onterecht verhoogde grondwaterstanden.

Tot slot bleek uit controle van de conductance dat die alleen bij de legger van WVZ bij enkele gridcellen te hoog is, bijvoorbeeld bij een watergang aan de zuidkant van Wierden. Voorstel is om de conductance voor deze grids te maximaliseren op 625 m²/dag.

Op basis van de controles voor de waterlopen zijn de conclusies en advies het volgende:

- Zowel bij de legger en top 10 grids komt het waterpeil op enkele plaatsen boven het maaiveld uit. Dit hangt samen met een groot verhang in het maaiveld. Op deze plaatsen verspringt zowel het peil als de bodemhoogte met meer dan 1 meter ten opzichte van het waterpeil in een aangrenzende gridcel. De conductance wordt op 0 gezet zodra het waterpeil meer dan 0,5 meter boven het maaiveld uitkomt
- Vooral bij de WVZ en WGS legger zijn lokaal grote waterdieptes aanwezig, tot 7 meter. Dit lijkt samen te gaan met een groot verhang in maaiveld. Op deze plaatsen zit er een uitschieter in het waterpeil. Doordat het om enkele gridcellen gaat, is het voorstel om de conductance van de watergangen op deze plaatsen op 0 te zetten zodra de waterdiepte meer dan 4 meter is
- Conductance van enkele WVZ watergangen iets te hoog: maximaliseren op 625 voor alle grids

5.2 Vergelijking doorlaatvermogen WVP 1 met MIPWA 4.1

Doordat het model vrij droog is gaf dit aanleiding om het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket van het model te vergelijken met de kD uit MIPWA 4.1. Een van de aanpassingen aan het model was namelijk het toepassen van een vermenigvuldigingsfactor van 1,5 op basis van een pompproef (zie paragraaf 2.3). Bij de vergelijking met de kD van MIPWA 4.1 besteden we extra aandacht aan eventuele verschillen rond pompstation Wierden en de rest van het modelgebied.

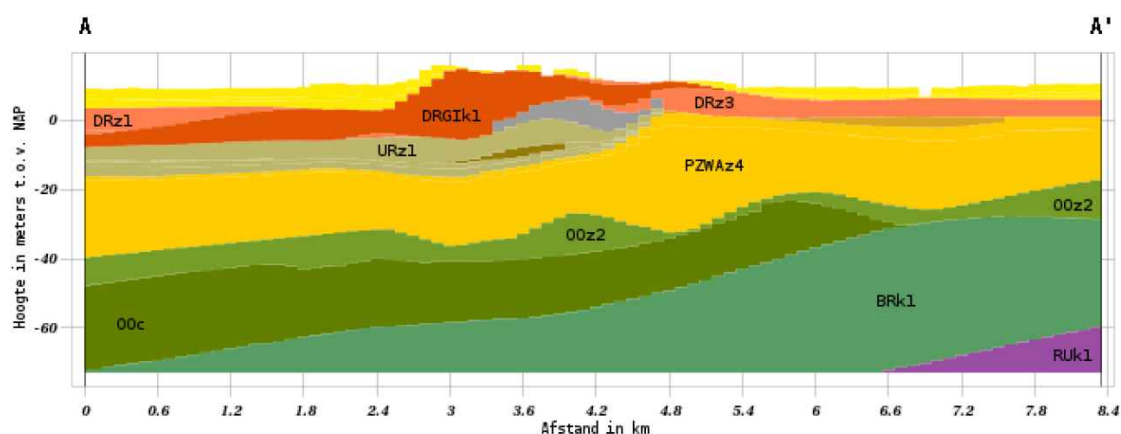
Het WV model (en daarmee ook het HHW model) maakt gebruik van MIPWA 3, waardoor het lagenmodel gebaseerd is op REGIS 2.1. In MIPWA 4.1 wordt gebruik gemaakt van REGIS 2.2 waardoor de kD's mogelijk veranderd zijn in dit gebied.

In tabel 5.2 staat weergegeven hoe deze formaties in het HHW model zijn verwerkt (gebaseerd op tabel 9-1 uit de rapportage MIPWA v4 modelbouw van RHDHV, zie bijlage 1).

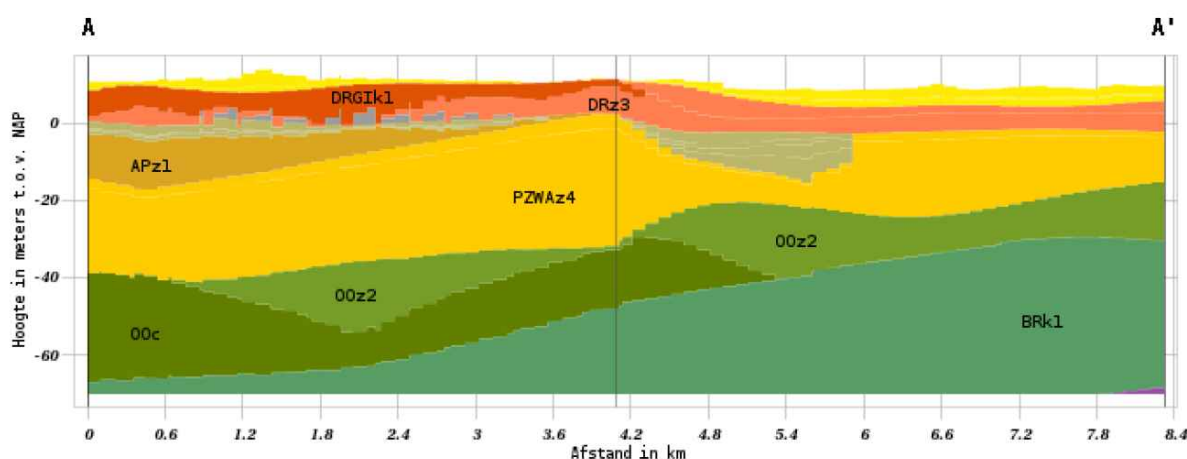
Tabel 5.2 Modellen met de bijbehorende formaties

Laagnummer oude model	Formaties
Laag 5	drz3, urz1, urz2, urz3, DTC_zand
Laag 6	urz4
Laag 7	urz5, apz1
Laag 8	pzwa2, pzwa3, pzwa4
Laag 9	ooz1, ooz2, ooc_s1

Om een indruk te krijgen welke formaties vooral bijdragen aan de kD, in het bijzonder bij Wierden, hebben we twee dwarsdoorsnedes met REGIS 2.2 gemaakt, zie figuur 5.6 en figuur 5.7.



Figuur 5.6 W-O doorsnede met REGIS langs Wierden (gelegen in het midden van de doorsnede). De pompstations staan in de formaties van Urk en de formatie van Peize en Waalre, 4^e zandige eenheid

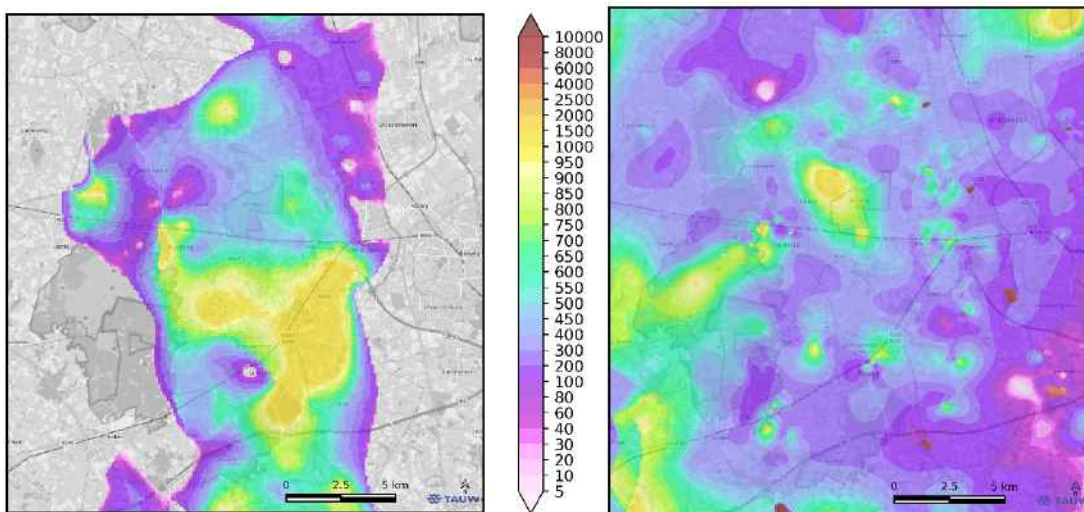


Figuur 5.7 N-Z doorsnede met REGIS via Hoge Hexel naar Wierden (gelegen in het midden van de doorsnede) naar Ypelo. De pompstations staan in de formaties van Urk en de formatie van Peize en Waalre, 4^e zandige eenheid

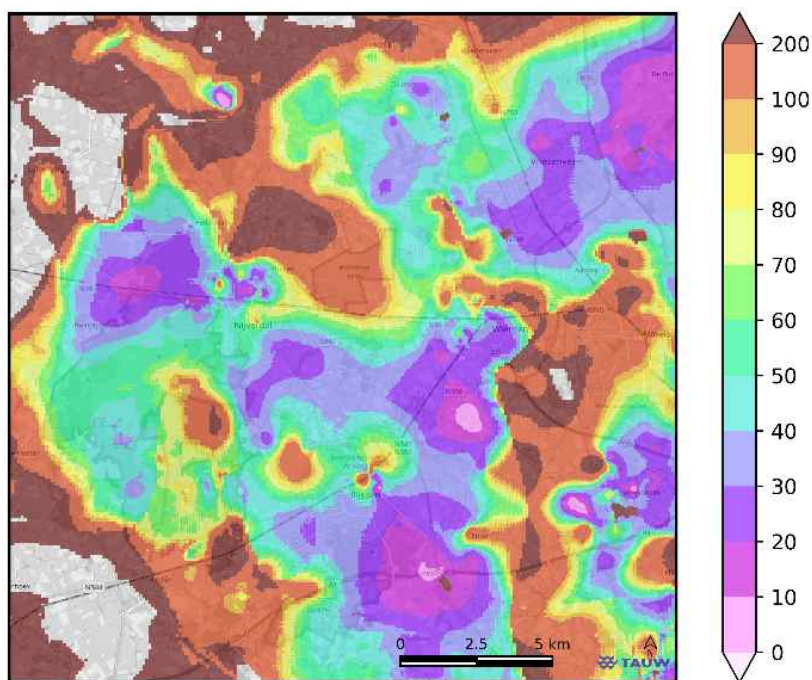
Rond Wierden is met name de kD van de formatie van Peize en formatie van Waalre, vierde zandige eenheid en de formaties van Urk bepalend voor de kD van het pomp pakket. In het

HHW model zit het doorlaatvermogen van de formaties van Urk geschematiseerd in modellagen 5, 6 en 7 en de formaties van Peize en Waalre (3^e en 4^e zandige eenheid) in laag 8.

In figuur 5.8 wordt de totale kD volgens REGIS 2.2 voor de formaties van Urk en modellagen 5, 6 en 7 weergegeven. In figuur 5.9 worden deze kD verschillen procentueel weergegeven (hoe de kD zich verhoudt t.o.v. de kD volgens REGIS 2.2). Hieruit blijkt dat rond Wierden de kD in het HHW model nog altijd lager is, ondanks het meenemen van de vermenigvuldigingsfactor. Dit kan verklaren waarom de verlaging van de stijghoogte rond de winning bij Wierden groter is dan de peilbuismetingen.

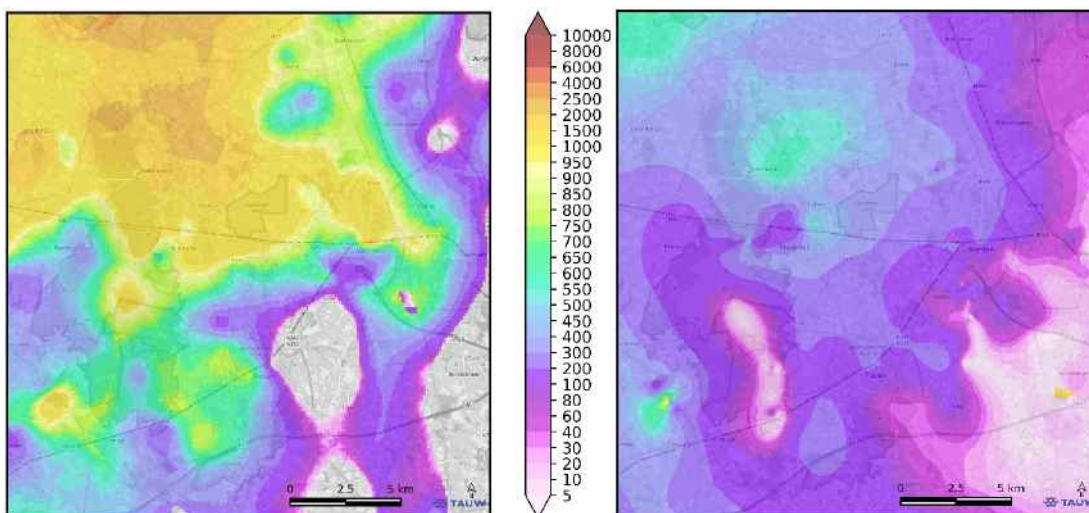


Figuur 5.8 Totale kD van formatie van Urk 1 tot en met 5 (links) volgens REGIS 2.2 en totale kD van modellaag 5, 6 en 7 van het HHW model (rechts)

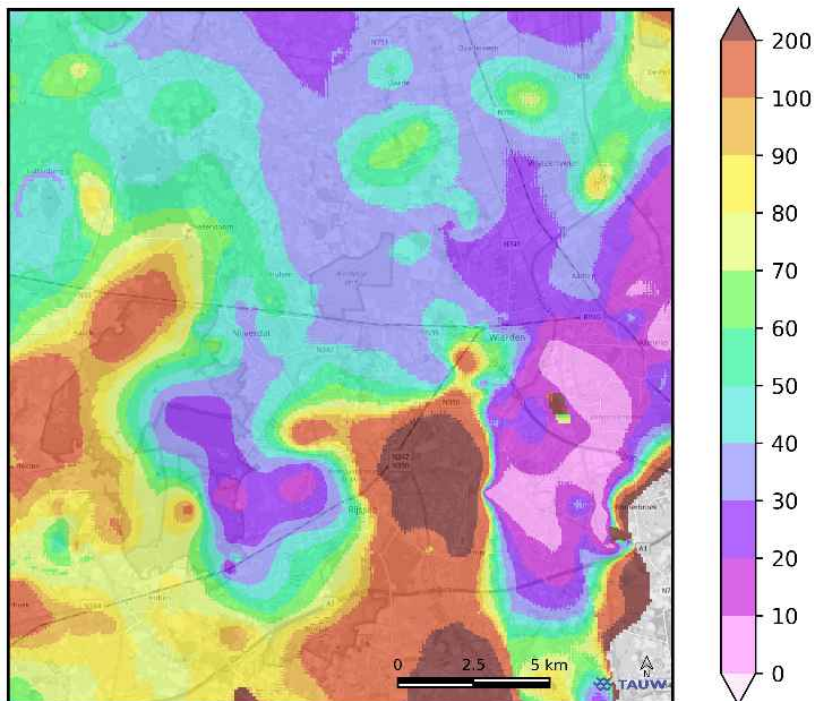


Figuur 5.9 Verhouding (in %) van de totale kD van modellaag 5, 6 en 7 in het HHW model ten opzichte van de totale kD voor deze lagen volgens REGIS 2.2

In de rest van het modelgebied is vooral de formatie van Peize en Waalre (3^e en 4^e zandige eenheid) bepalend voor de kD van het watervoerende pakket. Uit het vergelijken van figuur 5.10 en figuur 5.11 volgt dat de kD van deze formatie ook lager is in het HHW model.

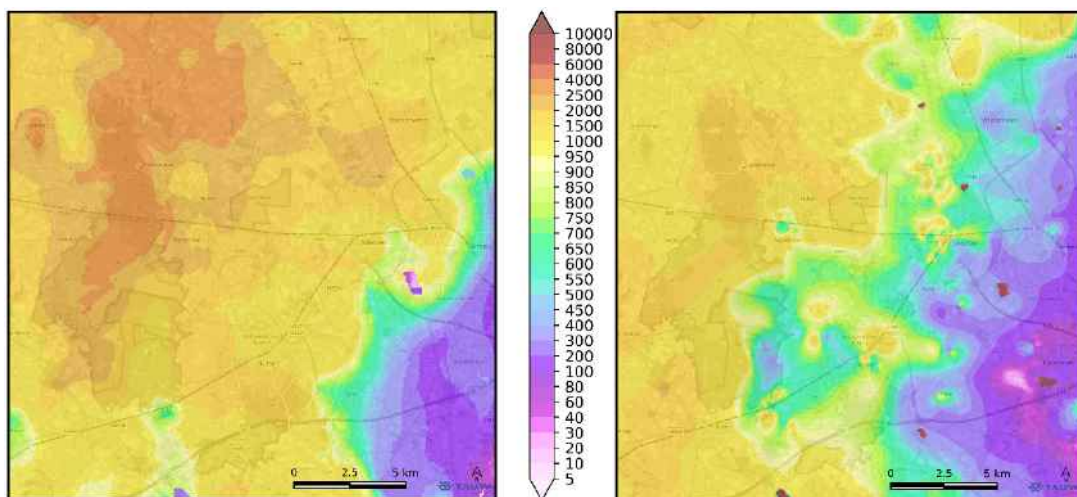


Figuur 5.10 kD van formatie van Peize en Waalre (3e en 4e zandige eenheid) links, en kD van laag 8 van het HHW model (hier is de factor van 1,5 al in meegenomen)



Figuur 5.11 Verhouding (in %) van de totale kD van modellaag 8 en 9 in het HHW model ten opzichte van de totale kD voor deze lagen volgens MIPWA 4.1

In figuur 5.12 staat de totale kD van het watervoerende pakket volgens respectievelijk MIPWA 4.1 en het HHW model weergegeven voor het gehele modelgebied. Voor een groot deel van het modelgebied wordt de kD onderschat, inclusief bij de Holterberg.



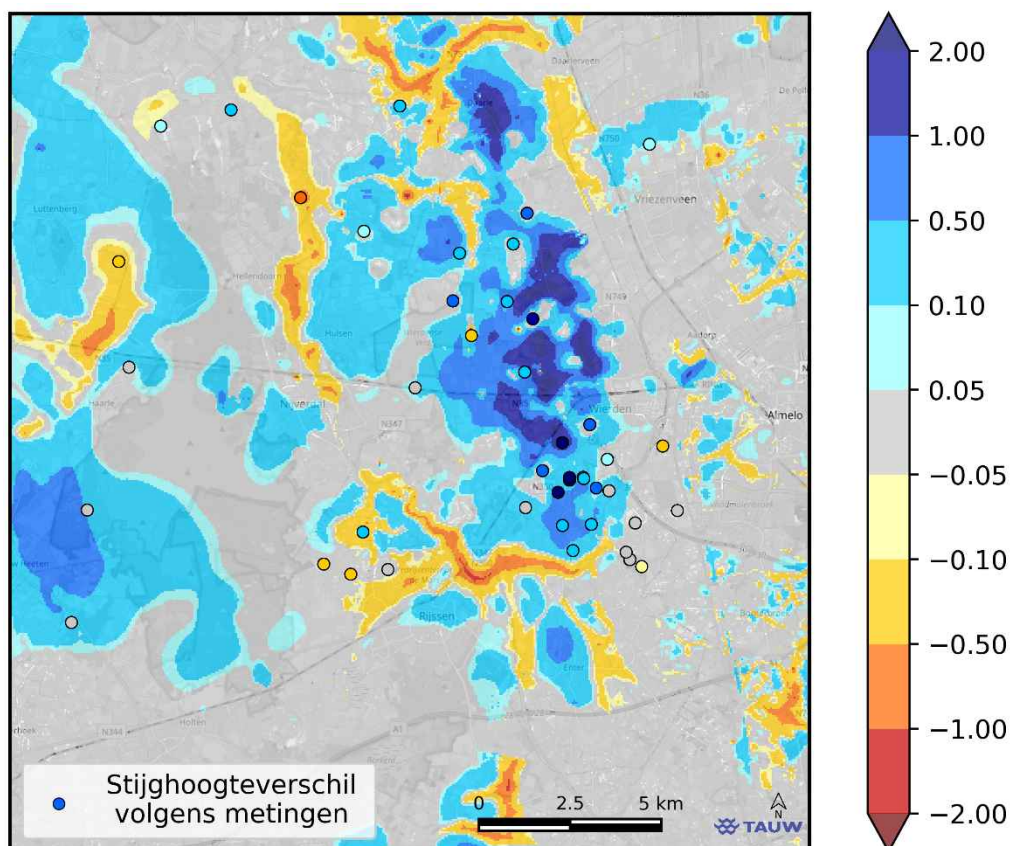
Figuur 5.12 kD van het watervoerende pakket volgens MIPWA 4.1 en rechts volgens het model (modellagen 5 tot en met 9)

Conclusies en advies:

- De totale kD ligt in MIPWA 4.1 (nog) hoger dan in het HHW model
- De kD wordt rond Wierden vooral bepaald door de formatie van Urk en Peize en Waalre
- De formatie van Urk is niet goed meegenomen in het HHW model en daardoor wordt de kD bij Wierden onderschat
- In het overige modelgebied wordt de kD vooral bepaald door de formatie van Urk en Peize en Waalre en ook de kD van deze formatie wordt onderschat
- Advies is om de kD volgens REGIS 2.2/MIPWA 4.1 over te nemen, dit verbetert naar verwachting de verlagingskegel bij Wierden
- Dit maakt het ook mogelijk om afzonderlijk te kalibreren op kD van de formaties van Urk (vooral bij Wierden) en van de formatie van Peize en Waalre (rest modelgebied)

5.3 Beoordeling stijghoogteverschillen over keileem

Om te onderzoeken of de keileemweerstand zoals opgenomen in het model plausibel is, hebben we stijghoogteverschillen over de keileem geanalyseerd. Hierbij vergelijken we de verschillen zoals berekend met het model met de verschillen volgens metingen.



Figuur 5.13 Stijghoogteverschillen tussen modellaag 4 (boven keileem) en modellaag 5 (onder keileem). Een positieve waarde betekent dat de stijghoogte boven de keileem hoger is dan op die plaats onder keileem, bij negatieve waarden is de stijghoogte onder de keileem hoger dan daarboven

Voor de verschillen in stijghoogte bij de metingen hebben we peilbuizen boven de keileem vergeleken met peilbuizen die eronder zitten (binnen maximaal 250 meter hemelsbrede afstand). Het patroon en de orde van grootte van stijghoogteverschillen komt redelijk overeen, zo blijkt uit figuur 5.13 en geeft geen aanleiding tot aanpassingen aan de keileemweerstand.

5.4 Controle debieten per puttenveld

Ter controle van de schematisatie van de putten in het model zijn ook de actuele debieten per voor Wierden (per puttenveld) en Hoge Hexel gecontroleerd en vergeleken met de vergunde debieten. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de periode tot en met 2018 (Dennenkamp staat hier nog op 0) en na 2018, waarbij de winning bij Dennenkamp gestart wordt.

Tabel 5.3 Debieten per puttenveld zoals vergund, aangeleverd door BIJ12

Periode	Nijverdalsestraat	Dennenkamp	Rijssensestraat (spoor)	Ypelo	Hoge Hexel
Vergunde hoeveelheid t/m 2018	3.000.000	0	3.000.000	2.000.000	2.500.000
Vergunde hoeveelheid vanaf 2019	2.200.000	800.000	3.000.000	2.000.000	2.500.000

In tabel 5.4 staat weergegeven wat er per puttenveld is onttrokken op basis van de informatie van Vitens voor beide jaren. Bij Nijverdalsestraat is er in 2018 en 2019 iets te veel onttrokken, bij Rijssensestraat en Ypelo in 2019 iets minder.

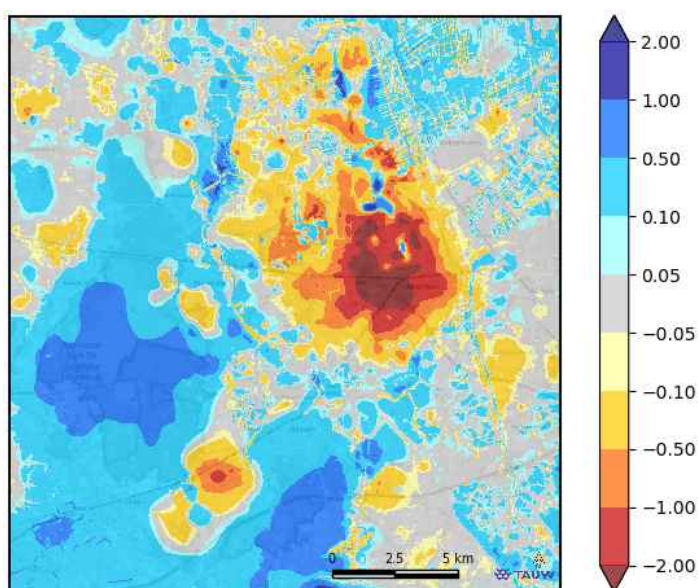
Tabel 5.4 Actuele debieten voor 2018 en 2019

Periode	Nijverdalsestraat	Dennenkamp	Rijssensestraat (spoor)	Ypelo	Hoge Hexel
Onttrokken in 2018 volgens model	-3293851	0	-2934018	-2000908	-2535540
Onttrokken in 2019 volgens model	-2784710	-800694	-2709307	-1792010	-2480145

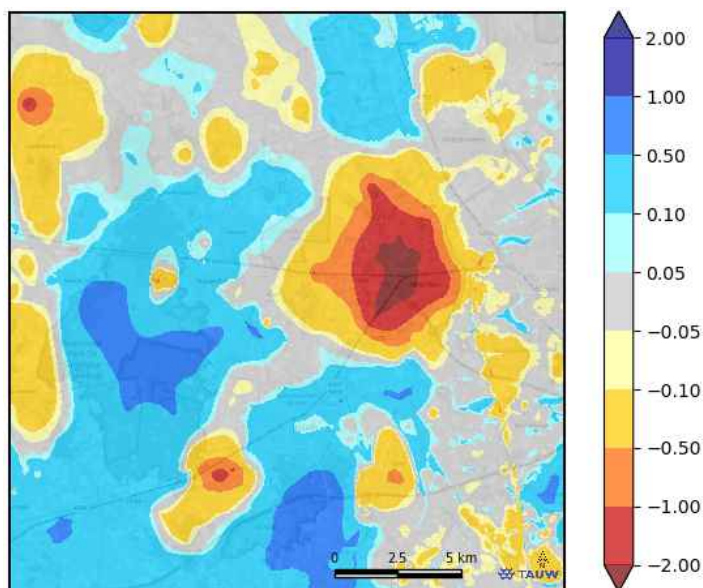
De actuele debieten per puttenveld komen in grote lijnen overeen met de vergunde debieten per puttenveld.

5.5 Modelrun met MIPWA 4.1

Ter vergelijking van het MIPWA 4.1 model met het HHW model, hebben we een modelrun gedaan met MIPWA 4.1 (onaangepast, zie voor de lagenschematisatie bijlage 4). Uit een eerdere paragraaf blijkt al dat de kD van het eerste watervoerende pakket van het MIPWA 4.1 model over vrijwel het gehele modelgebied groter is dan ons huidige model. Daardoor verwachten we dat de modelrun met MIPWA 4.1 voor het gehele modelwindow lagere grondwaterstanden en stijghoogtes berekend. In figuur 5.14 en figuur 5.15 staan de verschillen in GHG voor laag 1 en 8 weergegeven ter illustratie.



Figuur 5.14 Verschil in GHG tussen het HHW model en het MIPWA 4.1 model voor laag 1. Bij positieve waardes is de GHG in het HHW model hoger, bij negatieve waardes is de GHG in het MIPWA 4.1 model hoger



Figuur 5.15 Verschil in GHS tussen het HHW model en het MIPWA 4.1 model voor laag 8. Bij positieve waardes is de GHS in het HHW model hoger, bij negatieve waardes is de GHS in het MIPWA 4.1 model hoger

Uit de verschilkaartjes blijkt dat het MIPWA 4.1 model zoals verwacht droger is dan het HHW model wanneer naar het gehele modelwindow wordt gekeken. Dit komt vermoedelijk door de grotere kD van het eerste watervoerende pakket. Rond Wierden berekent het MIPWA 4.1 model wel hogere grondwaterstanden en stijghoogtes, dat heeft meerdere oorzaken:

- De kD in MIPWA 4.1 is rond Wierden een stuk hoger waardoor de verlagingsskegel wordt afgezwakt
- De debietsverdeling over de puttenvelden in MIPWA 4.1 (zie tabel 5.5) is anders dan de vergunde (tabel 5.3) en actuele debieten (tabel 5.4). Bij Ypelo wordt relatief veel onttrokken en de onttrekking bij Dennenkamp begint al in 2018
- De industriële sanering bij Stamanstraat (1,0 miljoen m³/jaar) is niet meegenomen in MIPWA 4.1
- De keileemweerstand is anders

Tabel 5.5 Onttrokken hoeveelheden voor 2018 en 2019 per puttenveld voor de MIPWA 4.1 modelrun

Periode	Nijverdalssestraat	Dennenkamp	Rijssensestraat (spoor)	Ypelo	Hoge Hexel
2018	-3009657	-638742	- 2068096	- 2481715	-2538516
2019	-2834234	-809781	- 2024453	- 2429344	-2473909

5.6 Conclusie controle modelinput

Er zijn meerdere controles uitgevoerd op de modelinput van het HHW model. Dit geeft aanleiding tot de volgende aanpassingen:

- Het maximaliseren van de conductance van waterlopen op 625 m²/dag
- Doordat het vergriden van ISG's niet op elke plaats goed gaat, komt het waterpeil van een enkele watergang op meer dan 0,5 meter boven het maaiveld uit. De conductance wordt hier op 0 gezet
- Bij watergangen die lokaal een grote waterdiepte hebben (meer dan 4 meter) wordt de conductance op 0 gezet
- De kD van het eerste watervoerende pakket is volgens MIPWA 4.1 (nog) hoger dan in het HHW model
- De keileemweerstand is plausibel in het HHW model

De kD van het eerste watervoerende pakket zal worden overgenomen van MIPWA 4.1. Als dit wordt gedaan kan er vervolgens afzonderlijk gekalibreerd worden op de kD van de formatie van Urk (voor het gebied bij Wierden), de Peize en Waalre formatie (voor de rest van het modelgebied).

6 Kalibratie

De resultaten in hoofdstuk 4 gaven aanleiding tot enkele controles op de modelinput, waar nodig een aantal aanpassingen, en tot de kalibratie van het model. De kalibratie van het HHW model is in 2 rondes gedaan en wordt in dit hoofdstuk verder toegelicht.

6.1 Stationair model

Voor de kalibratie is een stationair model gebruikt waarvoor tijdsgemiddelde grids zijn gebruikt voor modelinvoer en validatie, zie tabel 6.1. Hiervoor is de periode van 2013 tot en met 2018 aangehouden. De jaren 2019 en 2020 zijn niet meegenomen doordat het winveld bij Dennenkamp na 2018 in gebruik wordt genomen bij Wierden. De keuze voor 2013-2018 vereenvoudigt de interpretatie van modelresultaten.

Tabel 6.1 Modelinvoer voor het stationaire model waarover een tijdsgemiddelde is gemaakt

Dataset	Tijdsgemiddeld over periode
SHD	2013 t/m 2018
CAP	2013 t/m 2018
Debieten	2013 t/m 2018
Watergangen	2013 t/m 2018
Validatieset	2013 t/m 2018

6.2 Primaire kalibratieronde

Bij de kalibratie hebben de metingen van bijna alle peilbuizen een wegingsfactor van 1 meegekregen op drie peilbuizen na waar schijngrondwaterspiegels gemeten worden. Daar is een wegingsfactor van 0,1 toegekend (zie einde van deze paragraaf). Tijdens de primaire kalibratieronde zijn de volgende parameters gekalibreerd:

- Keileemweerstand (4^e scheidende laag)
- kD van modellaag 6 (formatie van Urk)
- kD van modellaag 8 (formatie van Peize en Waalre)

De berekende factoren zijn voor alle drie de parameters significant en respectievelijk: 1.04, 0.69 en 0.44. Met deze factoren verkleint de gemiddelde RMSD (residuele kwadratensom) per laag, met name in het watervoerende pakket, zie tabel 6.2 (voor kalibratie) en tabel 6.3 (na kalibratie). Na kalibratie komt de EVP (verklaarde variantie) rond 95 % komt te liggen voor de afwijkingen in het watervoerende pakket (modellagen 5 tot en met 9). Ook de gemiddelde afwijking per laag verbetert. Voor kalibratie was het model freatisch iets te droog en in het watervoerende pakket iets te nat. Na kalibratie is de freatische situatie verbeterd en ligt de gemiddelde afwijking voor het watervoerende pakket rond 0.

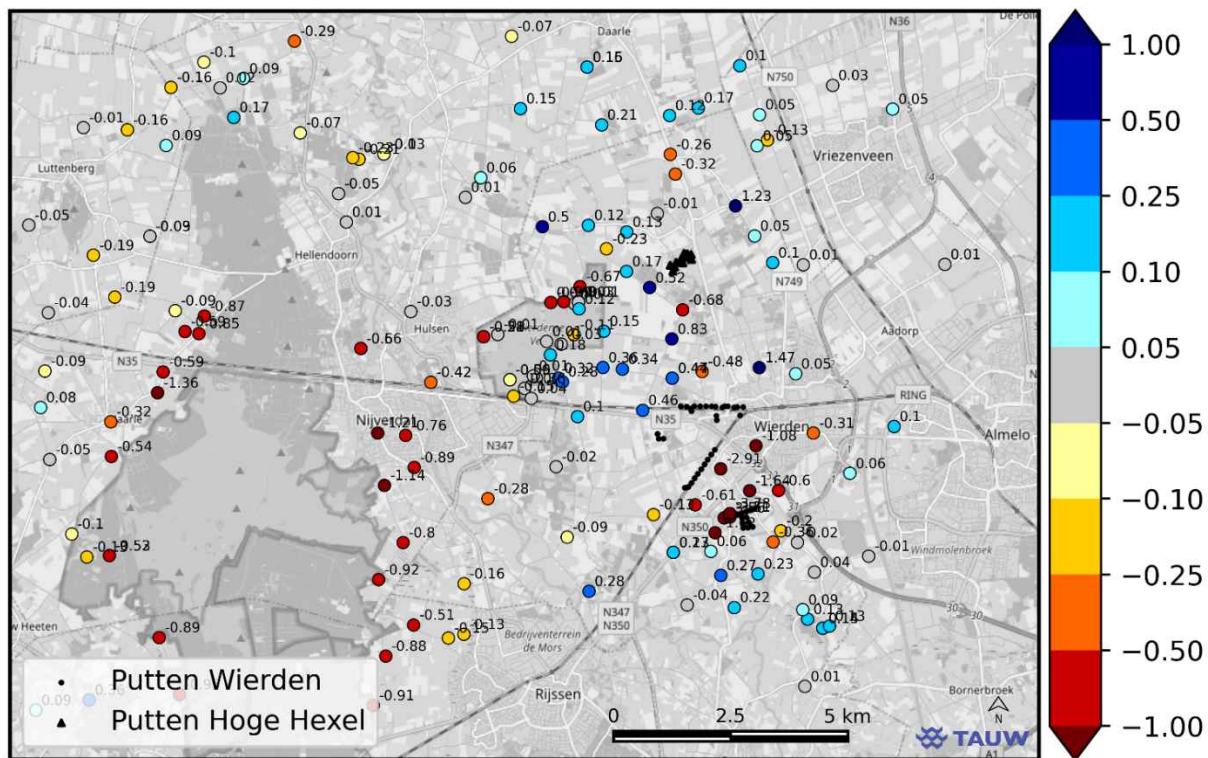
Tabel 6.2 Statistieken van de gemiddelde afwijking van de gemeten grondwaterstand/stijghoogtes met peilbuizen uit de validatieset, vóór kalibratie. In deze tabel staat onder andere de RMSD (root mean square deviation - residuele kwadratensom), NRMSD (normalized root mean square deviation – genormaliseerde residuele kwadratensom), de EVP (explained variance percentage – verklaarde variantie) en het gemiddelde van de afwijkingen per laag aangegeven

Lagen	Rmsd (m)	Nrmsd (%)	Evp (%)	Gemiddelde van alle afwijkingen (m)	Gemiddelde van positieve afwijkingen (m)	Gemiddelde van negatieve afwijkingen (m)	Aantal metingen	Minimale waarde (m)	Maximale waarde (m)
1-9	0.52	6.9	83.8	-0.06	0.30	-0.39	232	4.55	12.15
1	0.40	12.5	87.1	-0.21	0.09	-0.38	19	6.10	9.30
2	0.38	6.2	93.0	-0.16	0.11	-0.30	51	5.84	11.97
3	0.65	10.5	73.2	-0.27	0.23	-0.56	61	5.94	12.15
4	0.51	13.5	73.3	0.01	0.39	-0.40	23	6.72	10.47
5	0.41	10.0	87.9	0.14	0.30	-0.21	29	4.85	8.90
6	0.48	12.8	86.4	0.27	0.29	-0.03	16	4.81	8.56
7	0.60	9.7	91.0	0.02	0.56	-0.39	7	4.55	10.75
8	0.48	11.4	84.9	0.14	0.43	-0.18	15	4.85	9.05
9	0.82	15.3	85.2	0.36	0.67	-0.46	11	4.85	10.17

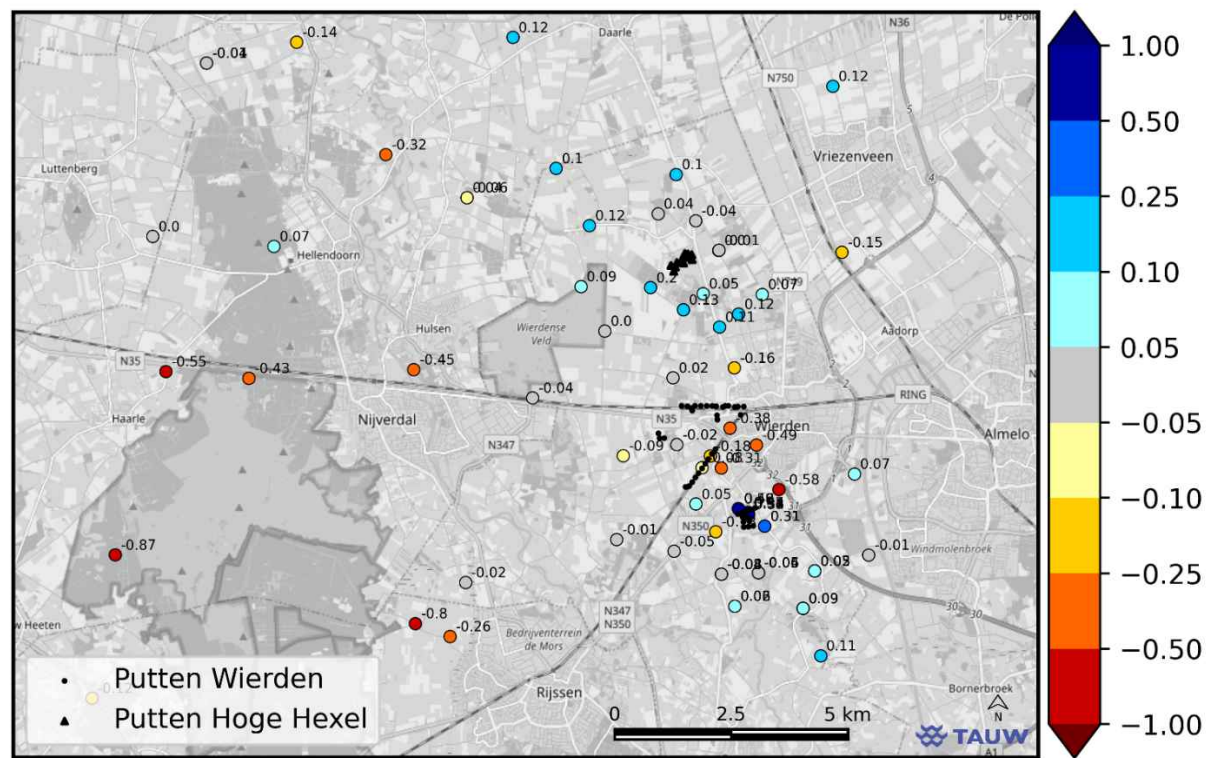
Tabel 6.3 Statistieken van de gemiddelde afwijking van de gemeten grondwaterstand/stijghoogtes met peilbuizen uit de validatieset, ná kalibratie. In deze tabel staat onder andere de RMSD (root mean square deviation - residuele kwadratensom), NRMSD (normalized root mean square deviation – genormaliseerde residuele kwadratensom), de EVP (explained variance percentage – verklaarde variantie) en het gemiddelde van de afwijkingen per laag aangegeven

Lagen	Rmsd (m)	Nrmsd (%)	Evp (%)	Gemiddelde van alle afwijkingen (m)	Gemiddelde van positieve afwijkingen (m)	Gemiddelde van negatieve afwijkingen (m)	Aantal metingen	Minimale waarde (m)	Maximale waarde (m)
1-9	0.45	6.0	88.3	-0.10	0.19	-0.35	232	4.55	12.15
1	0.31	9.6	91.3	-0.13	0.09	-0.32	19	6.10	9.30
2	0.29	4.8	95.1	-0.08	0.12	-0.22	51	5.84	11.97
3	0.69	11.2	68.9	-0.28	0.22	-0.59	61	5.94	12.15
4	0.52	13.9	71.9	0.00	0.36	-0.48	23	6.72	10.47
5	0.22	5.4	96.2	-0.05	0.12	-0.17	29	4.85	8.90
6	0.21	5.5	97.6	0.12	0.18	-0.05	16	4.81	8.56
7	0.34	5.6	97.7	-0.17	0.07	-0.26	7	4.55	10.75
8	0.26	6.3	95.0	-0.02	0.17	-0.24	15	4.85	9.05
9	0.42	7.8	95.6	0.12	0.40	-0.22	11	4.85	10.17

In figuur 6.1 en figuur 6.2 staan de afwijkingen van de berekende ten opzichte van de gemeten grondwaterstand en stijghoogte. Hieruit valt op dat het model na de primaire kalibratieronde vrij goede resultaten geeft, in een groot deel van het modelgebied zijn er freatisch kleine afwijkingen, in de orde van enkele decimeters. Rond de Holterberg zijn de afwijkingen groter, dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de wijze waarop de gestuwde ondergrond is geschematiseerd. In het invloedsgebied van de winningen bij Wierden en Hoge Hexel zijn er door de kalibratie geen systematische afwijkingen meer en is er een mix van positieve en negatieve afwijkingen. Wel zijn er lokaal bij een aantal peilbuizen bij Ypelo en direct ten oosten van de Rijssensestraat nabij Wierden enkele grote afwijkingen in de orde van 3 meter. Dit wordt veroorzaakt door peilbuizen die vlakbij een watergang staan (een paar meter afstand) of peilbuizen bij een vennetje. Ter illustratie worden enkele van deze peilbuizen hieronder verder toegelicht.



Figuur 6.1 Afwijking van de berekende en gemeten gemiddelde grondwaterstand na de primaire kalibratieronde

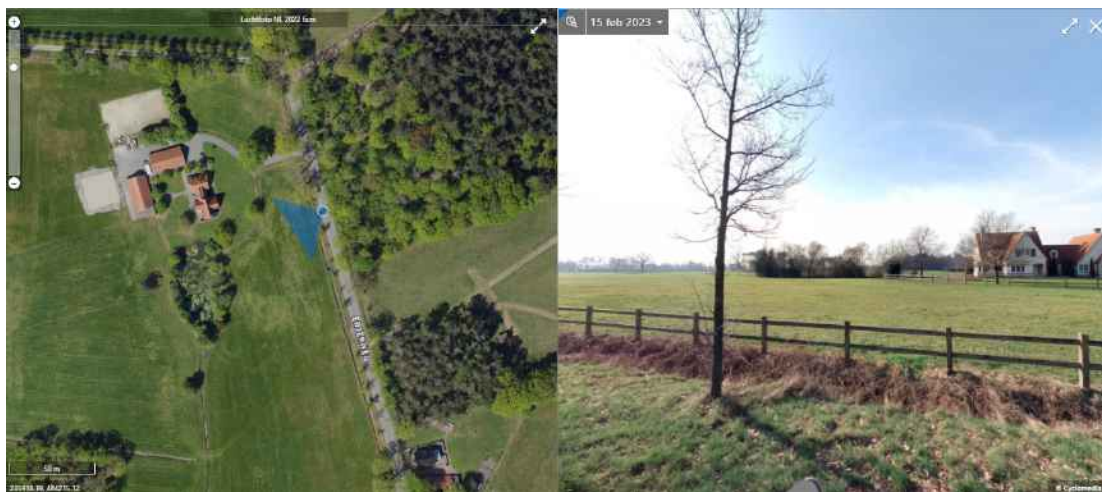


Figuur 6.2 Afwijking van de berekende en gemeten gemiddelde stijghoogte na de primaire kalibratieronde

De drie peilbuizen bij Ypelo waar veel hogere grondwaterstanden gemeten worden, staan naast een vennetje en/of direct naast een sloot, zie figuur 6.3 en figuur 6.4. Ter plaatse van dit vennetje is waarschijnlijk een lokale scheidende laag aanwezig, waarschijnlijk meten de peilbuizen hier een schijngrondwaterspiegel. Om die reden zijn hebben deze drie peilbuizen een wegingsfactor van 0,1 meegekregen in de kalibratie (alle overige peilbuizen hebben een wegingsfactor van 1).

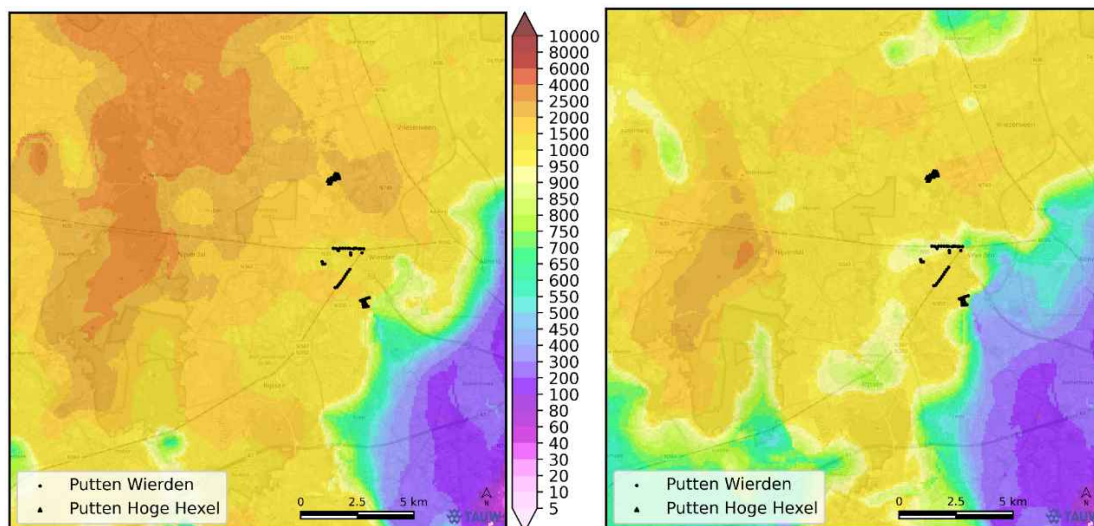


Figuur 6.3 Locatie van de drie peilbuizen bij Ypelo in de buurt met grote afwijking van de gemiddelde grondwaterstand



Figuur 6.4 Illustratie van het vennetje

In het eerste watervoerende pakket zijn de afwijkingen rond de winningen van zowel Hoge Hexel als Wierden beperkt. Met het toepassen van de factoren voor de kD van laag 6 en laag 8, verandert de totale kD van het watervoerende pakket volgens figuur 6.5.

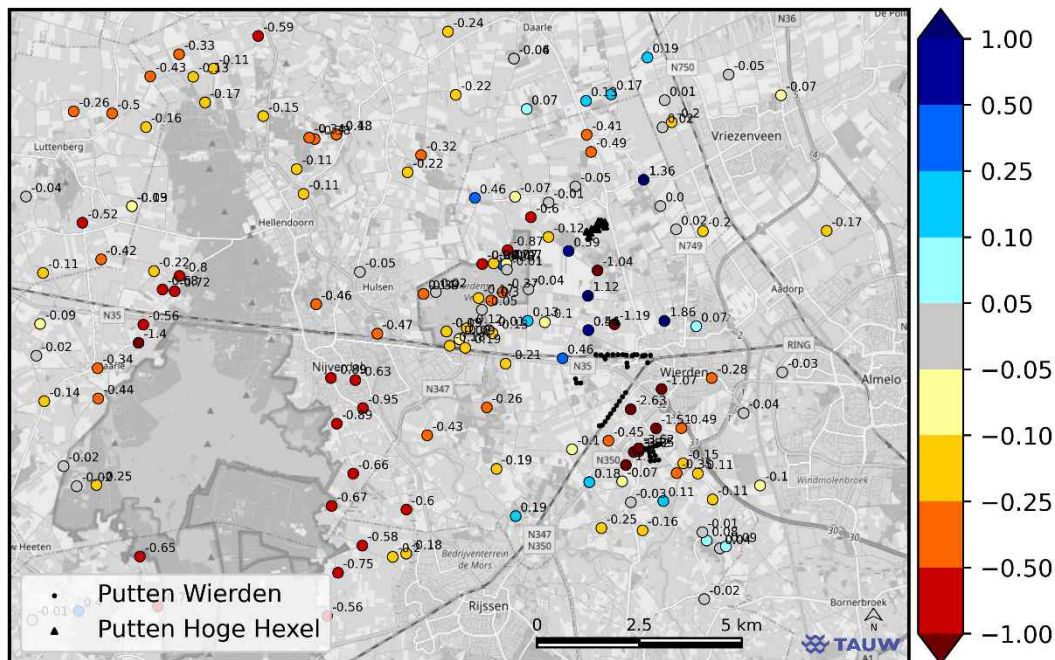


Figuur 6.5 Totale kD van het eerste watervoerende pakket (onder de keileem) volgens REGIS 2.2 (links) en na toepassing van de tijdens de eerste kalibratieronde berekende factoren (rechts)

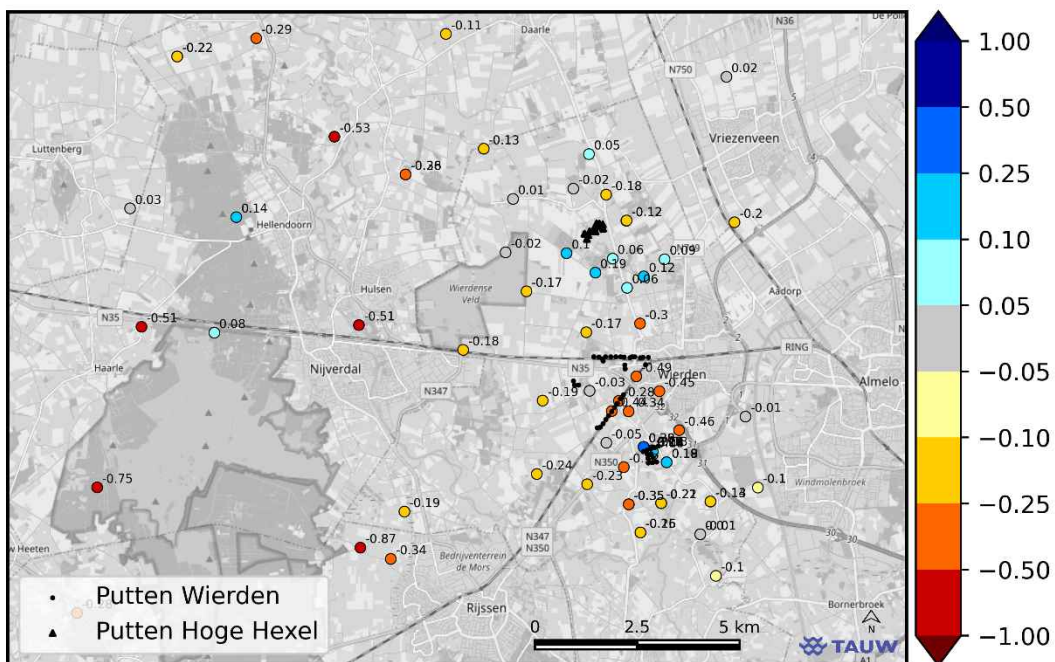
De kD van het watervoerende pakket is na toepassing van de factoren bij Ypelo rond de 1000 m²/dag, dit komt goed overeen met de pompproef (zoals beschreven in paragraaf 2.3). De gekalibreerde kD van het watervoerende pakket ligt rond de winningen bij Wierden en Hoge Hexel hoger dan de oorspronkelijke kD van het HHW model (zoals gebruikt voor de eerste modelvalidatie, zie figuur 5.12). Dit heeft de verlagingskegel verbeterd, de berekende gemiddelde stijghoogte in het eerste watervoerende pakket komt overeen met de gemiddelde metingen.

6.3 Validatie GHG en GLG

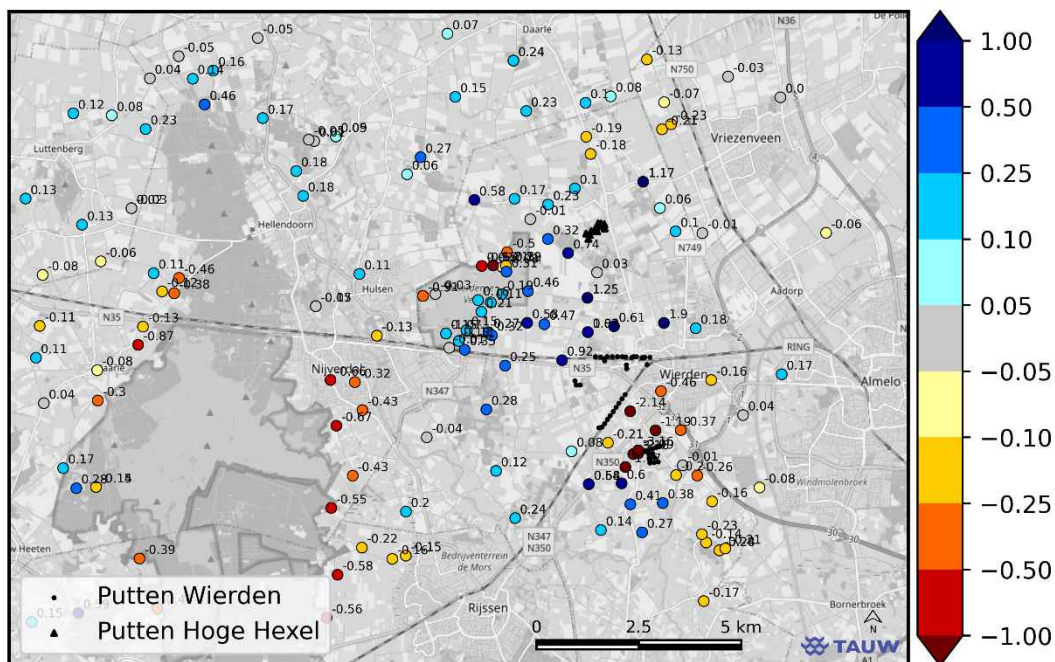
Voorafgaand aan de secundaire kalibratierun is een nieuwe validatierun uitgevoerd met de reeds geoptimaliseerde parameters om de modeldynamiek te controleren. Hiervoor is dezelfde validatieset gebruikt als voor de eerste modelvalidatie zoals beschreven in hoofdstuk 4 (met wederom de periode 2013 – 2018). In figuur 6.6 en figuur 6.7 staan de verschillen met de metingen voor GHG weergegeven voor respectievelijk freatisch en het eerste watervoerende pakket, in figuur 6.8 en figuur 6.9 voor GLG. Ten opzichte van de eerste modelvalidatie in hoofdstuk 4 zijn de afwijkingen kleiner geworden, in het bijzonder het Wierdenseveld en bij de winningen bij Wierden en Hoge Hexel. Wel is het model tijdens GHG condities iets te droog en onder GLG condities iets te nat: de grondwaterdynamiek wordt iets onderschat. Uit de tijdstijghoogtelijnen voor dezelfde peilbuizen bij de winningen van Wierden en Hoge Hexel als bij paragraaf 4.3 (zie figuur 4.8 tot en met figuur 4.11), blijkt wel dat het model na de primaire kalibratieronde verbeterd is, zie figuur 6.10 tot en met figuur 6.13.



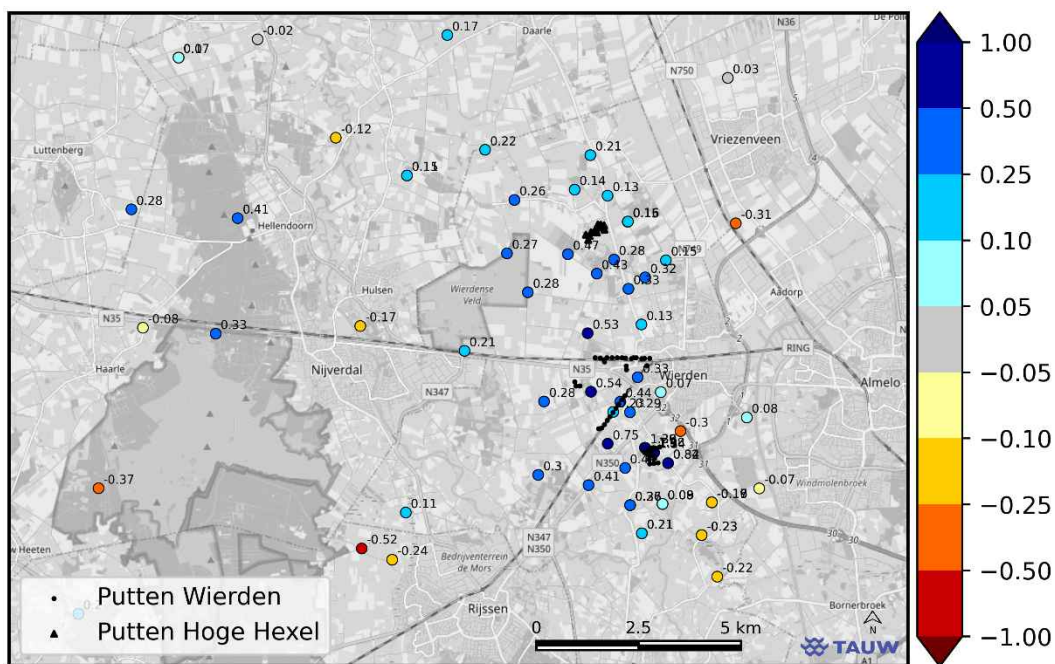
Figuur 6.6 Verskil GHG in meter met de metingen boven de keuleemlaag



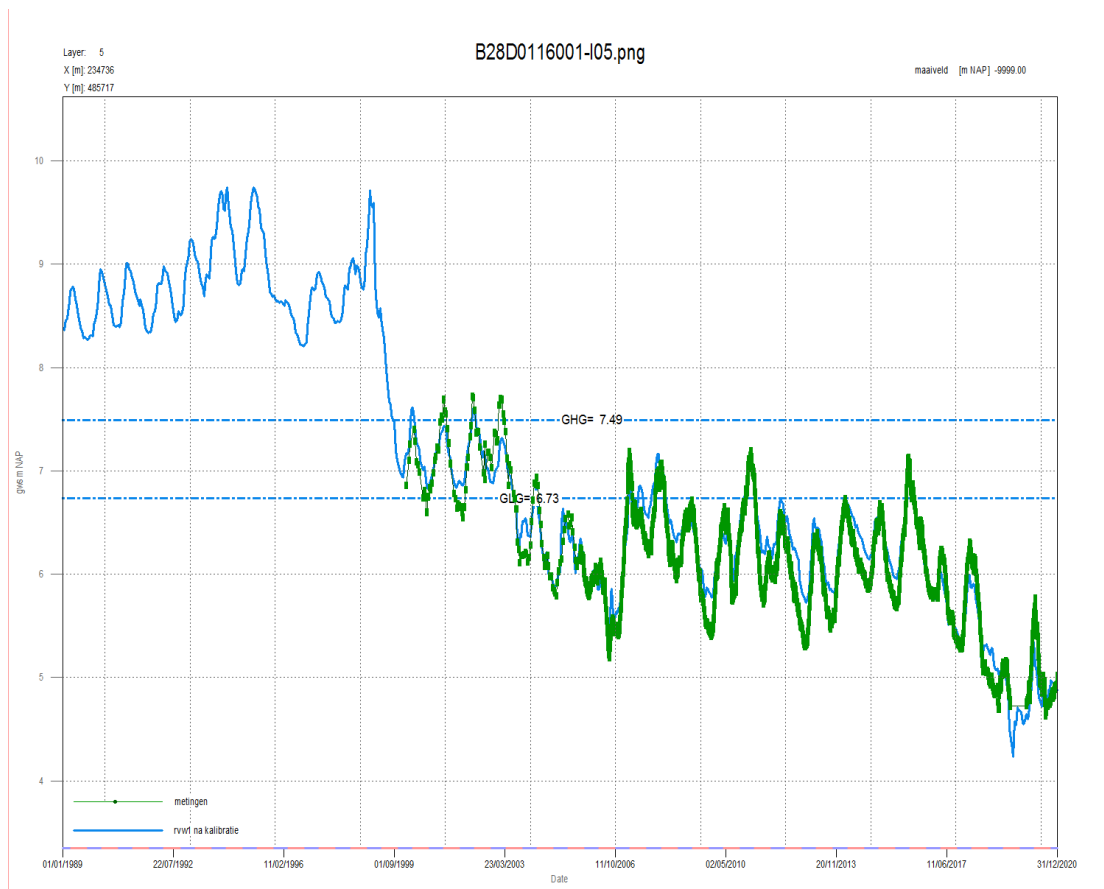
Figuur 6.7 Verskil GHS in meter met de metingen in het eerste watervoerende pakket



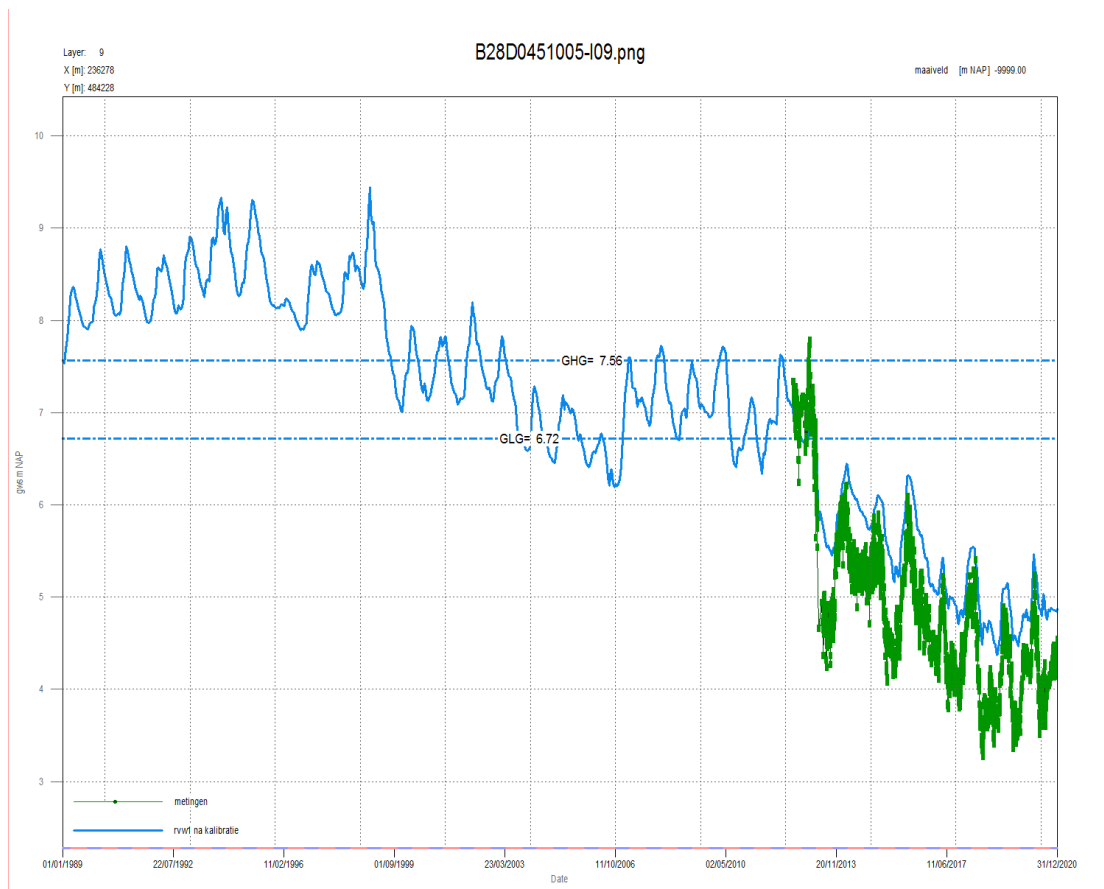
Figuur 6.8 Verskil GLG in meter met de metingen boven de keuleemlaag



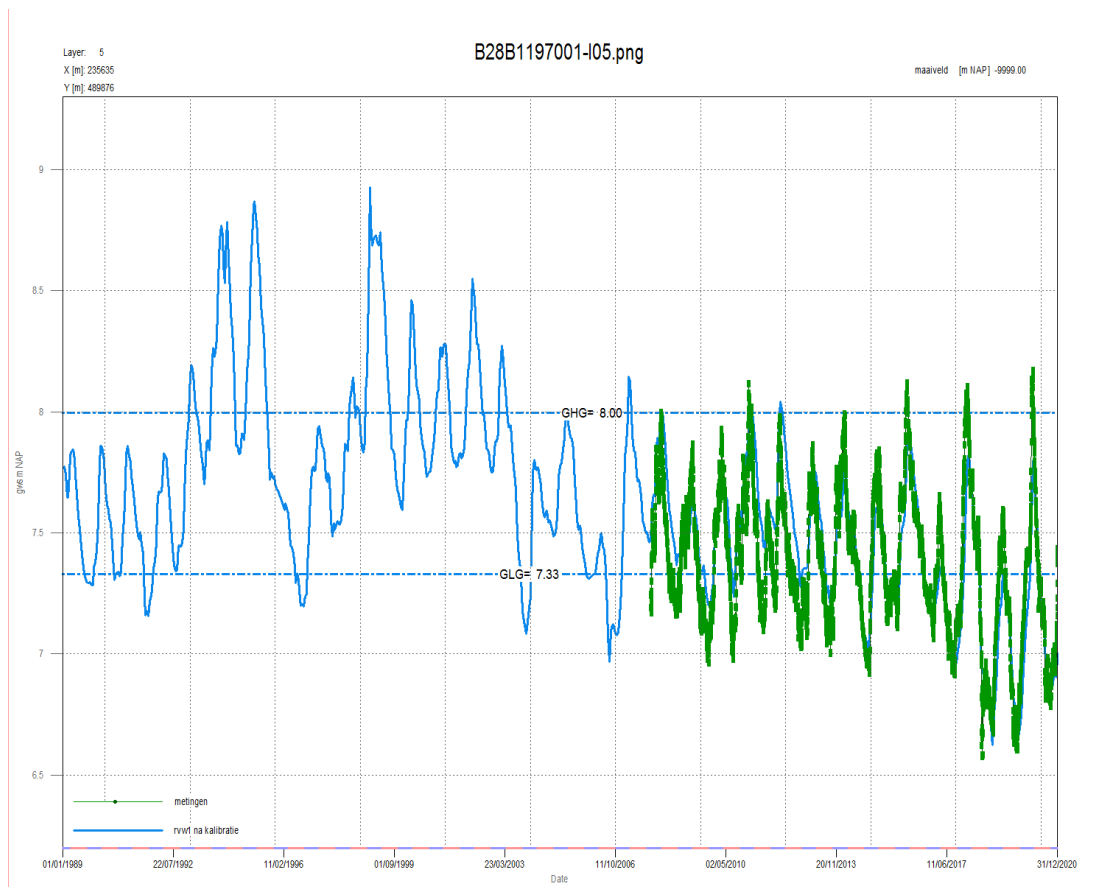
Figuur 6.9 Verskil GLS in meter met de metingen in het eerste watervoerende pakket



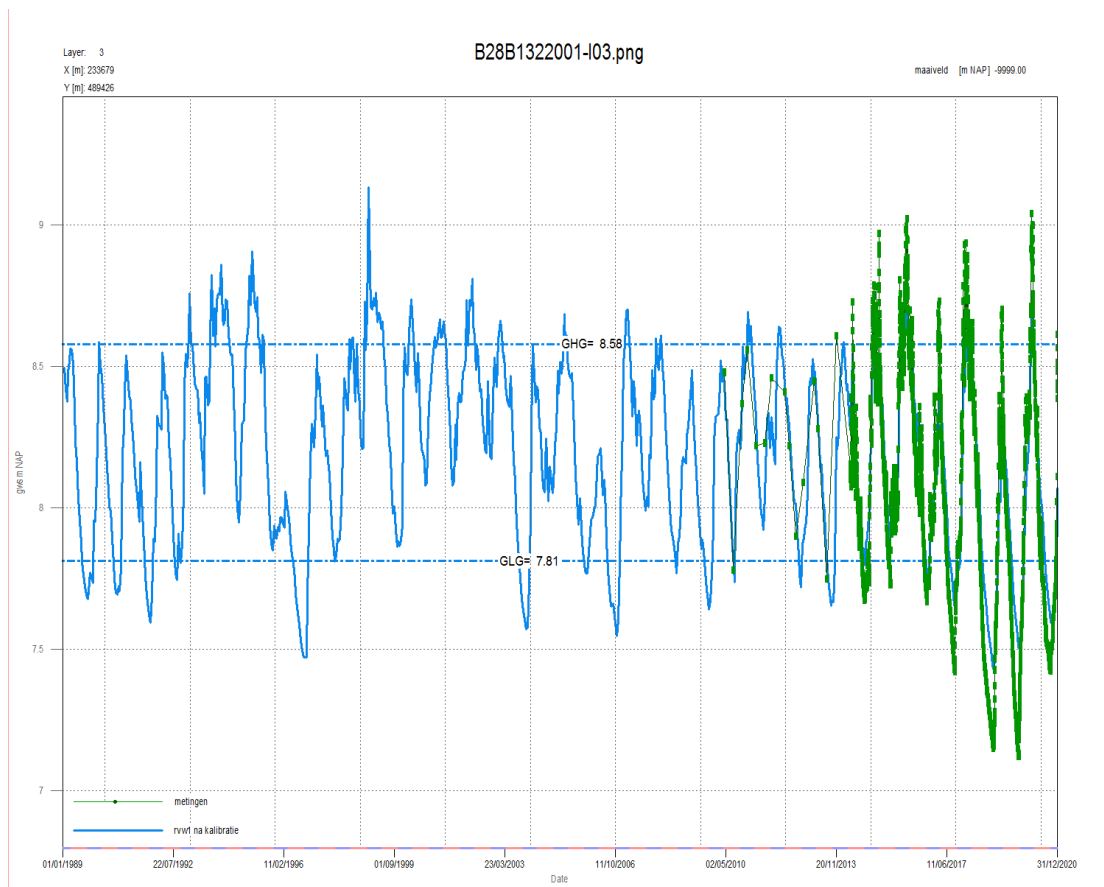
Figuur 6.10 Tijdstijghoogtemetingen versus modeluitvoer op ongeveer 200 meter afstand van het winveld Dennenkamp



Figuur 6.11 Tijdstijghoogtemetingen versus modeluitvoer ter plaatse van het winveld bij Ypelo



Figuur 6.12 Tijdstijghoogtemetingen versus modeluitvoer ongeveer 500 meter ten oosten van het winveld Hoge Hexel



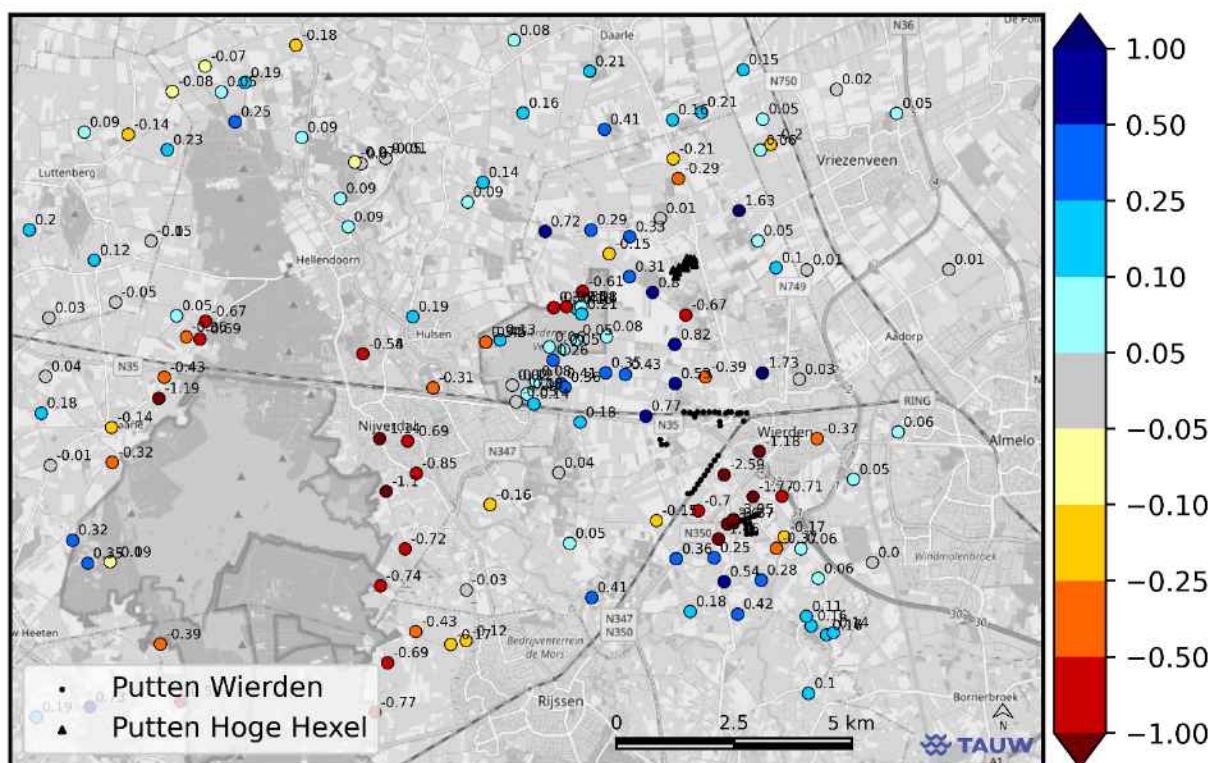
Figuur 6.13 Tijdstijghoogtemetingen versus modeluitvoer ongeveer 1 kilometer ten westen van het winveld Hoge Hexel

6.4 Secundaire kalibratieronde

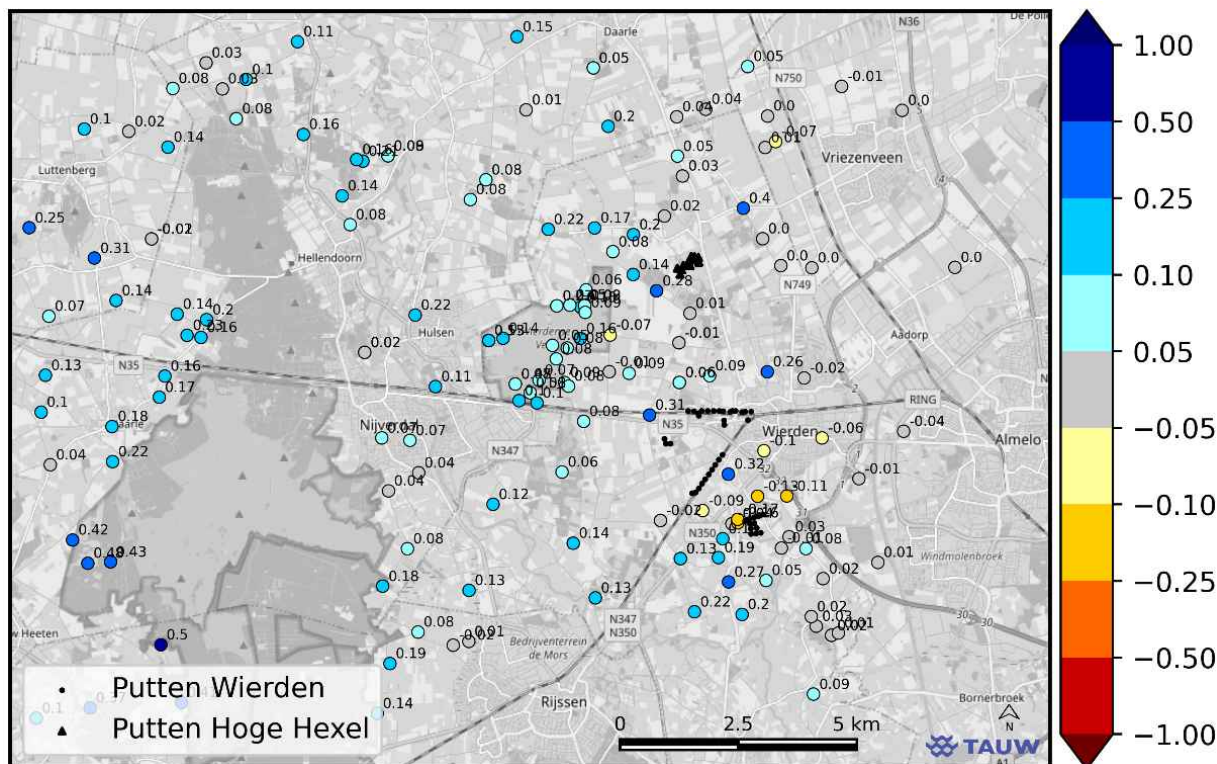
Tijdens de secundaire kalibratieronde zijn de volgende parameters gekalibreerd:

8. Conductance van top 10 watergangen
9. Conductance van legger watergangen
10. Doorlaatvermogen boven de keileem (Boxtel en Drenthe zanden)

Van de berekende verandering in deze parameters bleek alleen de verandering in het doorlaatvermogen significant. In figuur 6.14 staan de verschillen van de afwijking tussen de berekende en gemeten gemiddelde grondwaterstand na de 2^e kalibratieronde. In figuur 6.15 staat hoe deze afwijkingen zijn veranderd ten opzichte van de afwijkingen na de 1^e kalibratieronde. Uit deze figuren blijkt dat een vermindering van het doorlaatvermogen leidt tot vernatting over het gehele modelgebied, waarbij vooral de afwijkingen rond de Holterberg worden verkleind. Rond Wierden wordt het model freatisch wat natter dan de metingen. De berekende factor voor het doorlaatvermogen boven de keileem wordt daarom niet doorgevoerd om te voorkomen dat de grondwaterstanden rond Wierden te hoog worden ingeschat.



Figuur 6.14 Afwijking van de berekende en gemeten gemiddelde grondwaterstand na de secundaire kalibratieronde



Figuur 6.15 Verschil in de gemiddelde freatische afwijking van de grondwaterstand tussen de secundaire en de primaire kalibratieronde

6.5 Conclusie kalibratie

Met het uitvoeren van de primaire kalibratierun zijn de verschillen met de metingen vooral in de buurt van Wierden duidelijk verbeterd. De kD van het watervoerende pakket is hiervoor iets verlaagd. Uit de secundaire kalibratierun bleek dat de factoren voor de conductance van de top 10 en legger watergangen niet significant zijn. Het kalibreren op de kD boven de keileem leidde niet tot gewenste resultaten en voorstel is daarom om alleen de factoren zoals berekend met PEST tijdens de primaire kalibratierun mee te nemen.

Het gekalibreerde model simuleert de gemiddelde stijghoogte goed. Uit de validatie met een stationaire modelrun simuleert het model vooral de GHG goed, de GLG wordt op een aantal plaatsen iets te hoog berekend. Rond de Holterberg zijn de afwijkingen groter, dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de wijze waarop de gestuwde ondergrond is geschematiseerd. De modelafwijkingen zijn in de omgeving van pompstations Wierden en Hoge Hexel zodanig beperkt dat het model geschikt wordt geacht om scenario's mee door te rekenen.

7 Scenarioberekeningen

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de scenario's (volgens tabel 7.2) kort toegelicht. In bijlage 5 staan de verschil GxG's per scenario voor zowel het freatische als watervoerende pakket (respectievelijk modellaag 1 en modellaag 8) weergegeven.

7.1 Scenario's

In overleg met BIJ12 zijn er 9 scenario's opgesteld, zie tabel 7.1.

RVW staat voor randvoorwaarden. De RVW-modelruns dienen uitsluitend om de correcte randvoorwaarden te genereren voor scenario's 1 tot en met 7. Dit is nodig omdat de effecten van de winningen rond Wierden aan de westzijde overlopen in de effecten van de winningen rond Holten en Nijverdal. Door eerst een groot modelwindow met alle te beschouwen winningen (Holten, Nijverdal, Wierden en Hoge Hexel, afgekort in de tabel met hol-nij-wie-hh) op grovere resolutie door te rekenen, kunnen vervolgens de modelruns voor Wierden en Hoge Hexel met fijne resolutie voor een kleiner modelwindow (Wierden en Hoge Hexel, afgekort met wie-hh) worden doorgerekend. De effecten van de winningen rond Holten en Nijverdal worden daarbij via de randvoorwaarden (stijghoogten) op de 14e en 28e van elke maand doorgegeven in het wie-hh model. In figuur 7.1 staan de grote en kleine modelwindows weergegeven.

De twee RVW-modelruns geven dus de randvoorwaarden voor modelruns 1 tot en met 7 en hebben een tweeledig doel:

1. Inspeelmodel om de rand- en startstijghoogten voor de gewenste rekenperiode 2010 t/m 2020 correct te berekenen door middel van de CHD randvoorwaarden
2. Doorgeven van de effecten van de winningen Holten en Nijverdal in de scenario-berekeningen voor Wierden en Hoge Hexel

Modelrun 1 wordt gebruikt voor de definitieve validatie. Modelruns 2 en 3 vormen de referentie voor respectievelijk industriële winningen en Vitens-winningen.

Tabel 7.1 Overzicht van de door te rekenen scenario's om het effect van de winningen van Vitens (en industrie) te bepalen

Modelrun	Modelwindow	Resolutie (m)	Periode	Wierden & Hoge Hexel	Nijverdal & Holten	Industrieel
RVW-1	hol-nij-wie-hh	50	1989 t/m 2020	Aan, actueel	Aan, actueel	Aan, vergund
RVW-2	hol-nij-wie-hh	50	1989 t/m 2020	Uit	Uit	Aan, vergund
1 (validatie)	wie-hh	25	2010 t/m 2020	Aan, actueel	Via RVW-1	Aan, actueel*
2 (ref Industrie)	wie-hh	25	2010 t/m 2020	Aan, actueel	Via RVW-1	Uit
3 (ref Vitens)	wie-hh	25	2010 t/m 2020	Uit	Via RVW-2	Aan, vergund
4 (Industrie)	wie-hh	25	2010 t/m 2020	Aan, actueel	Via RVW-1	Aan, vergund
5 (Wierden tot 2019)	wie-hh	25	2010 t/m 2020	Wierden Aan, vergund t/m 2018**	Via RVW-1	Aan, vergund
6 (Wierden na 2019)	wie-hh	25	2010 t/m 2020	Wierden Aan, vergund na 2018***	Via RVW-1	Aan, vergund
7 (Hoge Hexel)	wie-hh	25	2010 t/m 2020	Hoge Hexel Aan, vergund	Via RVW-1	Aan, vergund
8 (Alle putten uit)	hol-nij-wie-hh	50	1989 t/m 2020	Uit	Uit	Uit
9 (Alle putten aan, Wierden na 2019)	hol-nij-wie-hh	50	1989 t/m 2020	Wierden Aan, vergund na 2018***, Hoge Hexel aan, vergund	Aan, actueel	Aan, vergund

* Debiet Stamanstraat is actueel, overige industriële onttrekkingen zoals in mipwa opgenomen (vergund)

** Debiet wordt temporeel over het jaar en ruimtelijk over de putten verdeeld op basis van maandcijfers Vitens 2013 tot en met 2018

*** Debiet wordt temporeel over het jaar en ruimtelijk over de putten verdeeld op basis van maandcijfers Vitens vanaf 2019

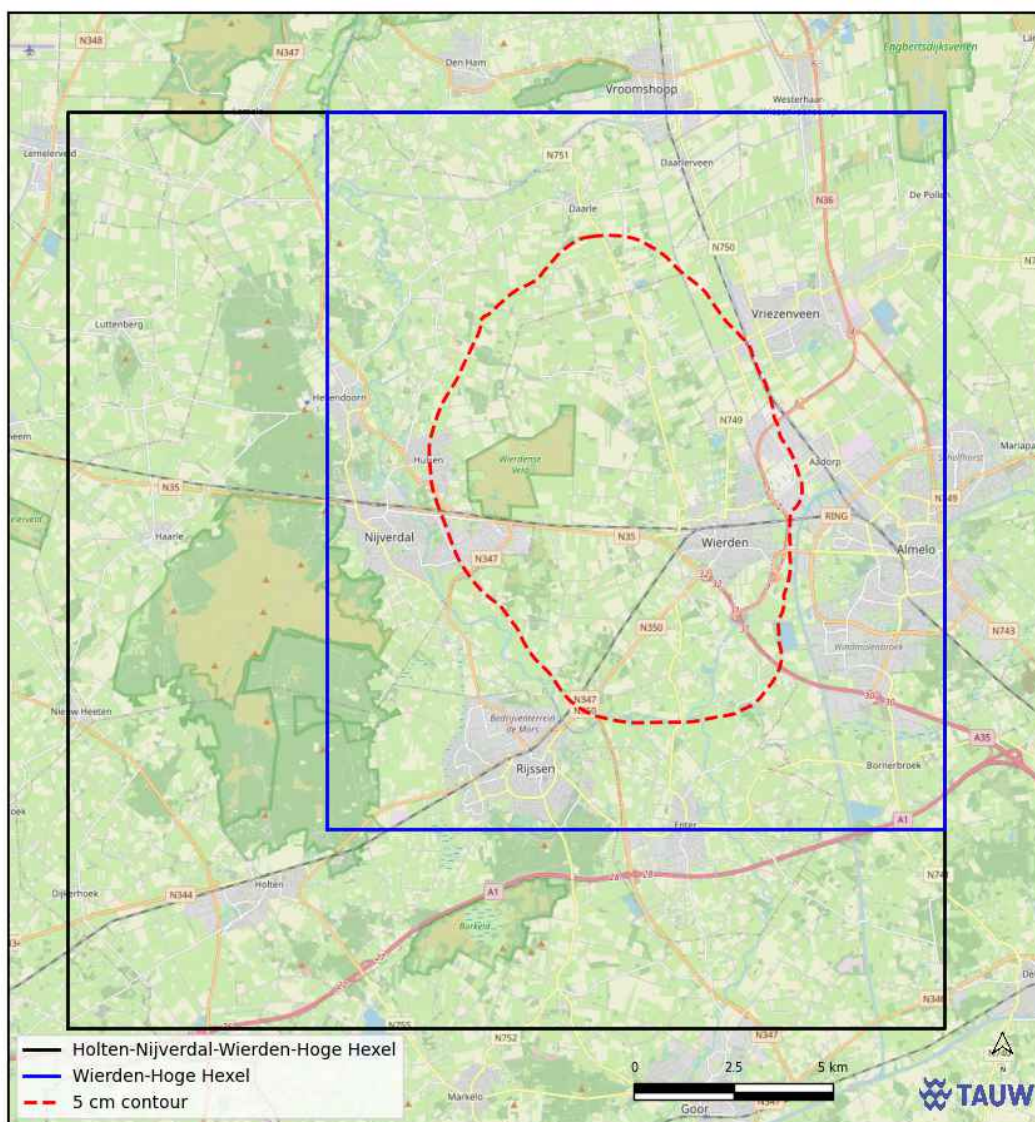
In tabel 7.2 staat beschreven hoe de effecten van de industriële winningen, de winning bij Hoge Hexel, de winning bij Wierden en het gecombineerde effect van alle winningen berekend worden op basis van deze scenario's.

Tabel 7.2 Berekeningswijze van de effecten van de industriële winningen en Vitens winningen

Resultaten scenario's 4, 5, 6, 7, 8 en 9	Modelruns
Effect industriële winningen gxg 2013 tot en met 2020	4 minus 2

Resultaten scenario's 4, 5, 6, 7, 8 en 9	Modelruns
Effect Wierden gxg 2013 tot en met 2018	5 minus 3
Effect Wierden gxg 2019 tot en met 2020	6 minus 3
Effect Hoge Hexel gxg 2013 tot en met 2020	7 minus 3
gecombineerd effect alle putten 2019 t/m 2020	9 minus 8

Scenario's 5 en 6 onderscheiden zich door de uitbreiding van het noordelijke puttenveld met puttenveld Dennenkamp in 2019, waardoor de debietsverdeling van de winning is gewijzigd. Om de gevolgen hiervan op de GxG's zichtbaar te maken, is in scenario 5 de debietsverdeling tot 2019, en in scenario 6 de debietsverdeling vanaf 2019 over de volledige modelperiode toegepast.



Figuur 7.1 Visualisatie van het grote modelgebied zoals gebruikt voor RVW1 en RVW2, en het kleinere modelgebied voor scenario's 1 tot en met 7. Ter illustratie is de 5 centimeter invloedscontour van de winningen bij Wierden en Hoge Hexel toegevoegd zoals berekend in hoofdstuk 2

7.2 Effect industriële winningen 2013-2020

In bijlage 5 staan de verschil GxG's voor de industriële winningen weergegeven voor de periode 2013-2020. De sanering bij de Stamanstraat in Wierden heeft het grootste effect met een verlaging van de grondwaterstand en stijghoogte van maximaal 1 meter. De hoge keileemweerstand draagt bij aan deze verlaging. De winning bij Ben & Jerry heeft gezien het beperkte debiet vrijwel geen invloed op de grondwaterstand en stijghoogte.

7.3 Effect Wierden 2013-2018

In bijlage 5 staan de verschil GxG's voor de drinkwaterwinning bij Wierden voor het freatische – en watervoerende pakket voor de periode 2013-2018. Voor de winning bij Wierden worden vergunde debieten gebruikt, per puttenveld is het vergunde debiet voor deze periode als volgt:

Tabel 7.3 Debieten per puttenveld zoals vergund, aangeleverd door BIJ12

Periode	Nijverdalsestraat	Dennenkamp	Rijssensestraat (spoor)	Ypelo
Vergunde hoeveelheid tot en met 2018	3.000.000	0	3.000.000	2.000.000

Voor de beschrijving van de debietsverdeling per put, zie paragraaf 3.1.2. Gedurende deze periode wordt er bij het winveld Dennenkamp nog niet onttrokken. De winning bij Wierden en de winningen bij Nijverdalen en Holten hebben duidelijk overlap in invloedsgebied.

Ten zuiden van Ypelo is de voedende werking van de infiltratievijver Dakhorst zichtbaar, rond Dakhorst treedt daardoor geen freatische verlaging op.

7.4 Effect Wierden 2019-2020

In bijlage 5 staan de verschil GxG's voor de drinkwaterwinning bij Wierden voor de periode 2019-2020. Voor de winning bij Wierden worden vergunde debieten gebruikt, per puttenveld is het vergunde debiet voor deze periode als volgt:

Tabel 7.4 Debieten per puttenveld zoals vergund, aangeleverd door BIJ12

Periode	Nijverdalsestraat	Dennenkamp	Rijssensestraat (spoor)	Ypelo
Vergunde hoeveelheid vanaf 2019	2.200.000	800.000	3.000.000	2.000.000

Voor de beschrijving van de debietsverdeling per put, zie paragraaf 3.1.2. Het winveld Dennenkamp is in gebruik, waardoor rond Dennenkamp de verlaging daardoor wat groter geworden is ten opzichte van de periode 2013-2018. Het zwaartepunt in het noordelijke puttenveld verschuift daardoor iets in westelijke richting. De winning bij Wierden en de winning bij Nijverdalen hebben duidelijk overlap in invloedsgebied.

Ten zuiden van Ypelo is de voedende werking van de infiltratievijver Dakhorst zichtbaar, rond Dakhorst treedt daardoor geen freatische verlaging op.

7.5 Effect Hoge Hexel 2013-2020

In bijlage 5 staan de verschil GxG's voor de drinkwaterwinning bij Hoge Hexel met een vergund debiet van 2,5 Mm³/jaar voor de periode 2013-2020. Ter plaatse van Wierdenseveld treedt er freatische verlaging op van rond de 5 centimeter als gevolg van het gecombineerde effect van de winningen van Hoge Hexel, Nijverdal en Holten.

7.6 Effect alle putten aan

In bijlage 5 staan de verschil GxG's voor het gecombineerde effect van alle onttrekkingen aan ten opzichte van de situatie met alle winningen uit. Hierbij is uitgegaan van vergund debiet voor de periode 2019-2020. Het winveld bij Dennenkamp is in gebruik voor deze periode. Het gecombineerde effect van de winningen geeft een iets grotere verlaging dan voorgaande scenario's.



Kenmerk

R001-1286191NJH-V04-hme-NL

Bijlage 1

Oordeel boringen

Boring	Oordeel leem of keileem
B28B0009	Ondiep leem, dieper keileem
B28B0011	Keileem
B28B0019	Keileem
B28B0031	Keileem
B28B0034	Keileem
B28B0102	Leem
B28B0156	Leem
B28B1197	Leem
B28C0042	Keileem
B28D0021	Keileem
B28D0022	Keileem
B28D0079	Keileem
B28D0084	Keileem
B28D0089	Keileem
B28D0137	Keileem
B28D0147	Keileem
B28D0183	Keileem
B28D0251	Ondiep leem, diep keileem
B28D0262	Leem
B28D1762	Keileem
B28D1763	Ondiep leem, diep keileem
B28G0095	Leem
B28D0206	Ondiep leem en dieper keileem
B28D0216	Ondiep leem en dieper keileem
B28D0217	Ondiep leem en dieper keileem
B28D0250	Leem
B28D0156	Ondiep leem en dieper keileem
B28D0145	Ondiep leem en dieper keileem
B28D0045	Ondiep leem en dieper keileem
B28D0070	Ondiep leem en dieper keileem
B28B1480	Keileem
B28B1387	Keileem
B28B0137	Keileem
B28B0148	Keileem
B28A0103	Leem ondiep en dieper keileem
B28B0008	Ondiep leem en dieper keileem
B28A0115	Keileem
B28A0116	Leem
B28B0015	Leem
B28B0016	Keileem
B28B0017	Keileem
B28B0022	Leem
B28B0023	Leem
B28B0024	Leem ondiep, keileem diep
B28B0025	Leem
B28B0026	Keileem
B28B0033	Keileem

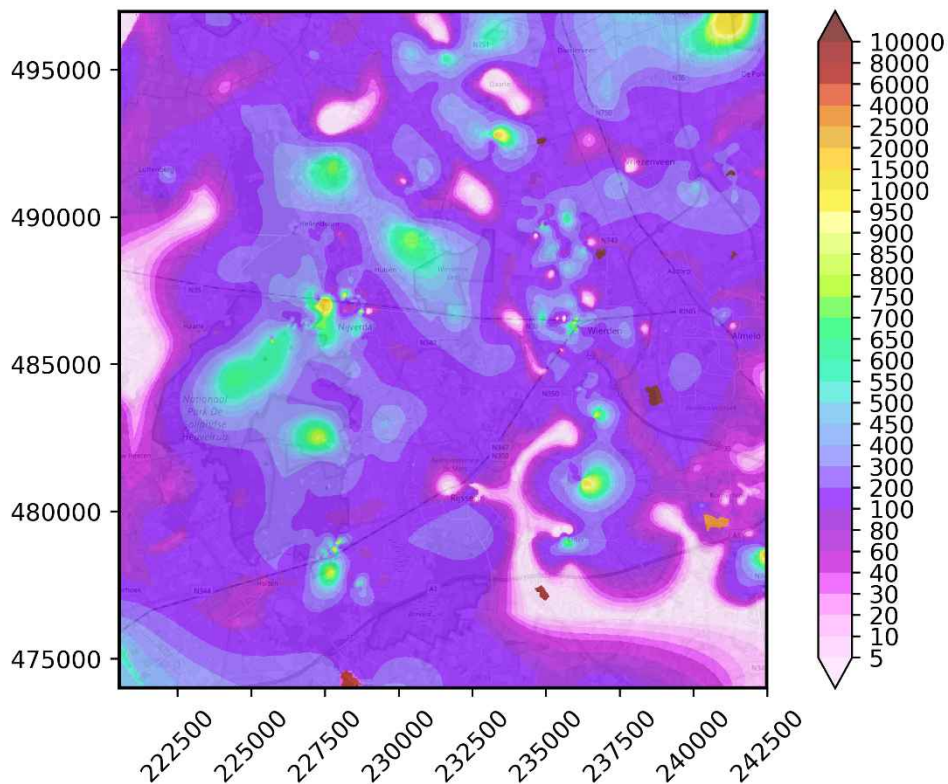
Boring	Oordeel leem of keileem
B28B0037	Leem ondiep, keileem diep
B28B0041	Keileem
B28B0096	Keileem
B28B0098	Keileem
B28B0103	Keileem
B28B0130	Leem ondiep, keileem diep
B28B0145	Leem
B28B0155	Leem
B28B0174	Keileem
B28B1481	Keileem
B28B1482	Keileem
B28B1483	Keileem
B28B1484	Keileem
B28B1485	Keileem
B28B1486	Keileem
B28B1487	Keileem
B28B1488	Keileem
B28B1489	Keileem
B28B1490	Keileem
B28B1491	Keileem
B28B1492	Keileem
B28B1493	Keileem
B28B1494	Keileem
B28B1498	Leem
B28B1499	Keileem
B28B1535	Leem
B28B1536	Leem
B28C0004	Leem
B28C0009	Leem
B28C0010	Keileem
B28C0012	Leem
B28C0013	Keileem
B28C0017	Ondiep leem en diep keileem
B28C0018	Leem
B28C0020	Keileem
B28C0021	Leem
B28C0023	Keileem
B28C0024	Leem
B28C0025	Keileem
B28C0039	Leem
B28C0145	Leem
B28C0149	Leem
B28C0151	Leem
B28C0156	Leem
B28C0163	Ondiep leem, keileem diep
B28C0196	Keileem
B28C0214	Keileem
B28C0216	Keileem

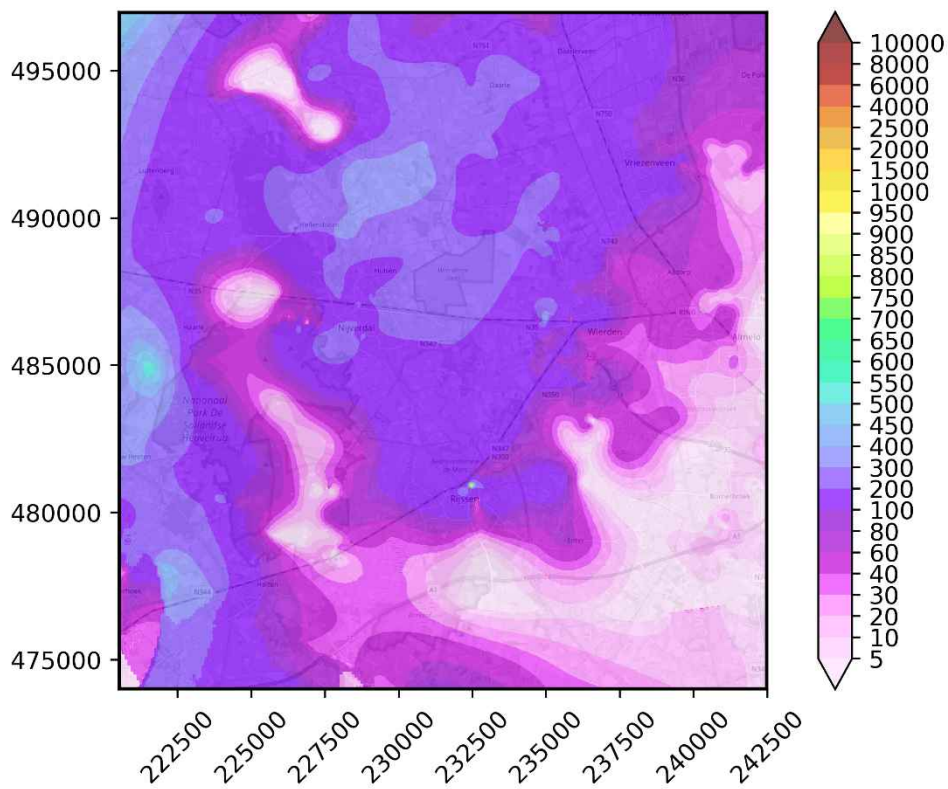
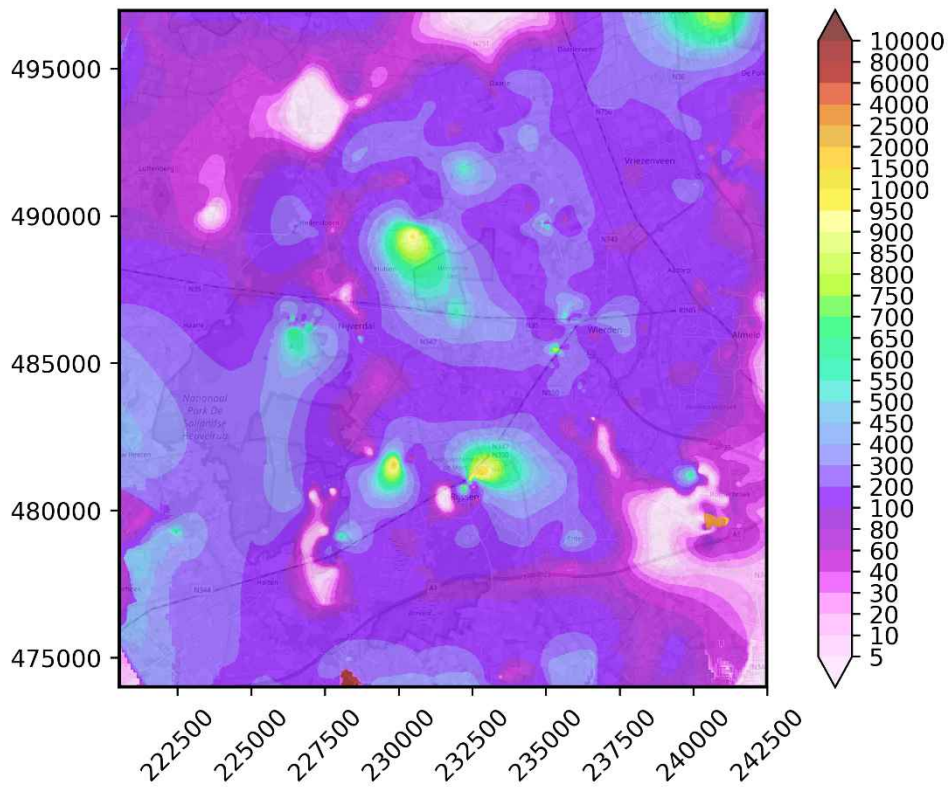
Boring	Oordeel leem of keileem
B28C0217	Keileem
B28C0219	Keileem
B28C0222	Leem
B28C0227	Keileem
B28C0229	Keileem
B28C0230	Leem
B28C0235	Keileem
B28C0654	Ondiep leem, keileem diep
B28D0028	Keileem
B28D0030	Leem
B28D0031	Leem
B28D0032	Leem
B28D0035	Keileem
B28D0037	Leem
B28D0038	Keileem
B28D0039	Leem
B28D0047	Leem
B28D0052	Keileem
B28D0053	Keileem
B28D0056	Keileem
B28D0057	Keileem
B28D0058	Keileem
B28D0105	Leem
B28D0129	Keileem
B28D0141	Keileem
B28D0146	Leem
B28D0147	Keileem
B28D0153	Keileem
B28D0159	Keileem
B28D0160	Keileem
B28D0161	Keileem
B28D0165	Ondiep leem, diep keileem
B28D0192	Leem
B28D0193	Leem
B28D0198	Keileem
B28D0199	Keileem
B28D0201	Keileem
B28D0210	Leem
B28D0211	Leem
B28D0215	Leem
B28D0219	Leem
B28D0256	Ondiep leem, diep keileem
B28D0433	Leem
B28D0434	Leem
B28D0435	Leem
B28D0443	Keileem
B28D0445	Keileem
B28D0451	Leem

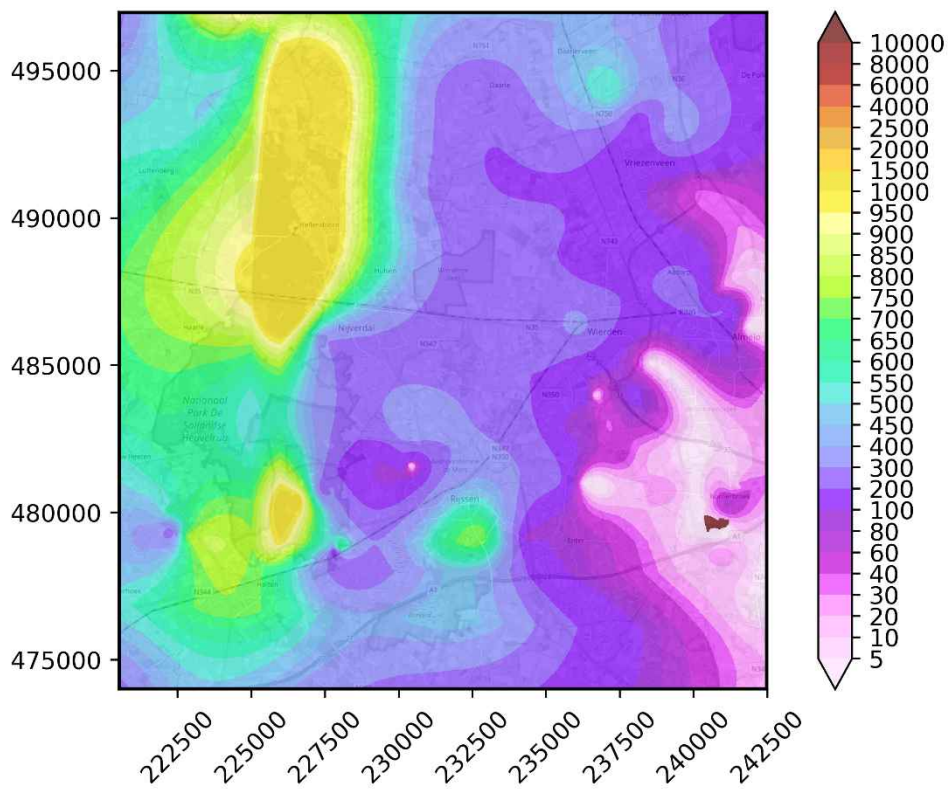
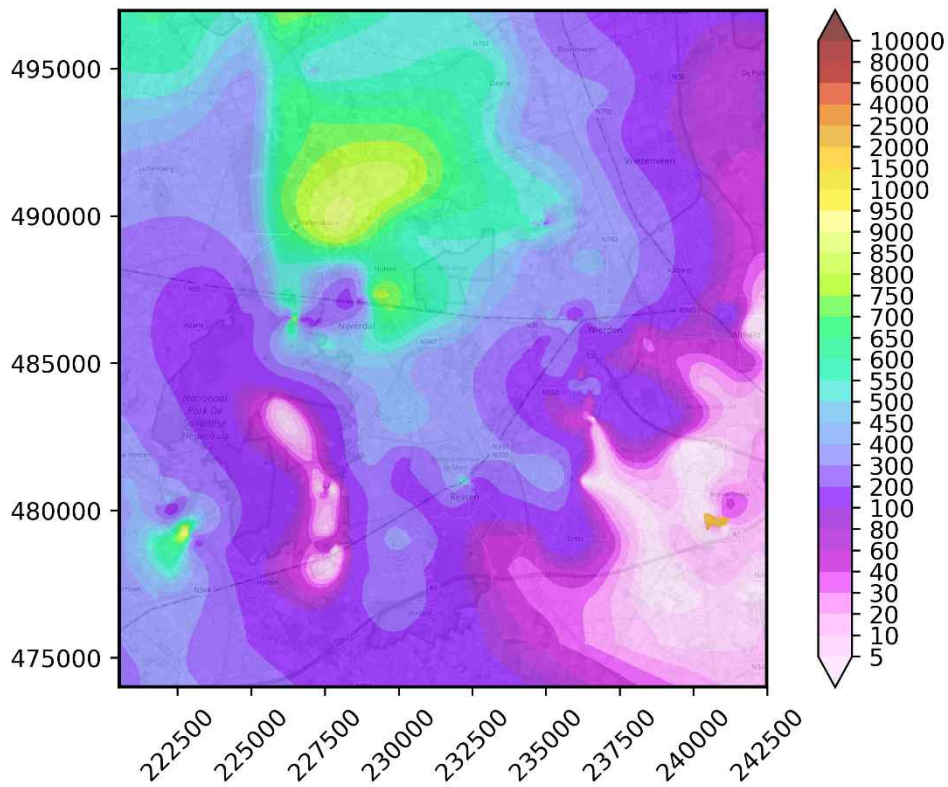
Boring	Oordeel leem of keileem
B28D0455	Keileem
B28D0466	Leem
B28D1634	Ondiep leem, diep keileem
B28D1636	Leem
B28D1638	Leem
B28D1645	Leem
B28D1648	Leem
B28D1651	Keileem
B28D1743	Leem
B28D1750	Keileem
B28D1751	Keileem
B28D1752	Keileem
B28D1754	Keileem
B28D1755	Keileem
B28D1756	Keileem
B28D1757	Keileem
B28D1758	Keileem
B28D1759	Keileem
B28D1760	Keileem
B28E0008	Leem
B28E0009	Leem
B28E0010	Leem
B28E0012	Keileem
B28E0014	Leem
B28E0016	Leem
B28E0093	Keileem
B28E0423	Leem
B28E0430	Keileem
B28E0490	Keileem
B28E0497	Leem
B28G0010	Leem
B28G0012	Leem
B28G0014	Keileem
B28G0015	Leem
B28G0025	Keileem
B28G0031	Leem
B28G0230	Keileem
B28G0235	Leem
B28G0254	Keileem
B28G0259	Leem

Bijlage 2

Kd5, kd6, kd7, kd8, kd9







Bijlage 3 Lagenmodel MIPWA 3 vs MIPWA 4

Number	Name	Modellaag Mipwa v4.0	Starting Head MIPWA v3	Starting Head MIPWA v4 250X250 modelrun
1	MV_ eenheid	1	Head_L1	Head_L1
2	Hlc_ jsselmeer	-1	Head_L1	Head_L1
3	Hlc_ veen	-1	Head_L1	Head_L1
4	Hlc_ TNO2007	-1	Head_L1	Head_L1
5	hlc	-1	Head_L1	Head_L1
6	bxz2	2	Head_L2	Head_L2
7	bxk1	-2	Head_L2	Head_L2
8	bxz3	3	Head_L2	Head_L3
9	bxk2	-3	Head_L2	Head_L3
10	bxz4	4	Head_L2	Head_L4
11	krz2	4	Head_L2	Head_L4
12	krk1	-4	Head_L2	Head_L4
13	krz3	5	Head_L3	Head_L5
14	wbv1	-5	Head_L3	Head_L5
15	eez1	6	Head_L3	Head_L6
16	eek1	-6	Head_L3	Head_L6
17	eez2	7	Head_L3	Head_L7
18	eek2	-7	Head_L3	Head_L7
19	eez3	8	Head_L3	Head_L8
20	krzuk1	-8	Head_L3	Head_L8
21	krz4	9	Head_L3	Head_L9
22	krtwk1	-9	Head_L3	Head_L9
23	krz5	10	Head_L3	Head_L10
24	drz1	10	Head_L3	Head_L10
25	DTC_VeluweZ1	10	Head_L3	Head_L10
26	druik1	-10	Head_L3	Head_L10
27	DTC_VeluweK1	-10	Head_L3	Head_L10
28	Drgik1_Veluwe	-10	Head_L3	Head_L10
29	drz2	11	Head_L4	Head_L11
30	Drz3_Veluwe	11	Head_L4	Head_L11
31	DTC_VeluweZ2	11	Head_L4	Head_L11
32	DRGik1_TNO2013	-11	Head_L4	Head_L11
33	drgik1	-11	Head_L4	Head_L11
34	DTC_VeluweK2	-11	Head_L4	Head_L11
35	drz3	12	Head_L5	Head_L12
36	DTC_VeluweZ3	12	Head_L5	Head_L12
37	drgik2	-12	Head_L5	Head_L12
38	DTC_VeluweK3	-12	Head_L5	Head_L12
39	DTC_grindbak	13	Head_L5	Head_L13
40	DTC_zand	13	Head_L5	Head_L13
41	DTC_VeluweZ4	13	Head_L5	Head_L13
42	DTC_kleibult	-13	Head_L5	Head_L13
43	DTC_VeluweK4	-13	Head_L5	Head_L13
44	DTC_glijvlak	-13	Head_L5	Head_L13
45	DTC_s1	13	Head_L5	Head_L13
46	DTC_s2	-13	Head_L5	Head_L13

47	dnz1	14	Head_L5	Head_L14
48	urz1	14	Head_L5	Head_L14
49	urk1	-14	Head_L5	Head_L14
50	urz2	15	Head_L5	Head_L15
51	urk2	-15	Head_L5	Head_L15
52	urz3	16	Head_L5	Head_L16
53	pez1	16	Head_L5	Head_L16
54	pek1	-16	Head_L5	Head_L16
55	PEz2_geul	17	Head_L5	Head_L17
56	pez2	17	Head_L5	Head_L17
57	PEk2_geul	-17	Head_L5	Head_L17
58	pek2	-17	Head_L5	Head_L17
59	PEz3_geul	18	Head_L6	Head_L18
60	pez3	18	Head_L6	Head_L18
61	urz4	19	Head_L6	Head_L19
62	urk3	-19	Head_L6	Head_L19
63	urz5	20	Head_L7	Head_L20
64	stz1	20	Head_L7	Head_L20
65	stk1	0	Head_L7	Head_L20
66	stz2	20	Head_L7	Head_L20
67	apz1	21	Head_L7	Head_L21
68	syz2	21	Head_L7	Head_L21
69	syz4	21	Head_L7	Head_L21
70	pzwaz1	21	Head_L7	Head_L21
71	wak1	-21	Head_L7	Head_L21
72	pzwaz2	22	Head_L8	Head_L22
73	wak2	-22	Head_L8	Head_L22
74	pzk1	-22	Head_L8	Head_L22
75	pzwaz3	23	Head_L8	Head_L23
76	wak3	0	Head_L8	Head_L23
77	PZc_zand	23	Head_L8	Head_L23
78	PZc_klei	-23	Head_L8	Head_L23
79	PZc_s1	23	Head_L8	Head_L23
80	PZc_s2	-23	Head_L8	Head_L23
81	pzwaz4	24	Head_L8	Head_L24
82	msz1	24	Head_L8	Head_L24
83	msk1	-24	Head_L8	Head_L24
84	msz2	25	Head_L9	Head_L25
85	msk2	-25	Head_L9	Head_L25
86	msz3	26	Head_L9	Head_L26
87	msc_s1	26	Head_L9	Head_L26
88	msc_s2	-26	Head_L9	Head_L26
89	msz4	27	Head_L9	Head_L27
90	ooz1	27	Head_L9	Head_L27
91	ook1	-27	Head_L9	Head_L27
92	ooz2	28	Head_L9	Head_L28
93	ooc_s1	28	Head_L9	Head_L28
94	ooc_s2	-28	Head_L9	Head_L28
95	brz1	29	Head_L9	Head_L29
96	brk1	-29	Head_L9	Head_L29

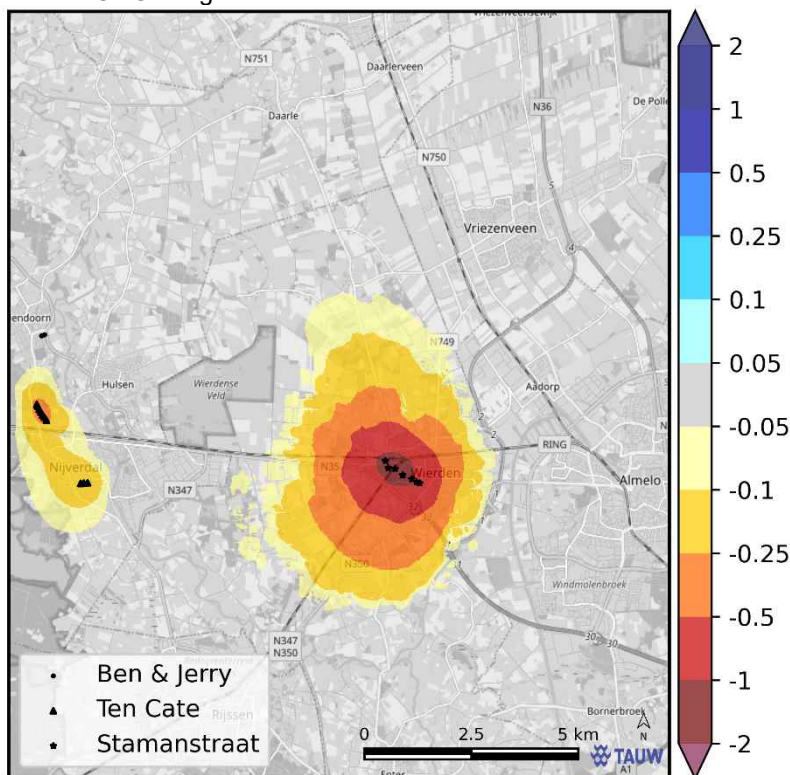
Bijlage 4 Lagenmodel MIPWA 4 modelgebied Wierden

2	Hlc_veen	Aquitard	0,22	-1	-1	1	1	0,00999
3	Hlc_TNO2007	Aquitard	3,92	-2	-1	1	1	0,85288
5	bzk1	Aquitard	1,42	-3	-2	1	1	0,00598
7	bzk2	Aquitard	0,63	-4	-3	1	1	0,00491
11	krzuk1	Aquitard	9,71	-7	-4	1	1	0,03071
13	krtwk1	Aquitard	4,67	-8	-5	1	1	0,00039
17	DRGik1_TNO201	Aquitard	26,22	-11	-6	1	1	0,02391
20	DTc_Glijvlak	Aquitard	22,52	-13	-7	1	1	0,03152
23	urk1	Aquitard	3,19	-15	-8	1	1	0,11827
35	PZc_klei	Aquitard	10,19	-26	-9	1	1	0,03588
40	ooc_s2	Complex	43,48	-30	-10	0,5	1	0,03311
42	brk1	Aquitard	100	-31	-11	1	1	0,002
43	ruk1	Aquitard	56,82	-32	-12	1	1	0,00021

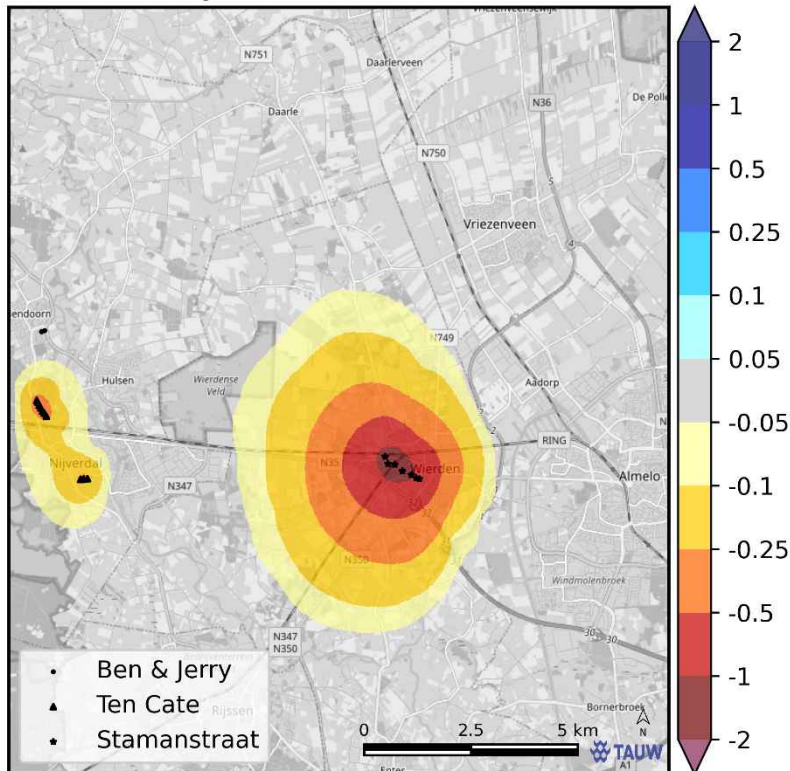
Bijlage 5 Scenarioberekeningen

Effect industrie 2013-2020

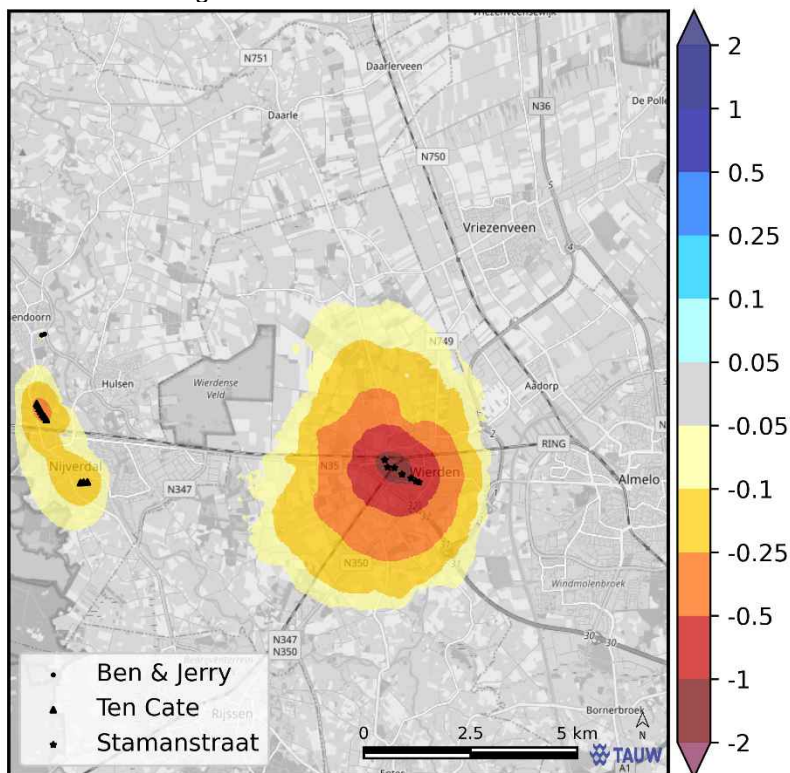
Verschil GHG Laag 1



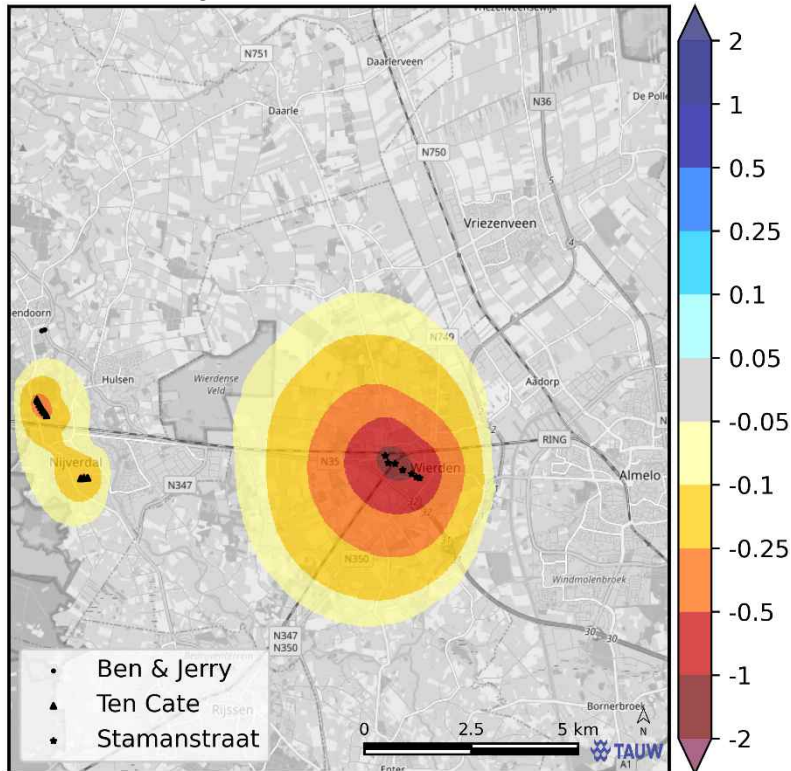
Verschil GHG Laag 8



Verschil GLG Laag 1

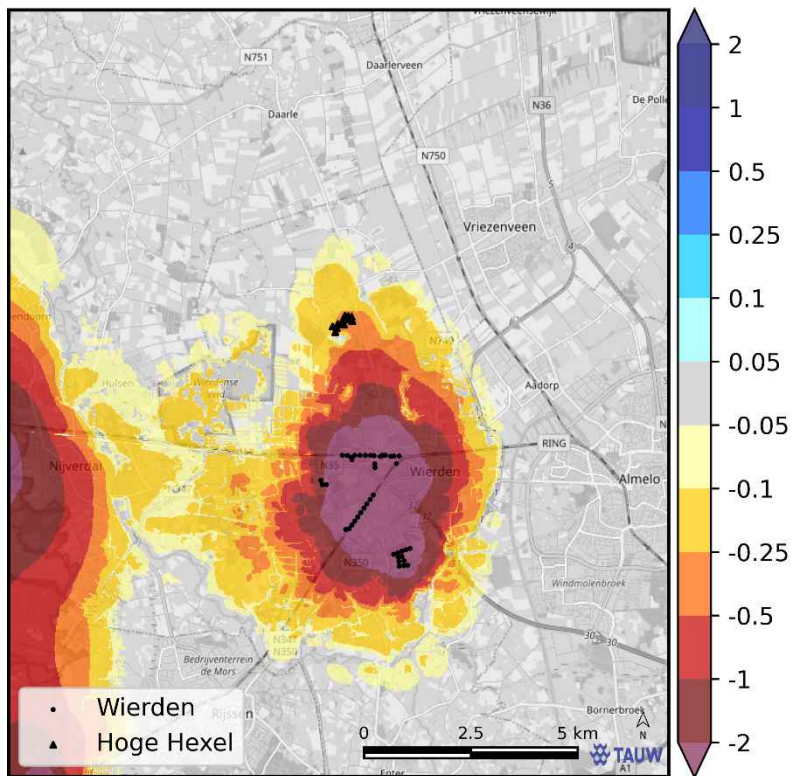


Vershil GLG Laag 8

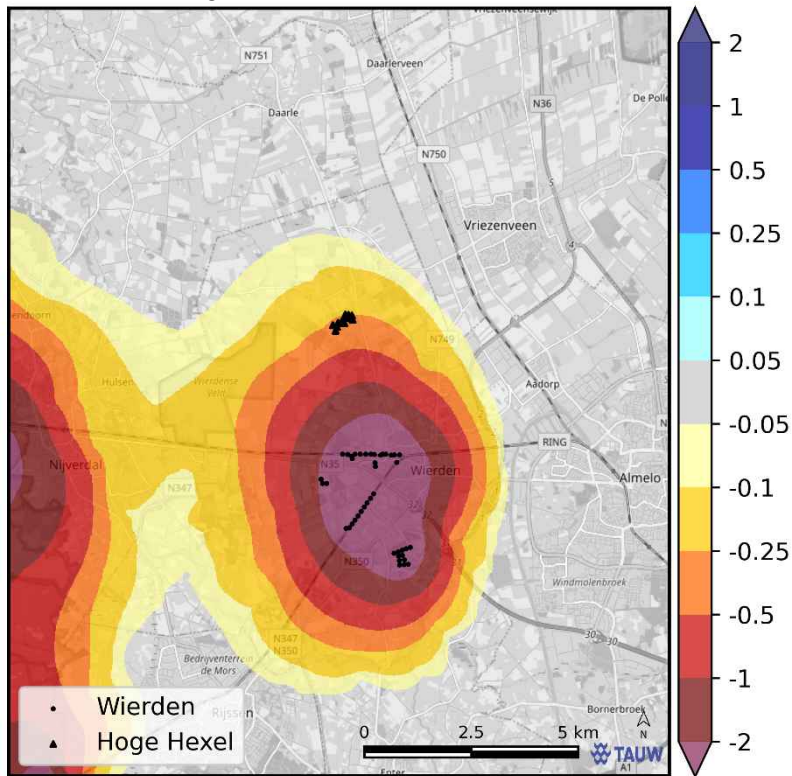


Effect Wierden 2013-2018

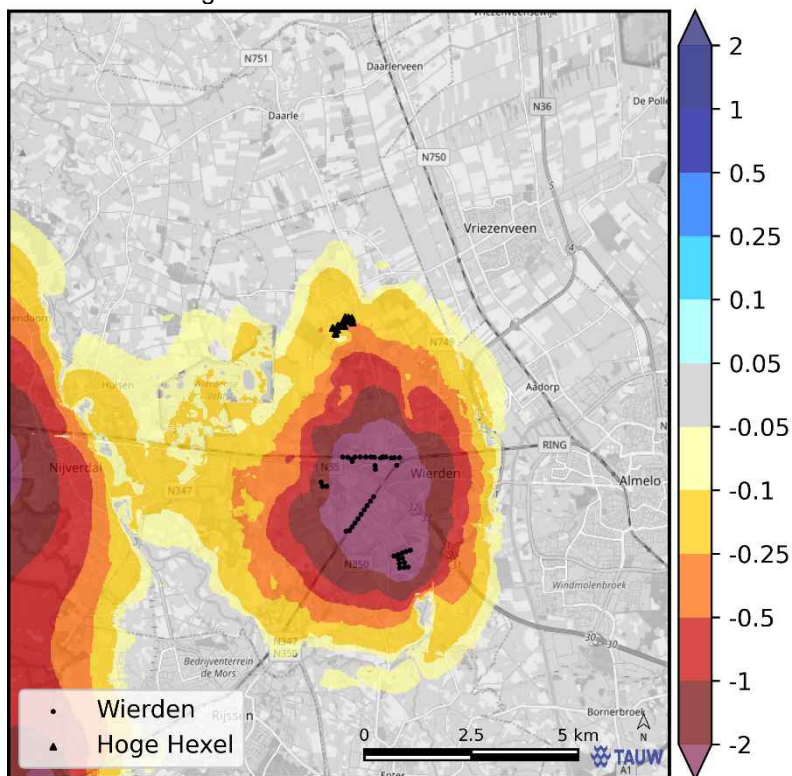
Verschil GHG Laag 1



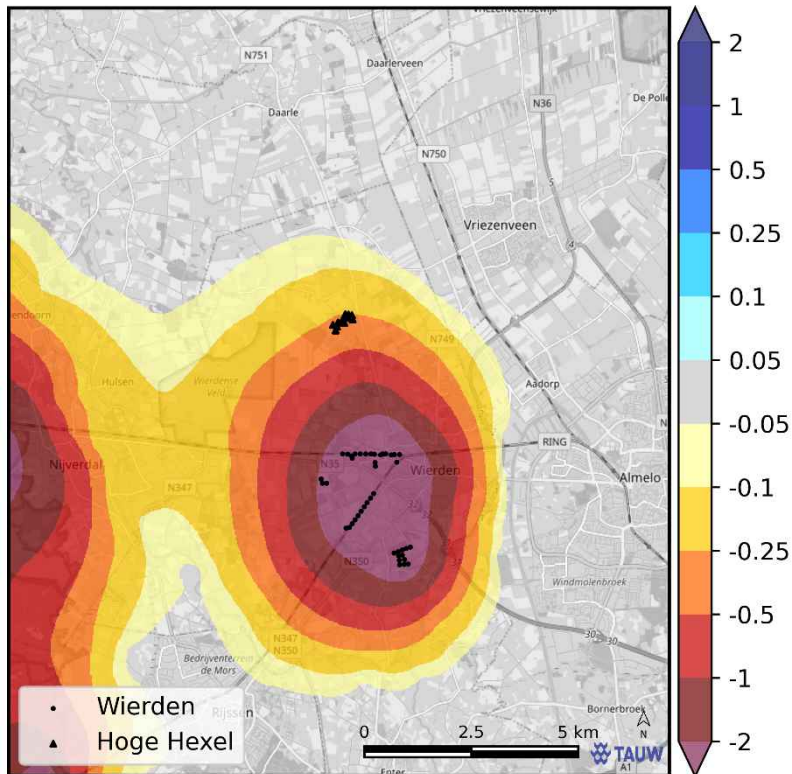
Verschil GHG Laag 8



Verschil GLG Laag 1

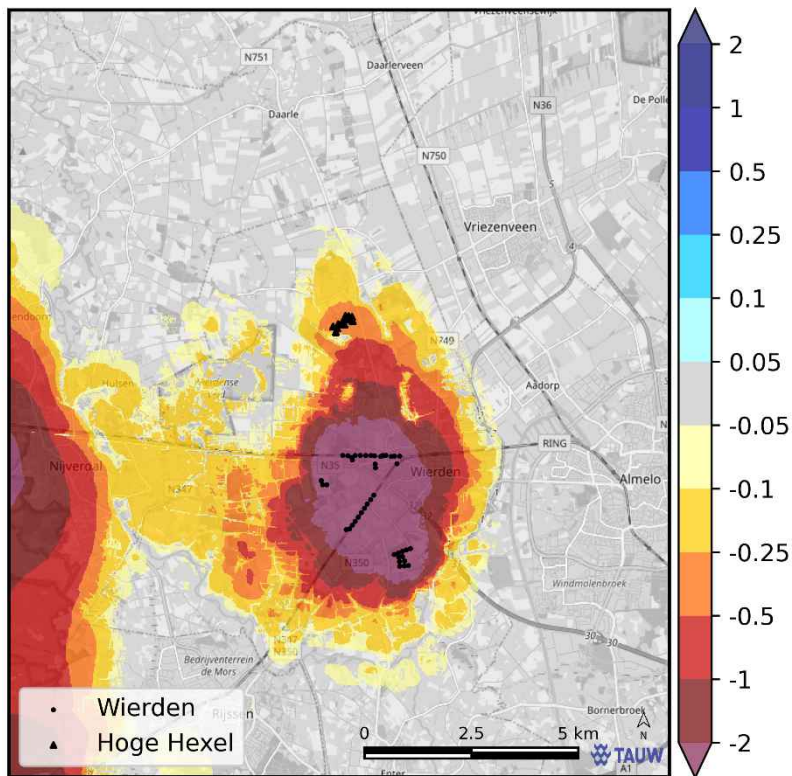


Verschil GLG Laag 8

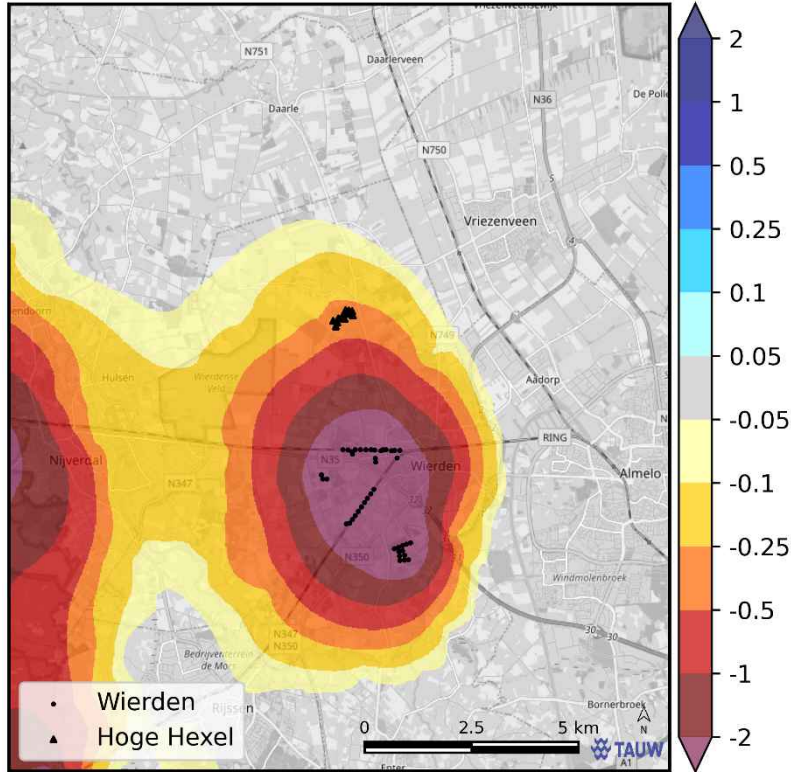


Effect Wierden 2019-2020

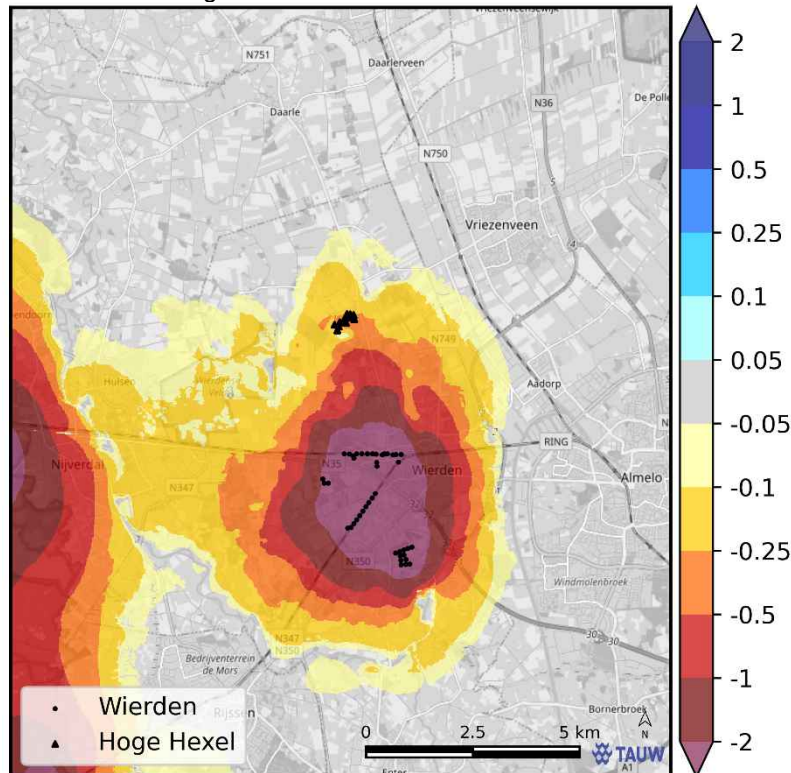
Vershil GHG Laag 1



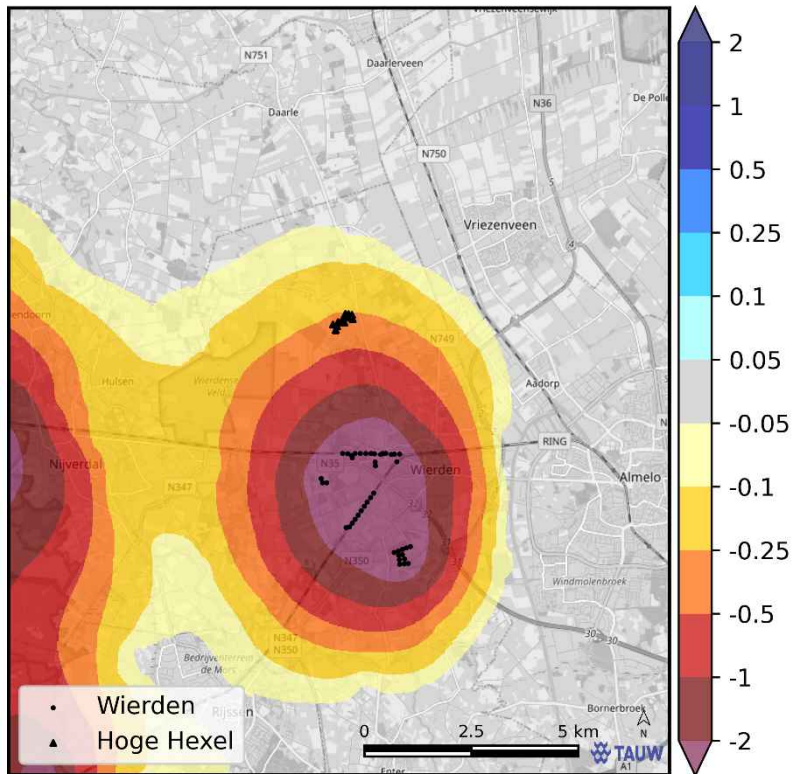
Verschil GHG Laag 8



Verschil GLG Laag 1

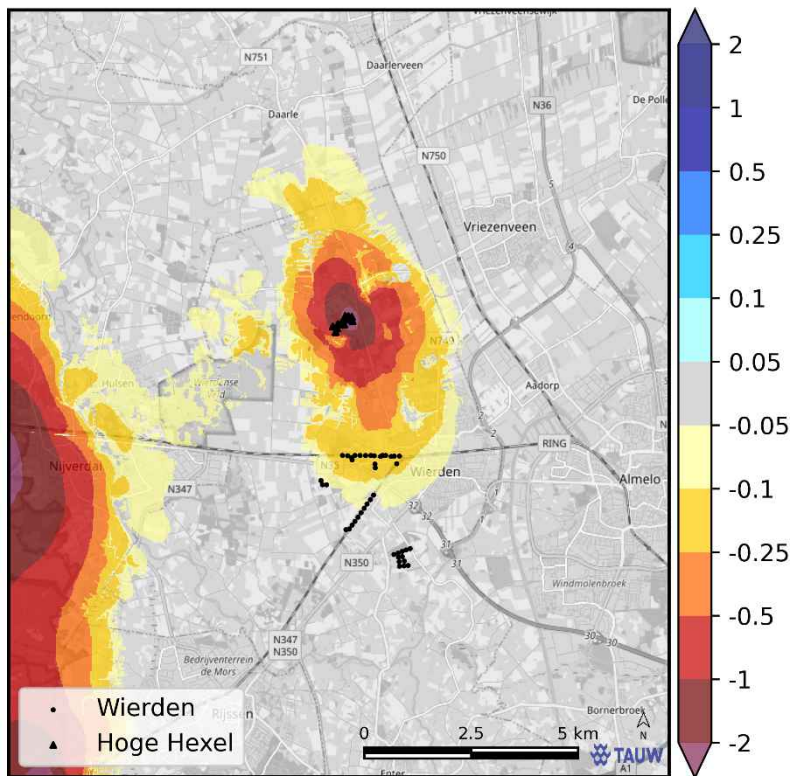


Verschil GLG Laag 8

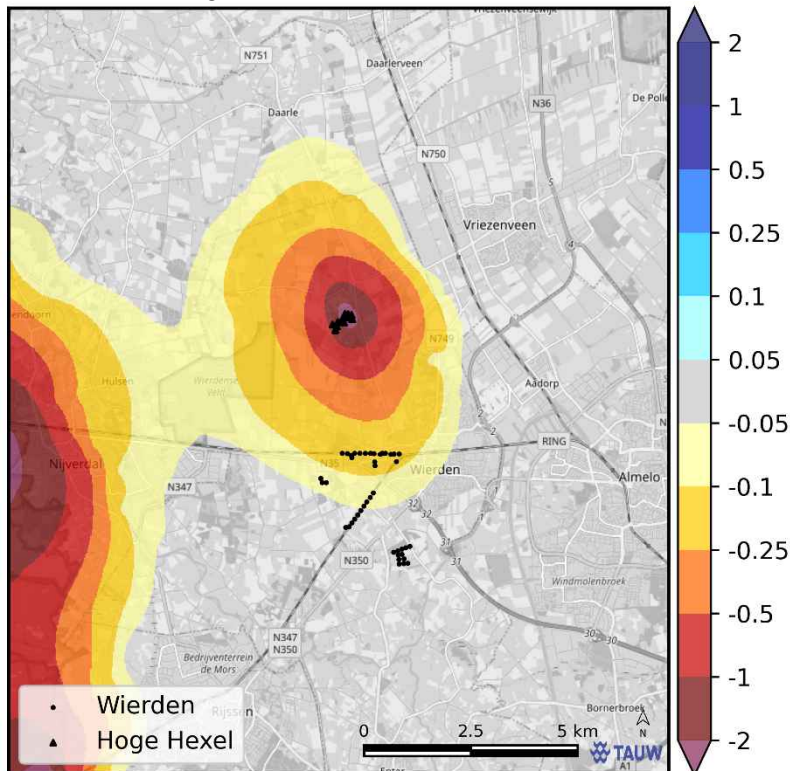


Effect Hoge Hexel 2013-2020:

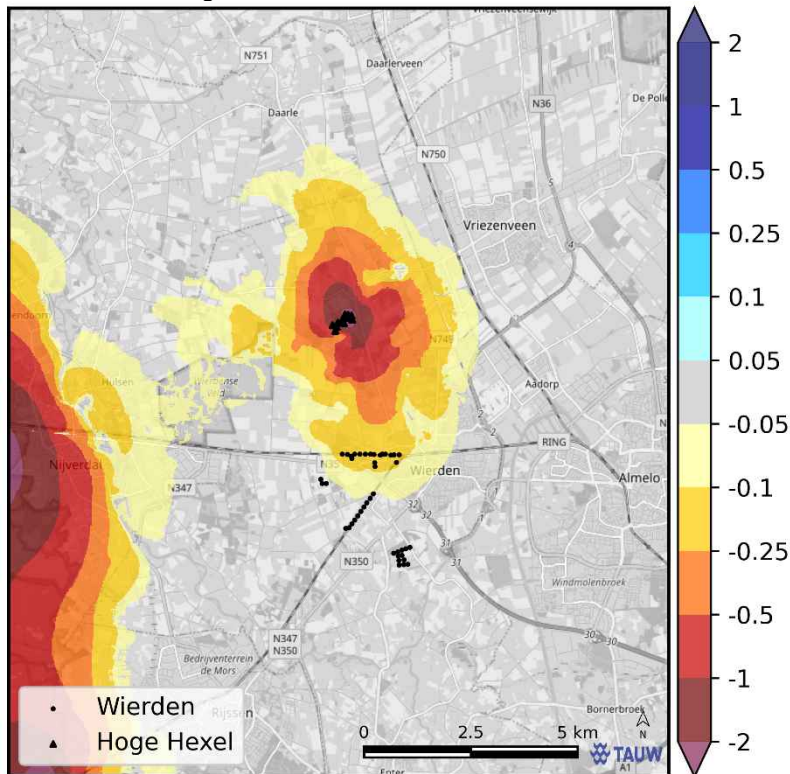
Verschil GHG Laag 1



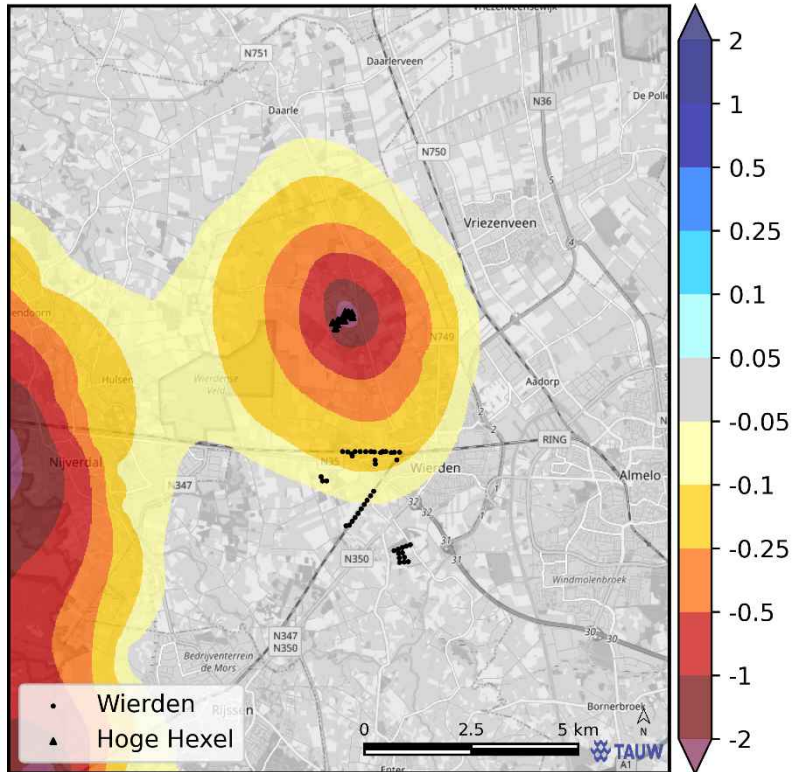
Verschil GHG Laag 8



Verschil GLG Laag 1

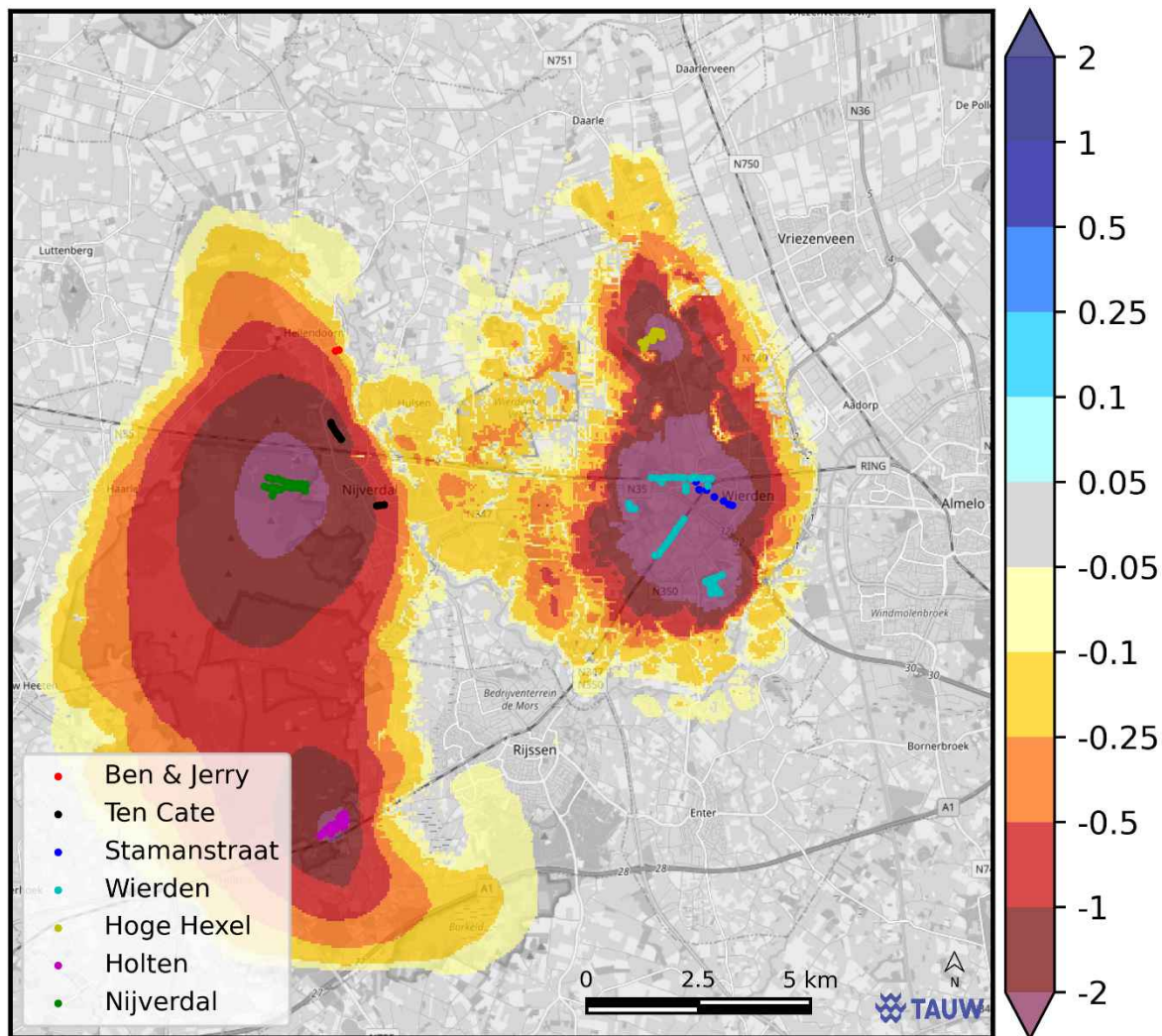


Verschil GLG Laag 8

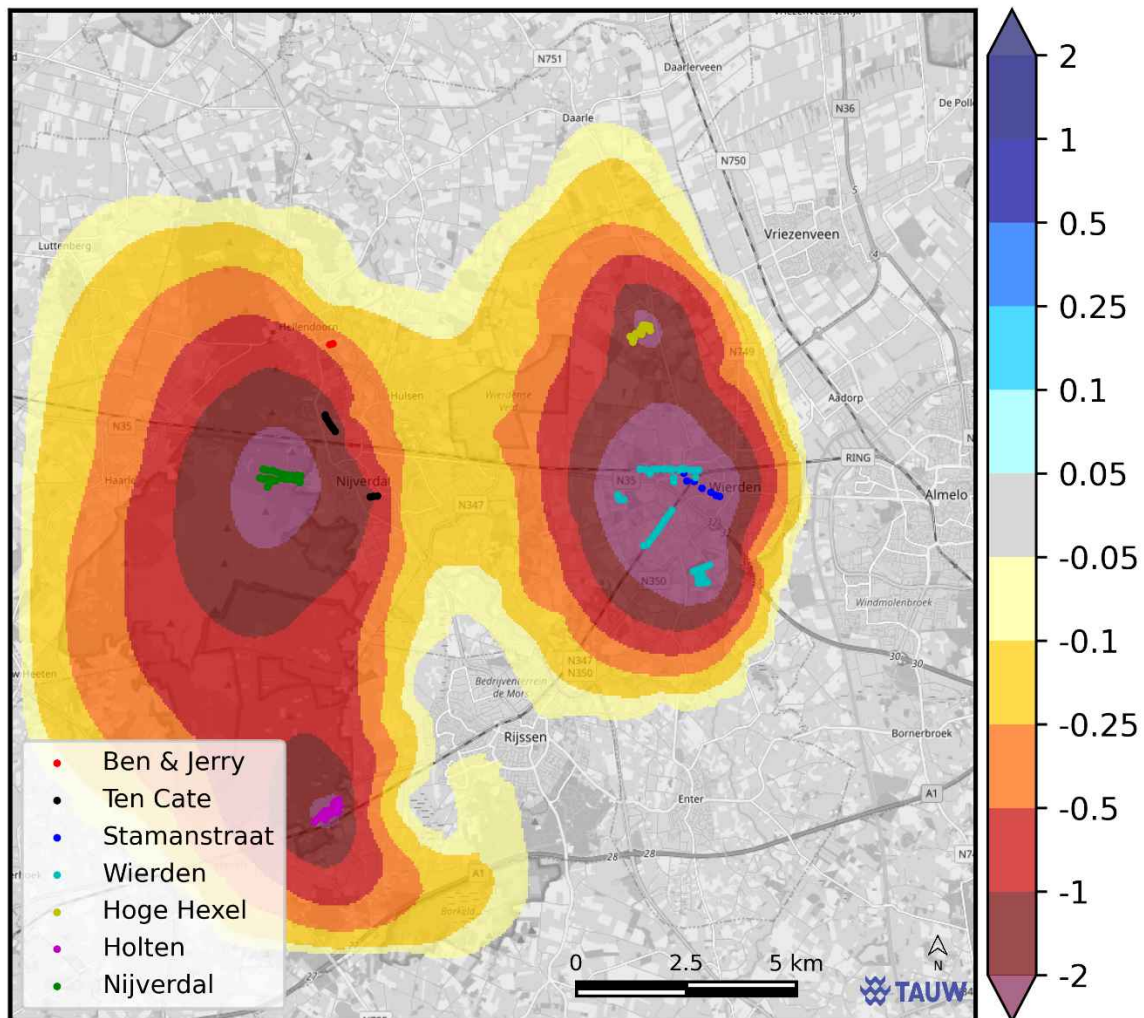


Gecombineerd effect van alle winningen

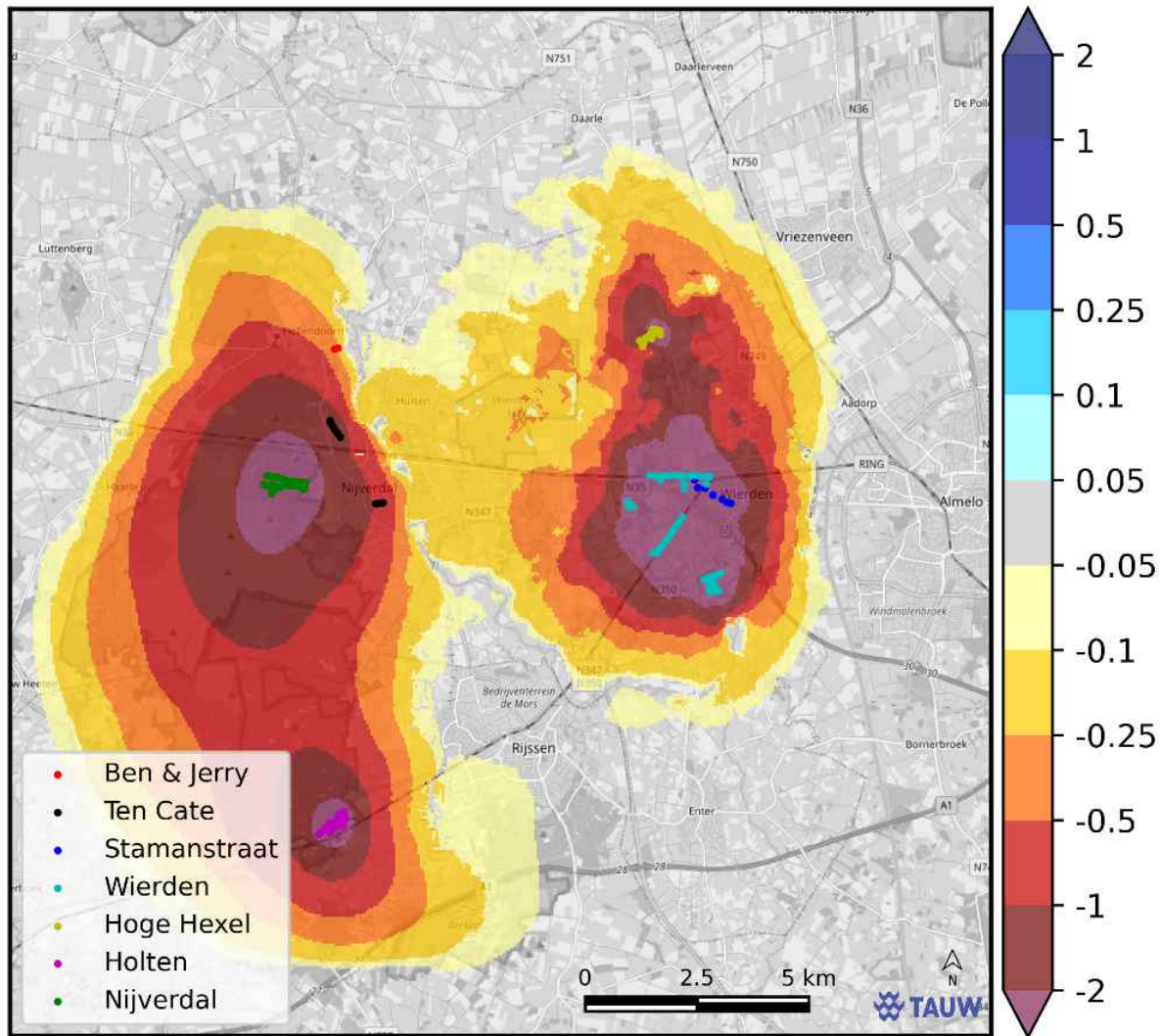
Verschil GHG L1



Vershil GHG L8



Verschil GLG L1



Verschil GLG L8

