

Hydrologische effectberekeningen PAS-maatregelen Lemselermaten

19 februari 2019

Hydrologische effectberekeningen PAS-maatregelen Lemselermaten

Verantwoording

Titel	Hydrologische effectberekeningen PAS-maatregelen Lemselermaten
Opdrachtgever	Gemeente Dinkelland
Projectleider	Hans Notkamp
Auteur(s)	Margrietha Bor, Hans van Gulp, Gerben Willems, Willem Capel
Projectnummer	1244201
Aantal pagina's	79 (exclusief bijlagen)
Datum	19 februari 2019
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
BU Leefomgeving
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
Telefoon +31 30 28 24 82 4

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Inhoud

Verantwoording en colofon	5
1 Inleiding.....	9
2 Modelaanpassingen	10
2.1 MIPWA3.0	10
2.2 MetaSWAP-versie	11
2.3 Lagenmodel.....	11
2.3.1 Modellaag 1.....	16
2.3.1 Modellaag 2.....	21
2.3.2 Modellaag 3 en 4.....	24
2.3.3 Modellagen 5 t/m 9.....	28
2.4 Oppervlaktewater	30
2.4.1 Leggerwatergangen	30
2.4.2 Top10-watergangen	33
2.5 Buisdrainage	36
2.6 Overlandflow/inundatie.....	37
2.7 Onttrekkingen	41
2.8 Verlenging model	42
2.9 IJkset	42
3 Kalibratie	45
3.1 Bandbreedte kalibratie	45
3.2 Stationaire kalibratie 1.....	46
3.2.1 Gevoeligheden	46
3.2.2 Correlaties	47
3.2.3 Resultaten	47
3.2.4 Conclusies.....	51
3.3 Controles na stationaire kalibratie 1	52
3.3.1 Grondwateraanvulling	52
3.3.2 Controle peil watergangen	53
3.3.3 Vastzetten parameters kalibratie.....	53
3.4 Stationaire kalibratie II.....	53
3.4.1 Gevoeligheden	53
3.4.2 Correlatie	54
3.4.3 Resultaten	55
3.4.4 Conclusies.....	58

3.5	Instationaire kalibratie	59
3.5.1	Gevoeligheden	59
3.5.2	Correlaties	59
3.5.3	Resultaten	60
3.5.4	Kalibratieresultaat.....	64
4	Performance eindmodel	66
4.1	Residuen	66
4.2	Berekende grondwaterstanden	69
4.3	Tijdstijghoogtelijnen	71
4.4	Kwel- en infiltratiefluxen	72
4.5	Stroombanen	72
4.6	Conclusie performance	73
5	Effectmodel	75
5.1	Berekende grondwaterstanden	76
5.2	Kwel- en infiltratiefluxen	78
5.3	Stroombanen	78

Bijlage(n)

- 1 Plan van aanpak aanpassing lagenmodel
- 2 Dikte van klei-/leemlaag
- 3 Doorsnijding klei-/leemlaag
- 4 Kaarten waterlopen
- 5 IJkset
- 6 Tijdstijghoogtelijnen
- 7 Residu
- 8 Bandbreedte kalibratie

1 Inleiding

Voor het N2000-gebied Lemselermaten (zie figuur 1.1) zijn in het kader van PAS (Programmatische Aanpak Stikstof) hydrologische maatregelen noodzakelijk om instandhoudingsdoelen en uitbreidingsopgave te kunnen realiseren. Om de effecten van deze maatregelen op de omgeving en de natuur in Lemselermaten dienen hydrologische berekeningen uitgevoerd te worden. Daar is een grondwatermodel voor nodig. Daarnaast is een grondwatermodel nodig om een optimaal maatregelenpakket samen te stellen dat voldoet aan de eisen voor natuur en waarbij zo min mogelijk omgevingseffecten optreden. Bij de start van dit project was er geen geschikt model voor handen. Daarom is het best beschikbare grondwatermodel aangepast. In dit rapport zijn de aanpassingen en de performance van het aangepaste model beschreven.



Figuur 1.1 Locatie Lemselermaten

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de aanpassingen van het model beschreven. In hoofdstuk 3 is een beschrijving van de kalibratie van het model opgenomen. In hoofdstuk 4 is de performance van het gekalibreerde eindmodel beschreven. De vervolgstap is het uitvoeren van de effectberekeningen om de hydrologische effecten in beeld te brengen op landbouw, woningen en natuur. In hoofdstuk 5 is het uitgangsmodel voor deze effectberekeningen (effectmodel) beschreven.

2 Modelaanpassingen

Er is gekozen om het model MIPWA3.0 verder te optimaliseren. Reden hiervoor is onder andere de schematisatie van de ondergrond die in MIPWA3.0 komt beter overeen met de boringen en andere gegevens van de ondergrond dan WRD2014. De volledige onderbouwing voor het kiezen van MIPWA3.0 is opgenomen in bijlage 1.

Het WRD2014¹ is een grondwatermodel van het beheersgebied van het voormalige waterschap Regge en Dinkel en is in 2014 opgeleverd. MIPWA3.0² is een grondwatermodel van heel noord Nederland. Het gebruikte model was nog niet officieel opgeleverd en is niet gekalibreerd.

2.1 MIPWA3.0

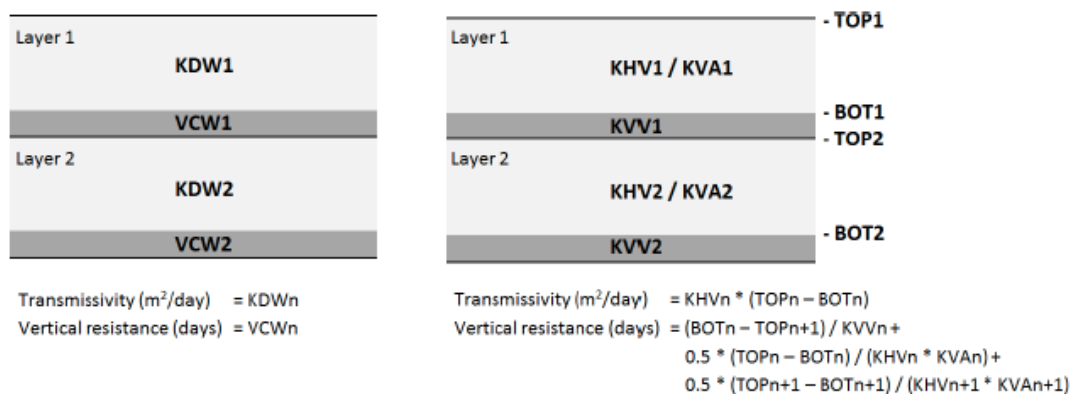
Een verschil tussen WRD2014 en MIPWA3.0 is dat MIPWA3.0 gebruikt maakt van doorlatendheden in combinatie met tops en bottoms van lagen in plaats kD- en C-waarden. MIPWA3.0 heeft een horizontale doorlatendheid (khv) voor watervoerende lagen en een kvv (verticale doorlatendheid) voor weerstand biedende lagen. Daarnaast is er nog een factor voor verticale anisotropie (kva). In figuur 2.1 is weergegeven hoe de kD en de C-waarden worden berekend. Uit dit figuur blijkt dat de weerstand als gevolg van verticale anisotropie bij de C-waarde wordt opgeteld en dat deze afhankelijk is van de khv. Omdat er dus een onderling verband is, is vanuit praktisch oogpunt besloten om het model aan te passen met kD- en C-waarden. In eerste instantie was het plan om de kD- en C-waarden na de aanpassing van het model terug te rekenen naar khv, kvv en kva's. Het is echter gebleken dat wanneer MIPWA3.0 gerund wordt op een andere schaal dan 25 bij 25 m er kD- en C-waarden worden berekend (door middel van doorlatendheden en tops en bottoms) die significant afwijken van die bij schaal 25 bij 25 m. Dit resulteert dan ook in significant andere berekende stijghoogten. Daarom is besloten om niet meer terug te rekenen naar doorlatendheden.

¹ Tauw, Aanpassing stationair WRD2012-grondwatermodel, kenmerk R001-1216684BMP-kzo-V04-NL, d.d. 12 februari 2014

Tauw, Aanpassing instationair WRD2012-grondwatermodel kenmerk R001-1221210BMP-kzo-V02-NL, d.d. 11 mei 2015

² Deltares, MIPWA 3.0 actualisatie fase 1 – Lagenmodel, kenmerk 1210383-000-BGS-0013-v1.0, d.d. 4 januari 2016

Deltares, MIPWA 3.0 actualisatie fase 2 - Topsysteem en overige modelparameters, kenmerk 1210869-000-BGS-0006-v0.91, d.d. 7 oktober 2016



Figuur 2.1 Berekening kD- en C-waarden (bron: iMOD User Manual V3.4³)

2.2 MetaSWAP-versie

MIPWA3.0 maakt gebruik van iMOD versie 3.4, deze iMOD versie rekent met metaswap versie 7.3.1. Gekozen is om gebruik te maken van een oudere versie van MetaSWAP. Gekozen is voor metaSWAP versie 7.2.15 in iMOD versie v2.6.27. Deze versie wordt ook gebruikt voor WRD2014 model. De reden hiervoor is dat de ervaringen met de uitkomsten van deze MetaSWAP-versie in stedelijk gebied beter zijn dan de nieuwere versie.

2.3 Lagenmodel

Het grondwatermodel is opgebouwd uit meerdere modellagen. De modellagen beschrijven de watervoerende pakketten en zijn afgestemd op de aanwezige geologische formaties (volgens REGIS 2.1). Scheidende lagen bevinden zich tussen de modellagen.

³ <http://oss.deltares.nl/web/imod>

Als eerste zijn op basis van de boorbeschrijvingen nieuwe tops en bottoms voor de ondiepe modellagen 1 en 2 gemaakt. De lokale bodemopbouw is gewijzigd op basis van de volgende verzamelde gegevens:

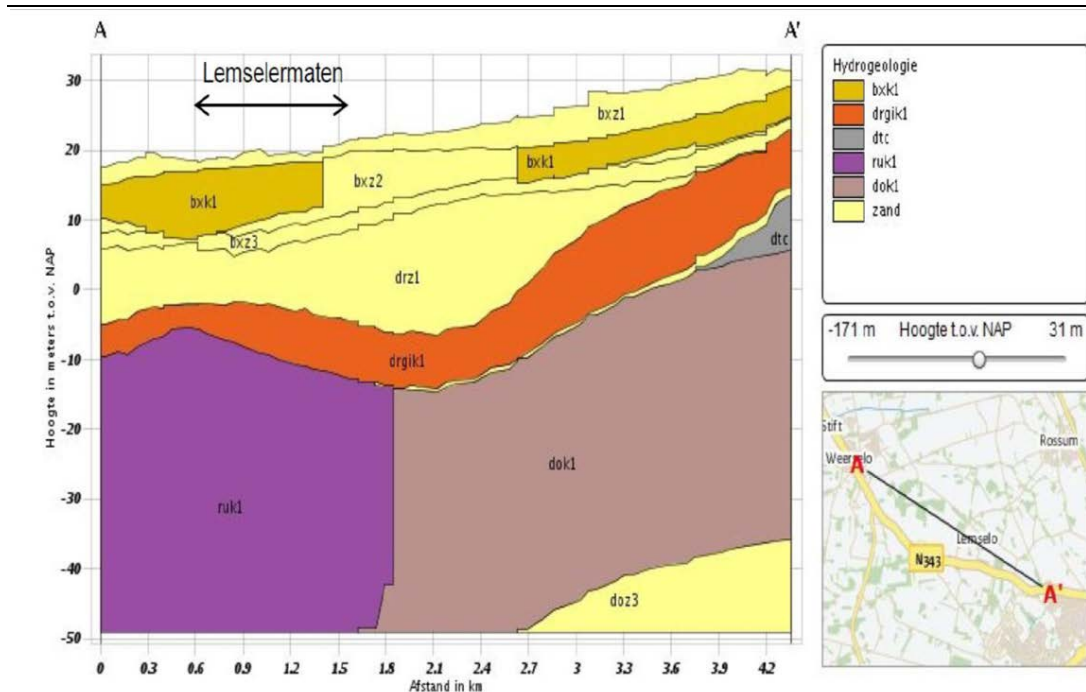
- Boringen uit Dinoloket
- Boringen gedaan door Unie van Bosgroepen, LESA, 1 d.d. 2 juni 2017
- Stiboka, De bodemgesteldheid van het waterwingebied Weerselo, Rapportnr. 896, d.d. april 1971. Bodemkaart is 1:5.000. Uit dit rapport is de onderzijde van modellaag 2 afgeleid
- Boorbeschrijvingen van Bell Hullenaar⁴

Voor elke boring zijn de NAP-hoogten van de lagen corresponderend met de modellagen bepaald, waarna tussen deze punten is geïnterpoleerd. Voor de diepere lagen zijn de tops en bottoms van MIPWA3.0 gebruikt. Nadat het lagenmodel is aangepast, zijn de kD's (doorlaatvermogens van modellagen) en c's (weerstand tussen modellagen) aangepast. Voor de modellagen waaronder geen duidelijk scheidende laag voorkomt, bestaat de C-waarde alleen uit de verticale weerstand in de modellagen. In tabel 2.1 is een samenvatting opgenomen welke bronnen hiervoor zijn gebruikt. In de tabel is tevens aangeduid om welke formaties het gaat. In Figuur 2.2 is een doorsnede opgenomen uit Regis 2.1 waarin de formaties zijn weergegeven.

Tabel 2.1 Mapping MIPWA3.0 en gebruikte gegevens voor aanpassing lagenmodel

Modellaag	Geohydrologische eenheid	Gebruikte gegevens voor aanpassingen
kD1	Deklaag	Bodemkaart
C1	Deklaag	Bodemkaart
kD2	Formatie van Boxtel (bxz1)	Boringen Aequator
C2	Formatie van Boxtel (bxk1)	Verschillende boorbeschrijvingen
Kd3	Formatie van Boxtel (bxz2)	Overgenomen uit WRD2014
C3	Niet van toepassing	Niet aangepast, met uitzondering van smoothing
kD4	Formatie van Boxtel (bxz3) & Formatie van Drenthe (drz1)	Overgenomen uit WRD2014
C4	Formatie van Drenthe (druik1 & drgik1)	Verschillende boorbeschrijvingen en TNO-rapportage, deels overgenomen uit WRD2014
kD5	Formatie van Drenthe, Dongen, Breda en Oosterhout (Drz3, doz1, brz1, ooz1, ooz2, ooz3)	Niet aangepast, met uitzondering van smoothing
C5 t/m 8	nvt	Niet aangepast, met uitzondering van smoothing
kD6 t/m 9	nvt	Niet aangepast, met uitzondering van smoothing
Hydrologische basis	Formatie van Breda, dongen en Rupel (Brk1, dok1, ruk1)	Niet aangepast, met uitzondering van smoothing

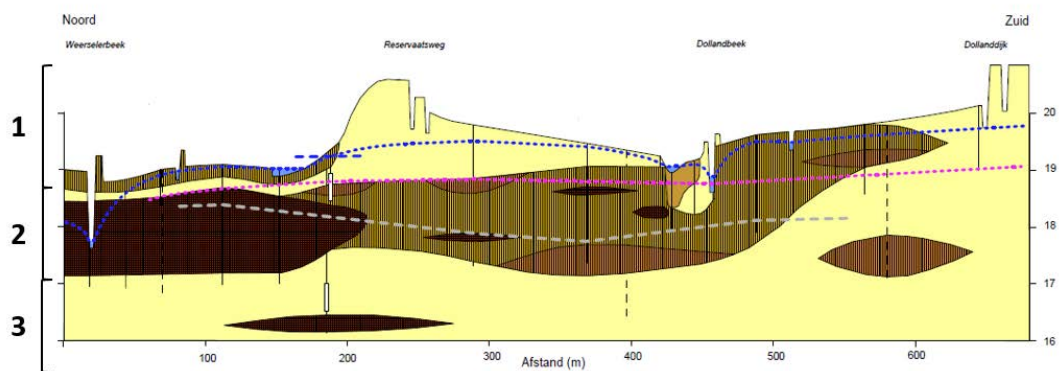
⁴ Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau, Ecohydrologische systeemanalyse Lemselermaten, mei 2015.



Figuur 2.2 Dwarsdoorsnede lemselermaten gebaseerd op Regis 2.1

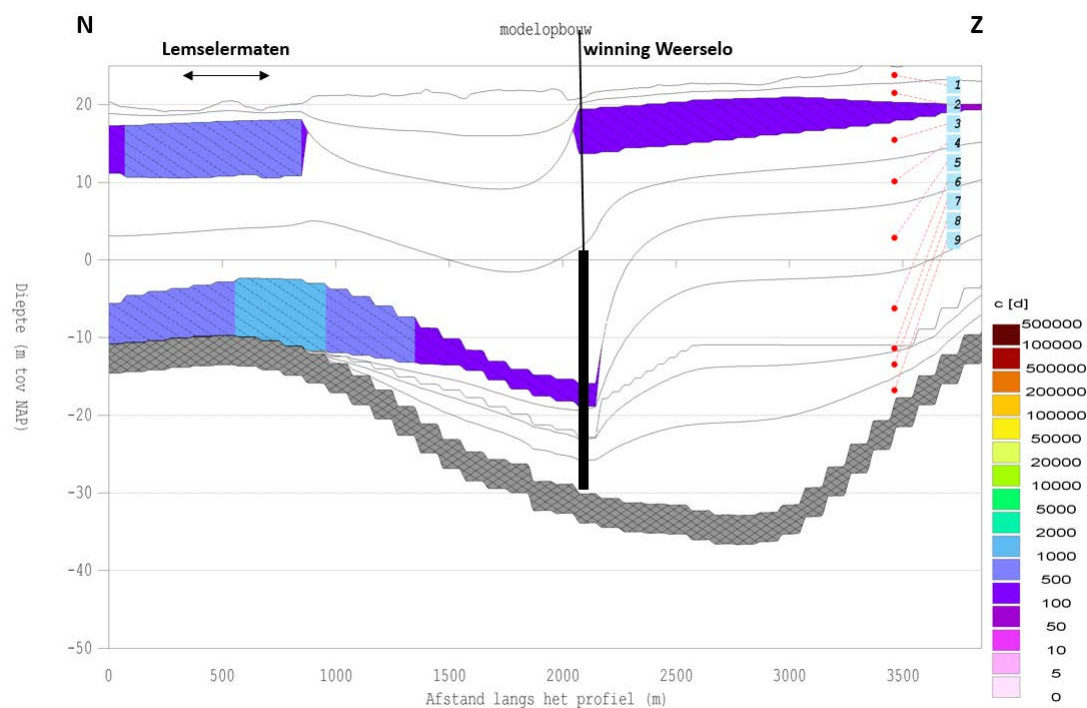
In figuur 2.3, de dwarsdoorsnede van Hullenaar⁵, is aangegeven hoe de bodemopbouw de verdeling in modellagen bepaalt. In modellaag 1 is het bovenste laagje opgenomen, bestaande uit lemig zand. Op sommige locaties zoals bij de Dollandbeek is deze laag niet duidelijk aanwezig. Modellaag 2 bestaat uit de zandlaag met hieronder en de leemlaag (of sterk lemig zand) die valt onder de Formatie van Boxtel (bxxk1). De onderliggende modellagen 3 en 4 behoren ook nog tot de Formatie van Boxtel. Er is in deze lagen geen duidelijke scheidende laag, maar deze lagen zijn wel lemig en er komen leem/kleilenzelen voor.

⁵ Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau, Ecohydrologische systeemanalyse Lemselermaten, mei 2015.

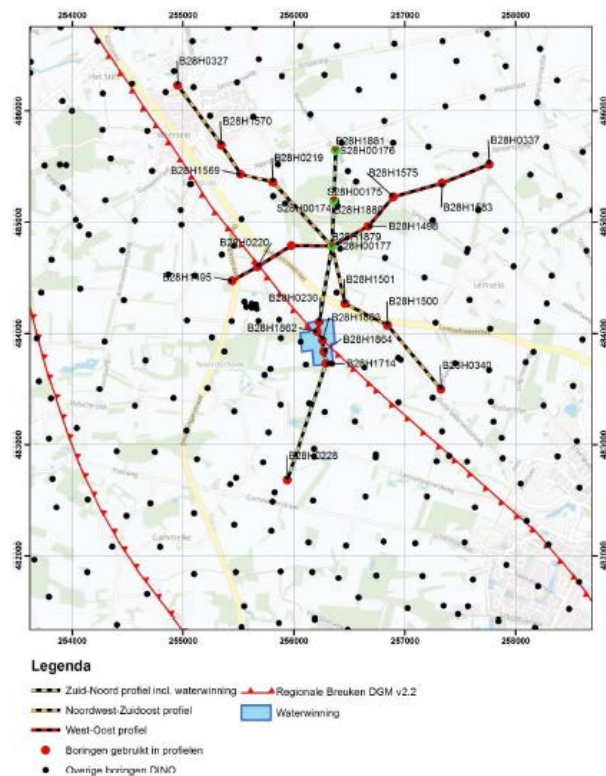


Figuur 2.3 Dwarsdoorsnede lemselermaten (bron: hullenaar) en verdeling in modellagen.

Figuur 2.4 toont de diepere lagenopbouw in MIPWA3.0. Op circa -10 m NAP is een scheidende laag te zien. Dit is de keileemlaag die behoort tot de Formatie van Drenthe. Het is onduidelijk tot hoever deze laag zuidelijk doorloopt en of deze ter plaatse van de winning Weerselo nog voorkomt. In paragraaf 2.3.3. is gedetailleerd gekeken naar de verspreiding van de keileemlaag. In paragraaf 2.3.4. is gekeken naar de verspreiding van de slenk. Figuur 2.5 toont de vermoedelijke locatie van deze slenk. Voor meer informatie over de geologie en het lagenmodel van Lemselermaten wordt verwezen naar bijlage 1.



Figuur 2.4 Dwarsdoorsnede MIPWA3.0 Noord-Zuid (ligging profiel in figuur 2.6)



Figuur 2.5 Ligging breuk volgen DGM v2.2 (bron:TNO⁶)

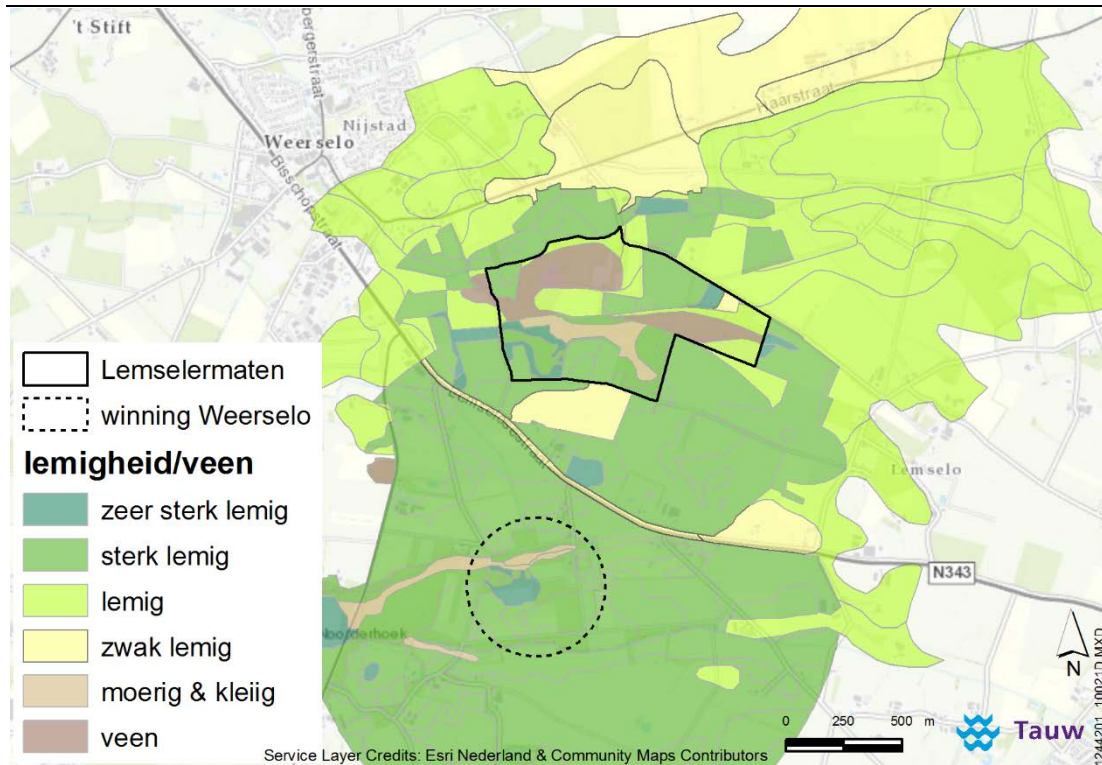
2.3.1 Modellaag 1

Om de kD- en C-waarden van modellaag 1 te bepalen is een bodemkaart samengesteld gebaseerd op de volgende bodemkaarten:

- Bodemkaart van de Unie van Bosgroepen (LESA, d.d. 2 juni 2017 pagina 44)
- Stiboka, De bodemgesteldheid van het waterwingebied Weerselo, Rapportnr. 896, d.d. april 1971. Bodemkaart 1:5.000.
- Alterra, De Bodemkaart van Nederland Schaal 1:50.000

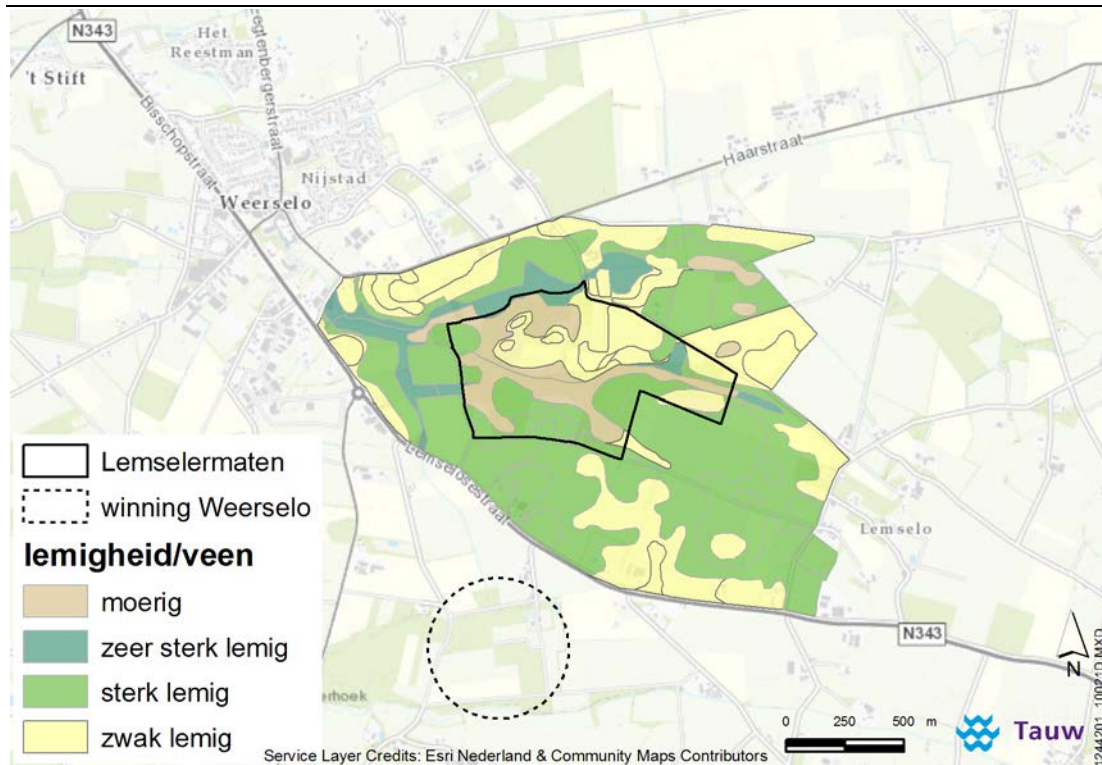
Deze samengestelde bodemkaart is weergegeven in figuur 2.6. Uit de bodemkaart volgt dat de bodem in de omgeving van Lemselermaten met name bestaat uit lemig zand. De omwonenden van Lemselermaten hebben aangegeven dat de bodem ten zuiden minder lemig is dan de bodemkaart aangeeft. De omwonenden van Lemselermaten geven aan dat de bodem zwak lemig is, terwijl in figuur 2.6 sterk lemig gronden zijn gekarteerd.

⁶ TNO, De ondergrond van de Lemselermaten, kenmerk TNO 2015 R11611, d.d. 8 juli 2016



Figuur 2.6 Samengestelde bodemkaart

Na het samenstellen van deze bodemkaart zijn aanvullende gegevens verzameld tijdens veldwerk van Aequator. Op basis van deze gegevens heeft Aequator een nieuwe bodemkaart samengesteld. Figuur 2.7 toont de nieuwe bodemkaart van Aequator. Ten opzichte van de samengestelde bodemkaart is het leemgehalte lager. De nieuwe bodemkaart van Aequator is gedetailleerder en wordt om deze reden toegepast in het grondwatermodel voor Lemselermaten. Aangezien de nieuwe bodemkaart geen informatie heeft in de omgeving van de winning Weerselo wordt in dit gebied gebruik gemaakt van de samengestelde bodemkaart.



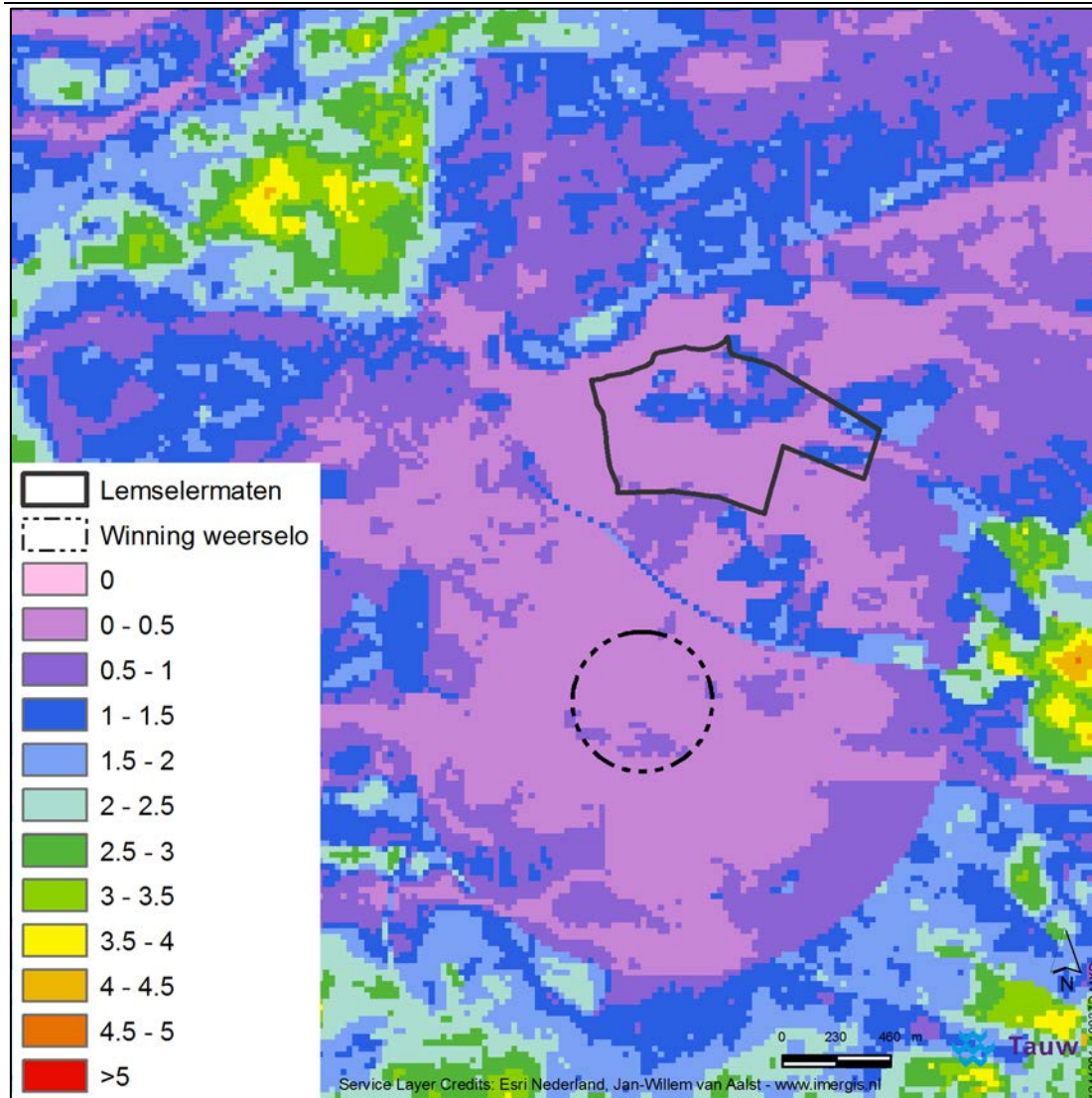
Figuur 2.7 Nieuwe bodemkaart gemaakt door Aequator

Om de bodemeenheden om te zetten naar kD- en C-waarden zijn de doorlatendheden van tabel 2.2 gebruikt in combinatie met de dikte van de lagen. Figuur 2.8 toont de aangepaste kD1.

Tabel 2.2 Gebruikte doorlatendheden⁷

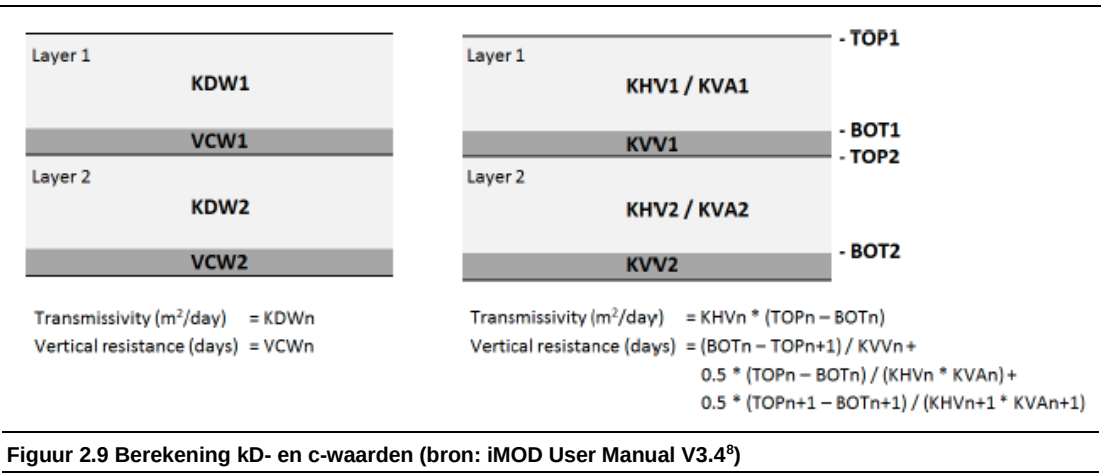
Materiaal	Horizontale doorlatendheid (m/dag)	Verticale doorlatendheid (m/dag)
Leemarm en zwak lemig fijn zand	1.0	0.33
Lemig fijn zand	0.6	0.2
Veen	0.10	0.05
Zandige leem	0.10	0.05
Klei	0.15	0.08
Zeer sterk lemig fijn zand	0.15	0.05
Zwak en sterk lemig fijn zand	0.45	0.15
leem	0.03	0.03

⁷ H. Th. L. Massop, J. W. J. van der Gaast en E. Kiestra, De doorlatendheid van de bodem voor infiltratiedoeleinden, Een gebiedsdekkende inventarisatie voor het Waterschap Peel en Maasvallei, Alterra-rapport 1212, d.d. 2005



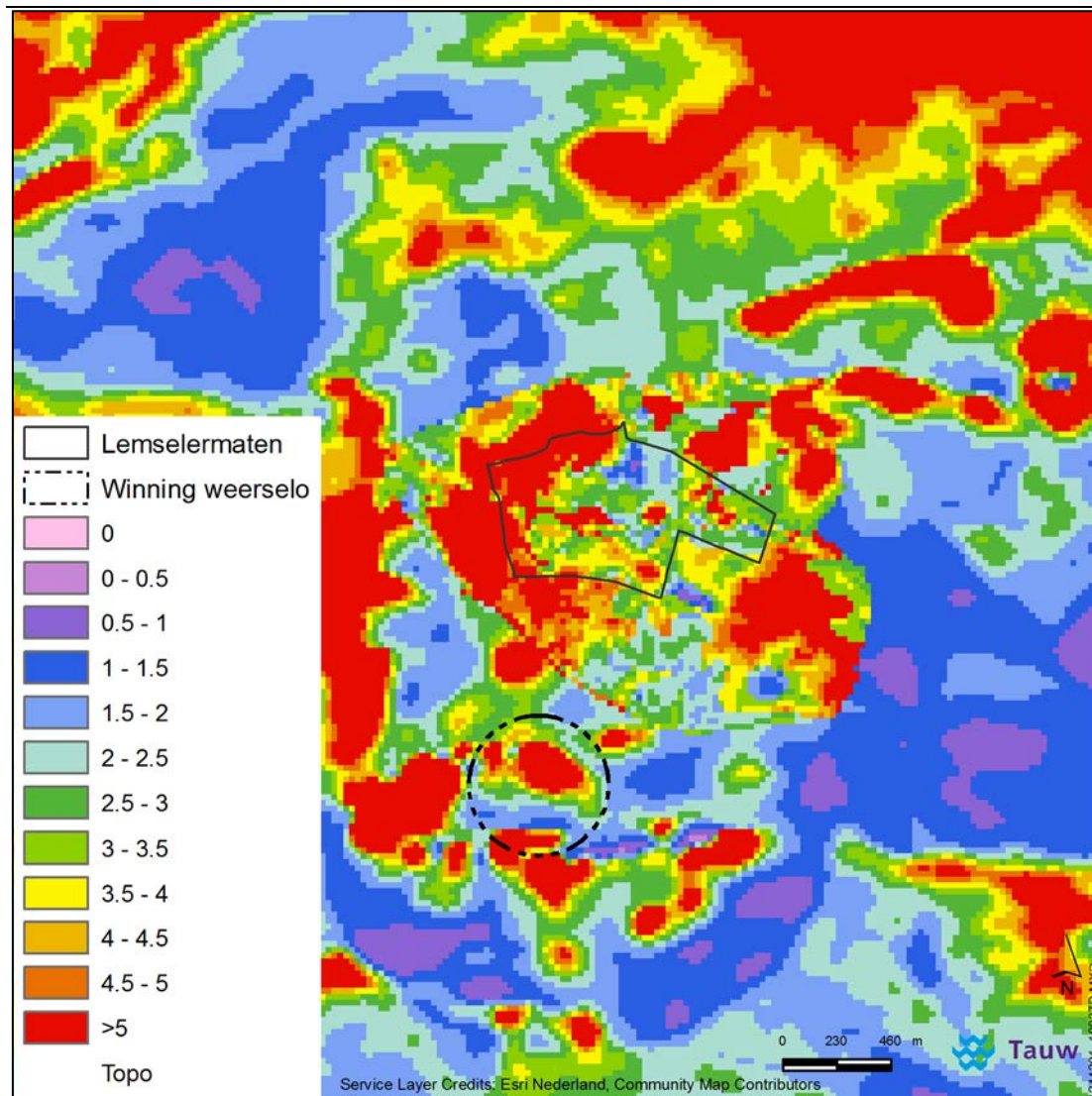
Figuur 2.8 kD-waarde (m2/dag) van modellaag 1

De C1 is aangepast op basis van de nieuwe bodemkaart van Aequator en de door Aequator aangeleverde boorbeschrijvingen. Indien duidelijk scheidend materiaal (leem/veen/klei) voorkomt in de boring is C1 bepaald uit de dikte van het materiaal en de weerstand van het materiaal. Indien geen duidelijk scheidend materiaal voorkomt is C1 gebaseerd op de methode weergegeven in figuur 2.9. Figuur 2.10 toont de aangepaste C1.



Figuur 2.9 Berekening kD- en c-waarden (bron: iMOD User Manual V3.4⁸)

⁸ <http://oss.deltares.nl/web/imod>



Figuur 2.10 C-waarde (dagen) van modellaag 1

2.3.1 Modellaag 2

De kD2 is bepaald op basis van boorbeschrijvingen. Hierbij is gebruik gemaakt van een door Tauw ontwikkelde tool. Deze tool leest de boorbeschrijvingen in en bepaalt of er zich tussen een op te geven bovenkant en onderkant van een laag watervoerende lagen bevinden. Vervolgens wordt voor de boringen op basis van het bodemtype en dikte een doorlatendheid berekend. Hierbij zijn de doorlatendheden van tabel 2.3 gebruikt. Dit levert een shapefile met punten op met een totale doorlatendheid bij de opgegeven diepte. Deze punten zijn vervolgens door middel van de 'natural neighbour' methode geïnterpoleerd naar een rasterbestand.

Tabel 2.3 Gebruikte doorlatendheden per bodemtype

Hoofdtype	Subtype	Horizontale doorlatendheid (m/dag)
Fijn zand	-	5
	Kleiig	0.5
	Siltig	1
	Grindig	10
Grof zand	-	20
	Kleiig	5
	Siltig	15
	Grindig	40
Overig zand	-	10
	Kleiig	0.5
	Siltig	1
	Grindig	30

De kD2 is daarna nog verder in detail aangepast op basis van de boorbeschrijvingen van Aequator. Hiervoor is de volgende methode gehanteerd:

- Op basis van de boorbeschrijvingen is een indeling gemaakt welke laag van de beschrijving in modellaag 1 of 2 hoort
- De lagen zijn op basis van het organische stofgehalte, lutumgehalte en leemgehalte ingedeeld in de volgende bodemtypen:
 - Veen (organisch stof gehalte > 35 %)
 - Klei (lutumgehalte > 25 %)
 - Zwak lemig zand (leemgehalte <17,5 %)
 - Sterk lemig zand (leemgehalte 17,5 tot 50 %)
 - (Zandig) leem (leemgehalte > 50 %)

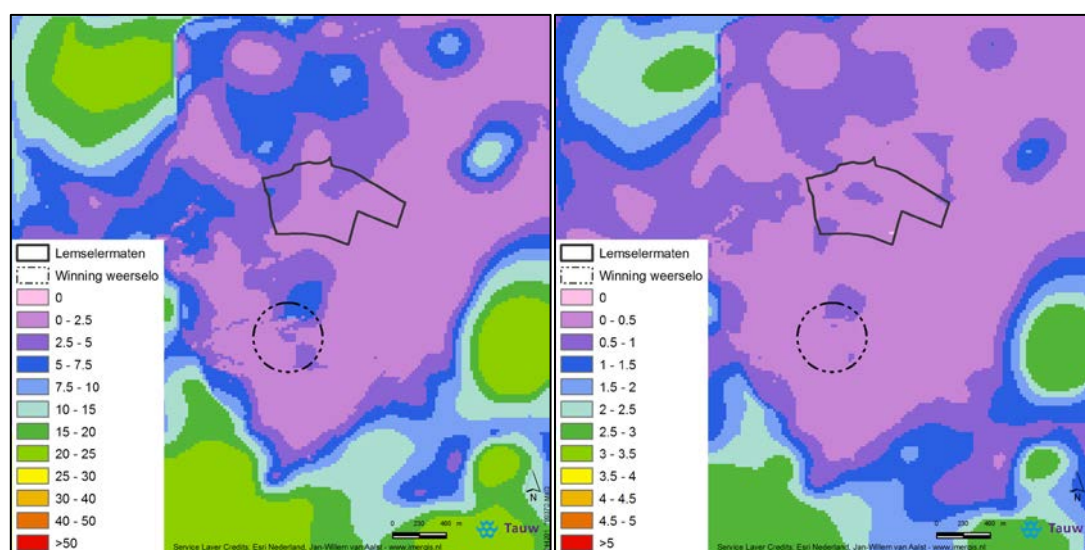
Deze percentages zijn afgeleid uit het cultuurtechnisch vademecum
- Op basis van het bodemtypen zijn de kD- en C-waarde bepaald met behulp van de volgende doorlatendheden en dikte van de modellagen. Overigens zijn de dikten van de modellagen niet aangepast op basis van de Aequator boringen

Tabel 2.4 gebruikte gegevens voor aanpassing lagenmodel

Materiaal	Horizontale doorlatendheid (m/dag)	Verticale doorlatendheid (m/dag)
Veen	0.10	0.05
(Zandige) leem	0.10	0.05
Moerig, zwak lemig zand	0.20	0.07
Sterk lemig fijn zand	0.20	0.07
Zwak lemig fijn zand	1.0	0.33

4. Om een vlakdekkend invoerbestand voor kD2 te maken is het gebied waar geen boringen zijn uitgevoerd door Aequator opgevuld met het oude kD2 bestand. Dit oude kD2 bestand is vermenigvuldigt met de kalibratiefactor 0.11 volgend uit de in 2017 uitgevoerde kalibratie. Gekozen is de oude kD2 te vermenigvuldigen met de kalibratiefactor omdat op deze wijze de oude kD2 ordergrootte beter aansluit bij de nieuw bepaalde kD2

Figuur 2.11 toont de nieuwe, de oude en de verandering in kD2.

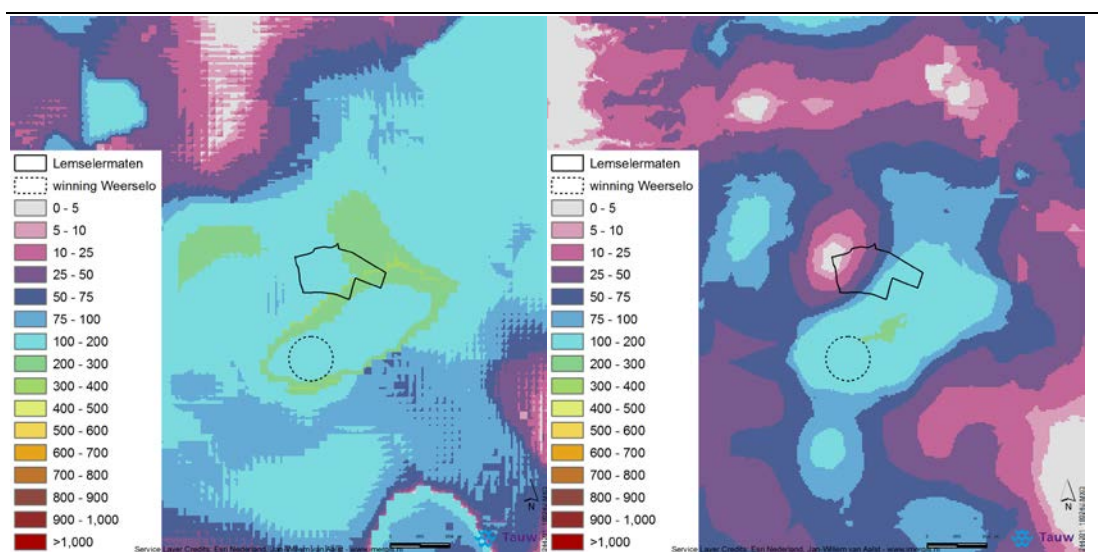


Figuur 2.11 kD-waarde (dagen) van modellaag 2 voor kalibratie , oorspronkelijk (links) en aangepast (rechts).

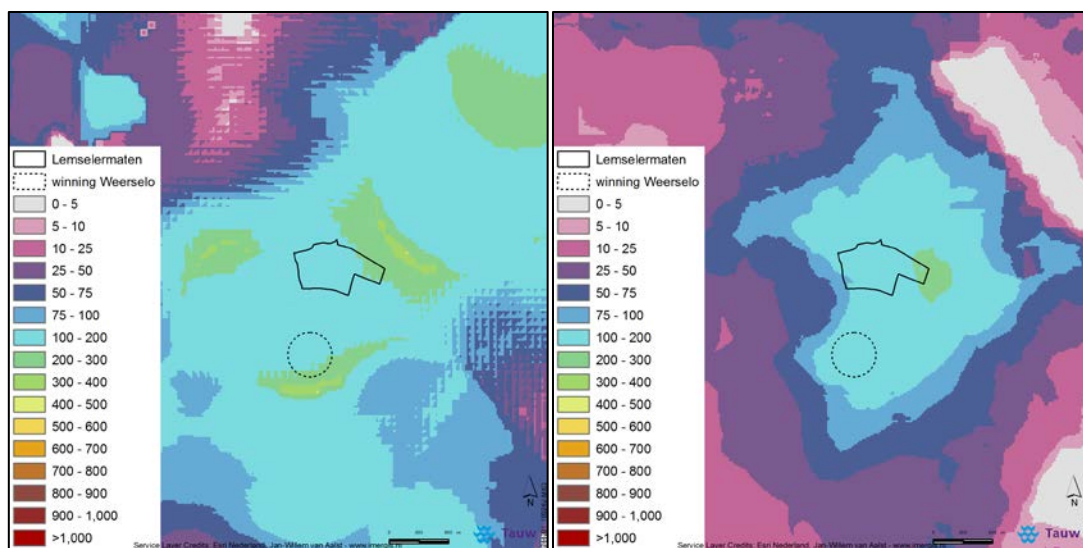
De C2 waarde (Boxtel klei) van MIPWA3.0 is vervangen voor de weerstandswaarde in Regis2.2 aangezien deze beter overeenkomt met de beschikbare boringen. In bijlage 8 is de vergelijking tussen Regis2.2 en de beschikbare boringen opgenomen. Daarnaast is ook de vergelijking tussen MIPWA3.0 (model) en de boringen opgenomen.

2.3.2 Modellaag 3 en 4

In Lemselermaten zijn onvoldoende betrouwbare boorbeschrijvingen beschikbaar om de kD-waarden van modellagen 3 en 4 aan te passen op basis van boorbeschrijvingen. De kD van modellaag 3 en 4 zijn overgenomen van het WRD2014 en niet uit Mipwa3.0, omdat deze waarden beter overeen komen met de boorbeschrijvingen. Voor een uitgebreidere beschrijving zie bijlage 1. Figuren 2.12 en 2.13 tonen de kD3 en kD4 van MIPWA3.0 (links) en die van WRD2014 (rechts).



Figuur 2.12 kD-waarde (m²/dag) van modellaag 3 in MIPWA3.0 (links) en aangepast (rechts) voor kalibratie



Figuur 2.13 kD-waarde (m²/dag) van modellaag 4 in MIPWA3.0 (links) en aangepast (rechts) voor kalibratie

De C-waarde van modellaag 4 van MIPWA3.0 is gebruikt als basis. Als eerste is de C-waarde gesmoothed om abrupte overgangen in de C-waarden te verminderen. Daarna is de diepe bodemopbouw ter plaatse van pompstation Weerselo onderzocht. Om meer inzicht te krijgen in de diepere bodemopbouw zijn de volgende gegevens in samenhang met elkaar bestudeerd.

- Nieuwe versie Regis 2.2 van TNO
- TNO rapportage over ondergrond Lemselermaten
- Boorbeschrijvingen provinciale peilbuizen
- Alle rapporten over Winning Weerselo (bron: Vitens)
- Boorbeschrijvingen Dinoloket boringen

In figuur 2.14 is de verspreiding van keileem (c4) in het model vergeleken met de beschikbare boringen uit Dinoloket. De keileemlaag is in een deel van de dinoboringen niet aangetroffen op deze locaties is wel weerstand opgenomen in het model voor deze laag.

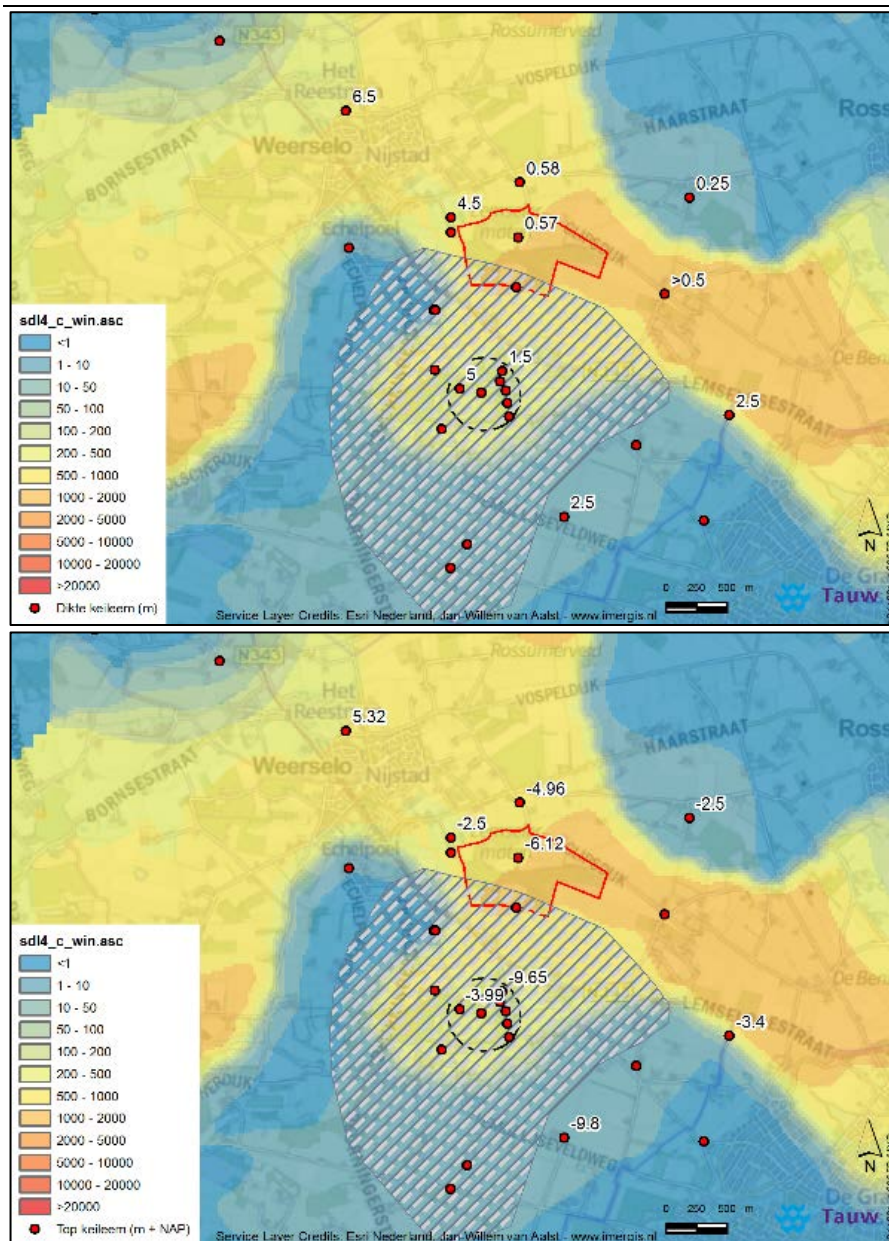
TNO heeft Geo-elektrisch onderzoek⁹ uitgevoerd in de omgeving van de Lemselermaten. In de omgeving van de Lemselermaten zijn twee raaien onderzocht. Op basis van deze raaien volgt dat de keileemlaag niet vlakdekkend aanwezig is. De raaien kunnen echter niet gebruikt worden om een vlakdekkend beeld van de keileemverspreiding te maken

In een later onderzoek van TNO¹⁰ is een dwarsdoorsnede gemaakt van de ondergrond ter plaatse van het pompstation Weerselo. Uit deze doorsnede volgt een sterk wisselde bodemopbouw welke zich moeilijk laat vereenvoudigen tot een modelschematisatie. De diepte en het voorkomen van klei wisselt sterk per boring. Verder wisselt ook de korrelgrootte sterk per boring variërend van zeer fijn zand tot uiterst grof zand.

Verder is REGIS 2.2 vergeleken met de boorbeschrijvingen uit het Dinoloket. In REGIS 2.2 zit een hoge weerstand ten zuiden van de winning die niet uit de boringen volgt. Gekozen is op basis van de boorbeschrijvingen uit het Dinoloket de c4 aan te passen. Geconcludeerd wordt dat er op basis van boringen geen keileem aanwezig bij pompstation Weerselo en het tussenliggend gebied richting Lemselermaten.

⁹ Rapport inzake een geo-elektrisch onderzoek in de omgeving van Weerselo (Twenthe). F. Walter, Werkgroep Geo-elektrisch onderzoek TNO, april 1965

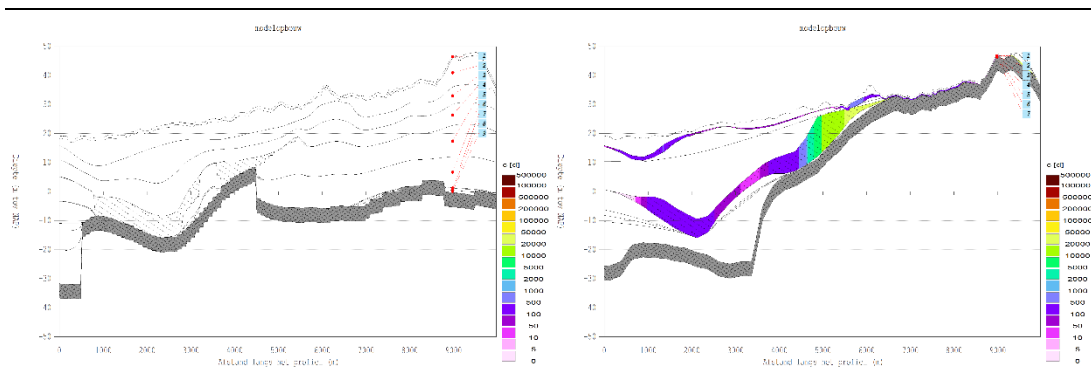
¹⁰ De ondergrond van de Lemselermaten, R. Harting, TNO, 2015



Figuur 2.14 Keileemverspreiding. Boven is de dikte van de keileemlaag uit boringen weergegeven (m). Op de locaties waar geen dikte is aangegeven is geen keileem aangetroffen. Onder is de bovenkant van de aangetroffen keileemlaag weergegeven (t.o.v. NAP).

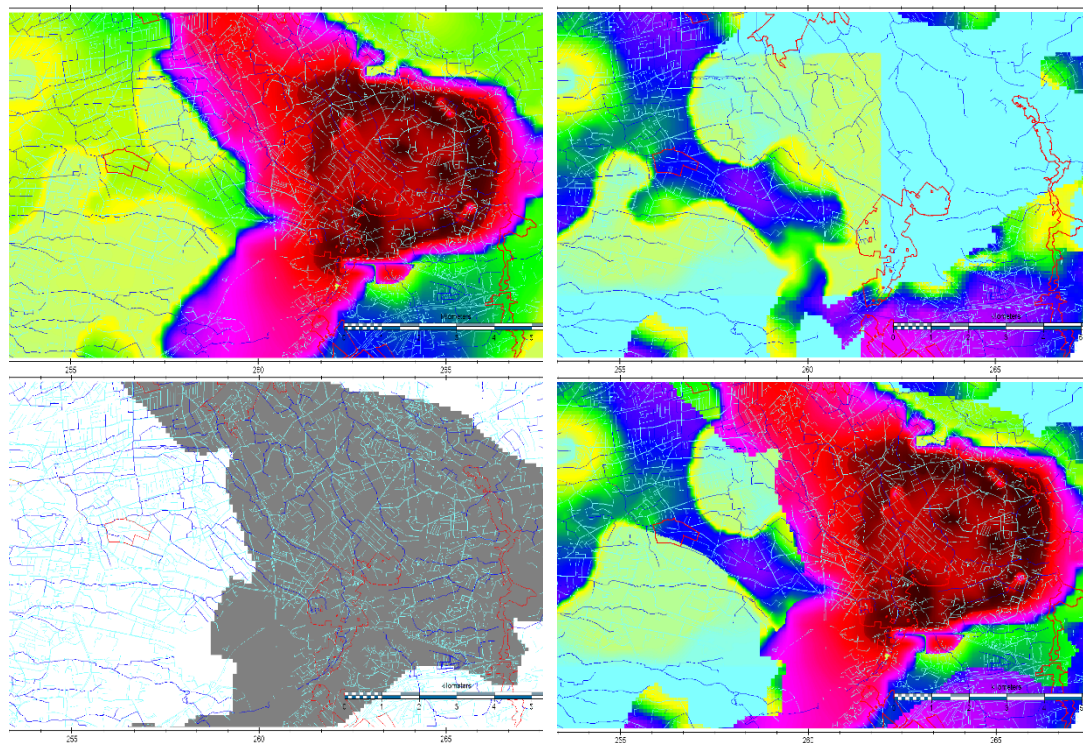
De schematisatie van de stuwwal bij Oldenzaal vertoont veel verschillen tussen het WRD2014 en MIPWA 3.0. Figuur 2.14 toont dat de geohydrologische basis van het WRD hoger ligt dan bij MIPWA 3.0. De gestuwde formatie bij Oldenzaal bestaat uit zeer slecht doorlatend materiaal, waardoor dit kan worden beschouwd als geohydrologische basis. Bij het ontwikkelen van het

WRD2014 is de stuwwal gedetailleerd ingebracht in het model. Hierdoor is meer vertrouwen in het WRD2014 model ter hoogte van de stuwwal dan het MIPWA 3.0. model.



Figuur 2.15 Modelopbouw van MIPWA 3.0 (links) en het WRD2014 (rechts). Grijs weergegeven in de figuur betreft de hydrologische basis. De gestuwde formatie bij Oldenzaal bestaat uit zeer slecht doorlatend materiaal dit is gekleurd weergegeven in de rechte afbeelding.

De bodemopbouw ter hoogte van de stuwwal bestaat uit een ondiep systeem met hieronder een zeer hoge weerstand. Deze hoge weerstand bevindt zich in modellaag 3 van WRD2014. Ter hoogte van Lemselermaten is in modellaag 3 ook de keileemlaag aanwezig, zoals te zien in figuur 2.16. In MIPWA3.0 bevindt de keileemlaag zich in modellaag 4. Om deze reden is gekozen om de weerstand van de stuwwal op te nemen in de vierde modellaag.



Figuur 2.16 De weerstand en verbreiding van de keileem en de gestuwde formatie in modellaag 3 van het WRD2014 (linksboven). De weerstand en verbreiding van de keileemlaag in modellaag 4 van MIPWA3.0 (rechtsboven). De verbreiding van de gestuwde formatie in REGIS 2.2 (linksonder). De aangepaste weerstand in modellaag 4 van MIPWA 3.0 (rechtsonder voor kalibratie)

De weerstand van het WRD2014 is overgenomen op basis van de contouren van de gestuwde formatie uit REGIS 2.2. Figuur 2.16 toont het resultaat van de aanpassing. Daarnaast is in de stuwwal een beperkte doorlatendheid aanwezig door de kleiige samenstelling van de bodem. Om deze reden is de doorlatendheid in modellen 5, 6, 7, 8 en 9 van MIPWA3.0 verminderd. Hiervoor is wederom gebruik gemaakt van de contouren van de gestuwde formatie.

2.3.3 Modellen 5 t/m 9

De waarde van de kD- en C-waarden van modellen 5 t/m 9 zijn overgenomen van MIPWA3.0, omdat er niet voldoende betrouwbare boorbeschrijvingen zijn om deze te controleren of aan te passen. De beschikbare boorbeschrijvingen komen redelijk overeen met MIPWA3.0. Uit berekende stijghoogten lijkt het wel waarschijnlijk dat er een slenk aanwezig is (zie bijlage 1), deze bevindt zich voornamelijk in modellen 7, 8 en 9.

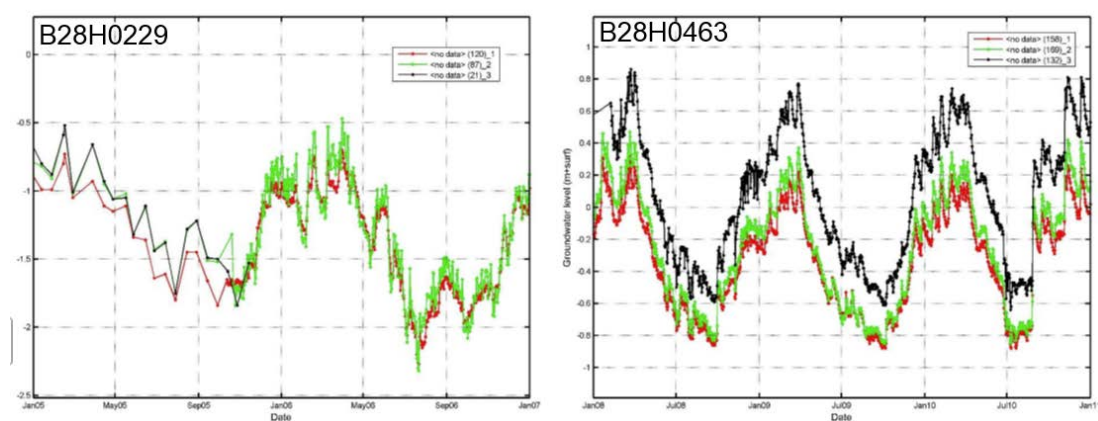
Figuur 2.17 laat zien dat ter plaatse van Lemselermaten inderdaad geen doorlatendheid aanwezig is in modellen. Uit de boorbeschrijvingen blijkt geen formatie van DRZ3 voor te komen, zoals te zien in figuur 2.14. Dit betekent dat de keileem direct is gelegen op de rupelklei en hierdoor geen watervoerend pakket aanwezig is. Dit komt overeen met het kD-patroon

aanwezig in het model. De kD-waarden zijn hoog vergeleken met REGIS 2.2, maar er is geen aanleiding om het patroon te wijzigen.



Figuur 2.17 Aanwezigheid watervoerend pakket (drz3)

Enkele tijdstijghoogtelijnen van peilbuislocaties met meerdere filters zijn bestudeerd om vast te stellen of weerstand aanwezig is. Uit figuur 2.18 blijkt dat er weinig verschil zit tussen het niveau en patroon in de verschillende lagen bij de winning van Weerselo. Dit duidt op relatief weinig weerstand. Geconcludeerd kan worden dat er in de diepere ondergrond geen aaneengesloten weerstandsbiedende lagen voorkomen bij de winning, Lemselermaten en het tussenliggende gebied.



Figuur 2.18 Stijghoogten in peilbuizen bij de winning Weerselo

2.4 Oppervlaktewater

2.4.1 Leggerwatergangen

Er is een SOBEK model (oppervlaktewatermodel) gemaakt voor Arcadis om onder andere de winter- en zomerpeilen van de leggerwatergangen te bepalen. Het model is beschreven in een apart rapport¹¹. Het SOBEK-model gemaakt op basis van gemeten profielen van de leggerwatergangen. Vervolgens is er een gemiddelde winter- en zomersituatie berekend, waaruit waterpeilen volgen.

Winterpeil

Voor de winterpeilen zijn de waterpeilen overgenomen van het SOBEK-model voor een gemiddelde wintersituatie.

Zomerpeil

Er is eerst gekeken welke watergangen droogvallen in de zomer. Figuur 2.19 toont verschillende droogvalkaarten. Uit deze kaarten blijkt dat de Dollandbeek en de watergang te westen van Lemselermaten vrijwel elk jaar doorgevallen. Het waterpeil van de Weerselerbeek varieert per jaar. Er is besloten om de Dollandbeek en de watergang ten westen van Lemselermaten in model ook droog te laten vallen (peil=bodemhoogte). Voor de Weerselerbeek is het zomerpeil overgenomen uit het SOBEK-model.

Controle Peilen

Het peil van de leggerwatergangen is vergeleken met de minimale maaiveldhoogte. De minimale maaiveldhoogte betreft de laagst voorkomende maaiveldhoogte op basis van het AHN2 (gridcellen van 0,5 * 0,5 m) opgeschaald naar een raster van 25 * 25 m. Per rastercel van 25 * 25 is dus gekeken wat de laagste maaiveldhoogte binnen deze cel is op basis van het AHN2. Uit deze

¹¹ Arcadis, NATURA2000 DINKELLAND Oppervlaktewatersysteem Lemselermaten, d.d. 10 mei 2017

vergelijking kwam naar voren dat de leggerwatergangen soms tot circa 5 m –mv zijn gelegen. Verder blijkt uit de vergelijking dat het peil van de legger op verschillende locaties boven de minimale maaiveldhoogte is gelegen.

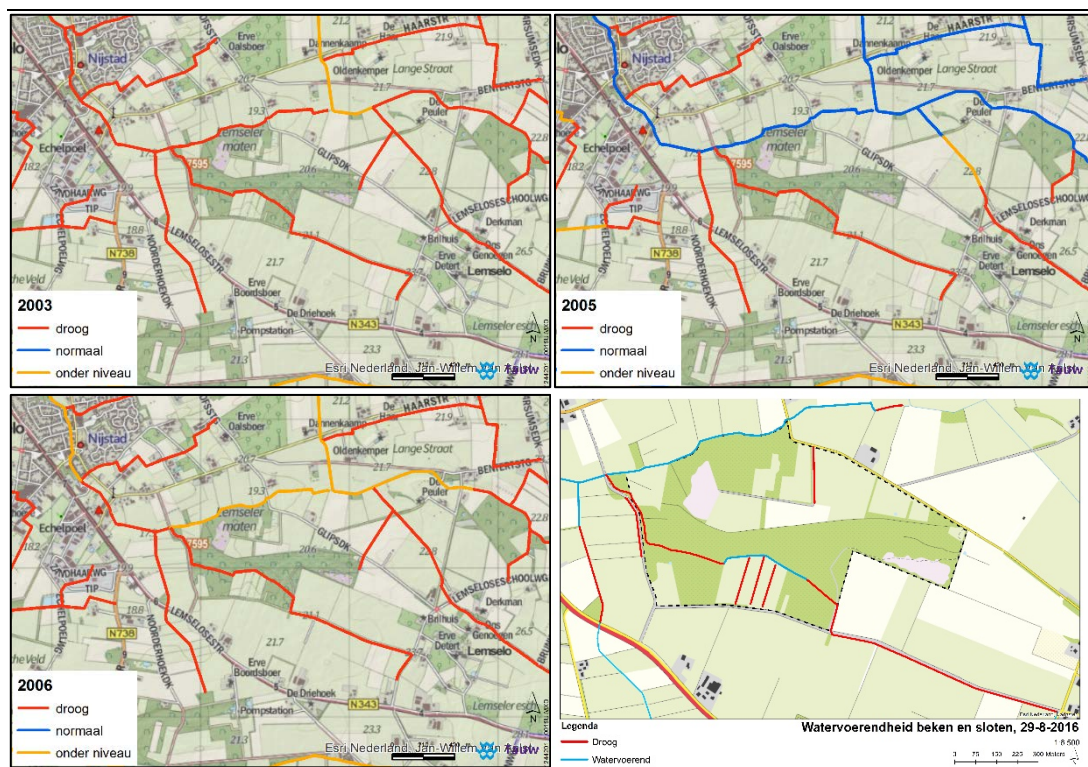
Om het peil van de legger meer aan te laten sluiten bij de werkelijke situatie zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd:

- Alle cellen met een peil van meer dan 3 m beneden de minimale maaiveldhoogte zijn aangepast naar de minimale maaiveldhoogte. Dit is zowel voor het zomerpeil als het winterpeil uitgevoerd
- Alles cellen met een peil van meer dan 1 m boven de minimale maaiveldhoogte zijn aangepast naar de minimale maaiveldhoogte. Dit is zowel voor het zomerpeil als het winterpeil uitgevoerd

Ook de bodemhoogte is aangepast voor de hierboven beschreven cellen. Hiervoor is voorafgaand aan de aanpassing van de peilen het verschil bepaald tussen het bestaande peil en de bodemhoogte voor zowel de winter als de zomersituatie. Dit verschil is vervolgens afgetrokken van de cellen met het aangepaste peil. Voor de cellen waarvan het peil ongewijzigd is gebleven is ook de bodemhoogte niet aangepast.

Bodemhoogte

De gemeten bodemprofielen van de watergangen zijn verwerkt in het SOBEK-model. De resultaten van dit model zijn overgenomen voor de bodemhoogte,



Figuur 2.19 Droogvalkaarten (bron: waterschap Vechtstromen en Unie van Bosgroepen)

Doorsnijding leemlaag

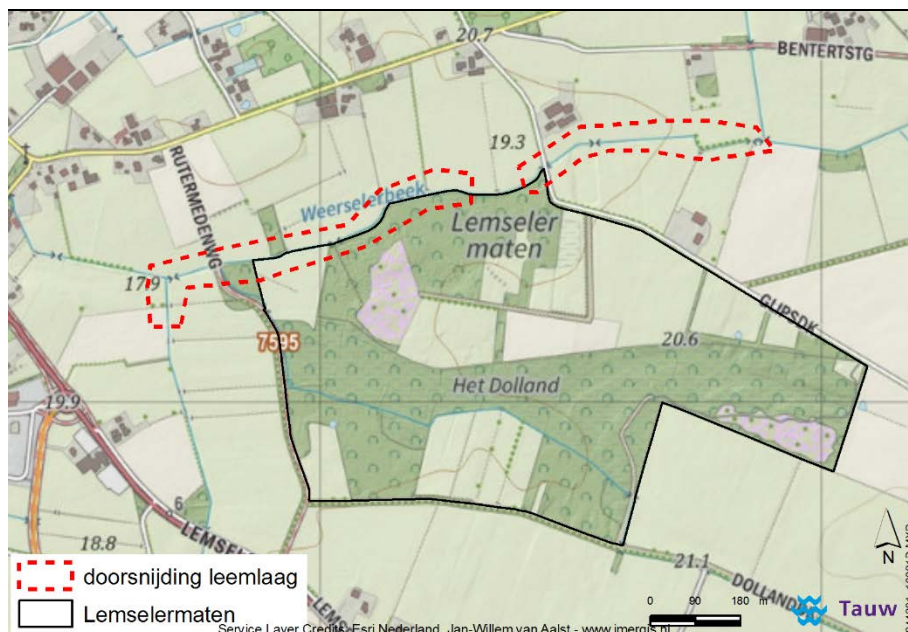
Figuur 2.20 toont welk gedeelte van de Weerselerbeek de klei-/leemlaag doorsnijdt. Dit is bepaald op basis van de onderzijde van de beekbodem en de onderzijden van de klei-/leemlaag. De Dollandbeek doorsnijdt deze laag nergens. Om sommige plekken ontbreekt wel een klei-/leemlaag. Deze zijn weergegeven in bijlage 3.

Conductance

De conductance is berekend op basis van het natte oppervlak en een waterbodempweerstand van 2 dagen. Er is dus in de zomer een andere conductance dan in de winter, omdat het natte oppervlak verschilt. Deze conductance is in een later stadium gekalibreerd.

De conductances zijn als volgt verdeelt over de modellen:

- Bij doorsnijding: 10 %-10 %-80 % (modellaag 1-modellaag 2- modellaag 3)
- Geen doorsnijding 20 %-80 % (modellaag 1-modellaag 2)



Figuur 2.20 Doorsnijding van klei-/leemlaag door de beken

Infiltratiefactor

De beken in de omgeving van Lemseler maten zijn zowel in de zomer als winter drainerend. Daarom is een infiltratiefactor van 0 toegepast. In MIPWA3.0 hebben deze beken ook een infiltratiefactor van 0.

2.4.2 Top10-watgangen

De top-watgangen zijn ingetekend op basis van de top10 van 2015, de ecohydrologische systeemanalyse³ en ANH2 (maaiveldhoogte en hillshade).

Peil

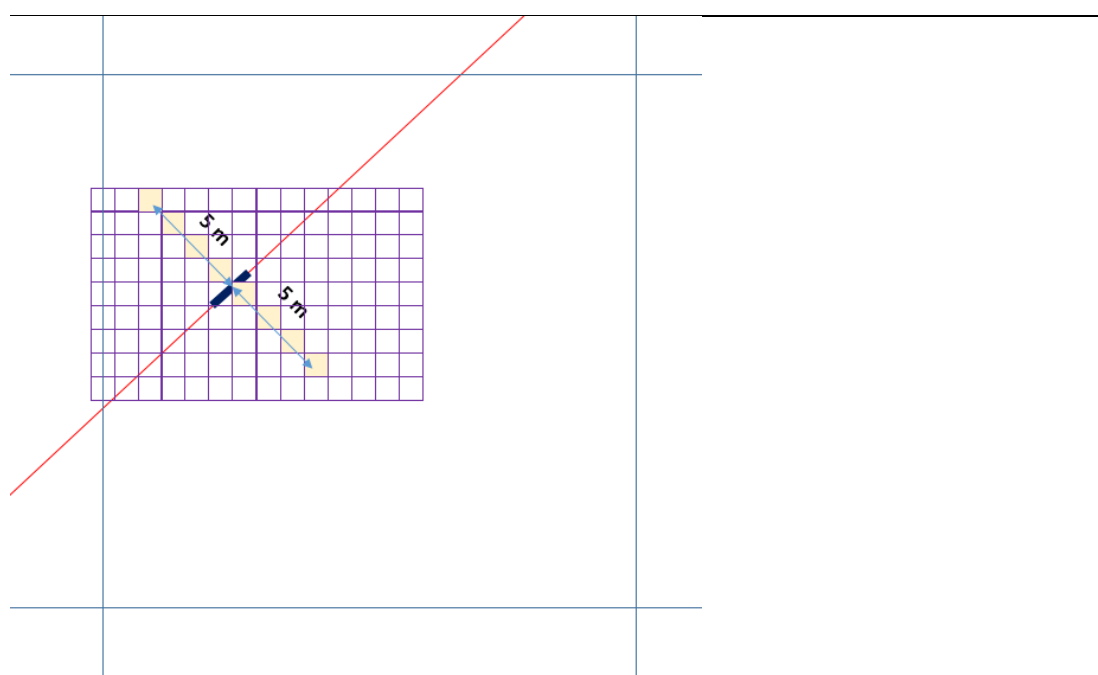
De methode op het peil te bepalen is dezelfde methode die Deltares heeft gebruikt voor de top10-watgangen in het WRD2012-model¹². In dit geval is echter gebruik gemaakt van ANH2¹³ (0,5 bij 0,5 m) in plaats van ANH1 (5 bij 5 m), waardoor een grotere nauwkeurigheid wordt bereikt. Bovendien is de ANH2 van recentere datum en daardoor actueler. Dit is gebruikt om de watgangen in de directe omgeving van Lemseler maten te verbeteren.

De methode voor het WRD 2012 is als volgt:

¹² Deltares, Update Grondwatermodel Waterschap Regge en Dinkel, kenmerk 1202490-000-BGS-0008, maart 2012

¹³ https://geodata.nationaalgeoregister.nl/ahn2/atom/ahn2_05m_non.xml.d.d 2012

- De top10 lijnen zijn opgeknipt in stukjes van 0,5 m
- Vanuit het centrum van het top10 lijnstukje wordt haaks binnen een buffer van 5 m het AHN2 grid gesampled en de minimale maaiveldhoogte bepaald. Deze maaiveldhoogte is het peil van de watergang. Dit is verduidelijkt in figuur 2.21
- Binnen de cel van 25 bij 25 m is de minimale waarde binnen deze cel genomen
- Er is een controle uitgevoerd of het peil van de top10 niet dieper ligt dan het peil van de leggerwatergangen. Dit bleek niet het geval te zijn



Figuur 2. 21 Bepalen peil top10-watergangen

Het resulterende peil van de TOP10 watergangen is vergeleken met de minimale maaiveldhoogte. De minimale maaiveldhoogte is gebaseerd op het AHN2 opgeschaald naar 25 m. Dit betekent dat aan een raster met cellen van 25 * 25 m overal de laagste maaiveldhoogte is toegekend per cel aanwezig in het AHN2. Uit deze vergelijking kwam naar voren dat de TOP10 watergangen op meerdere locaties sterk afwijken van de minimale maaiveldhoogte. Op de stuwwal van Oldenzaal is in het originele MIPWA 3.0 een TOP10 watergang met een peil en bodemhoogte van circa 20 m –mv. Figuur 2.22 toont dat dit resulteert in grote verlagingen van de grondwaterstand. Om deze reden zijn de peilen van de TOP10 watergangen opnieuw bepaald in het gehele modelgebied.



Figuur 2.22 Doorsnede met daarin de grondwaterstanden in modellaag 1. De doorsnede is gemaakt ter plaatse van een geel omcirkelde cel in figuur 1

Bij het toepassen van de methode is een afwijkende keuze gemaakt ten opzichte van de methodiek van het WRD2014. In het uitgangsmodel is vanuit het centrum van het TOP10 lijnstukje haaks binnen een buffer van 5 m het AHN2 grid gesampled en de minimale maaiveldhoogte bepaald. In dit geval is gekozen voor 10 m in plaats van 5 m om zeker de minimale maaiveldhoogte te hebben binnen de cel in de omgeving van de top10-watergang.

Bodemhoogte

De top10-watergangen (perceelsloten en greppels) worden aangelegd om het overtollig (grond)water op een perceel af te voeren. Dit betekent dat deze watergangen alleen draineren. Omdat de top10-watergangen in het model niet mogen infiltreren, is de bodemhoogte gelijk aan het peil.

Conductance

In de top10-watergangen wordt onderscheid gemaakt in waterbreedte van de watergang. Op basis hiervan en het conductance basisbestand van WRD2014 is de waterbodemweerstand per type waterloop bepaald, zie tabel 2.5. De conductance is alleen bepaald op basis van bodembreedte niet op basis van nat oppervlak, omdat hier geen gegevens over zijn. Vanwege de beperkte diepte van de top10 watergangen zijn deze alleen in modellaag 1 aangebracht. De conductance is later gekalibreerd, zie hoofdstuk 2.10.

Tabel 2.5 Conductances top10-waterlopen

Onderdeel Top10	Waterbreedte	Bodembreedte voor model (m)*	Waterbodemweerstand (dagen)
Greppel	Max 0.5	0.5	1
0.5-3 m	0.5 tot 3	1.5	1
3-6 m	3 tot 6	4.5 (Komt niet voor in gebied)	1

*gemiddelde waterbreedte gedeeld door 3 (geschat wordt dat de bodembreedte 1/3 bedraagt van de waterbreedte)

Infiltratiefactor

De infiltratiefactor van de top10-watergangen is conform MIPWA3.0 op 0 gezet.

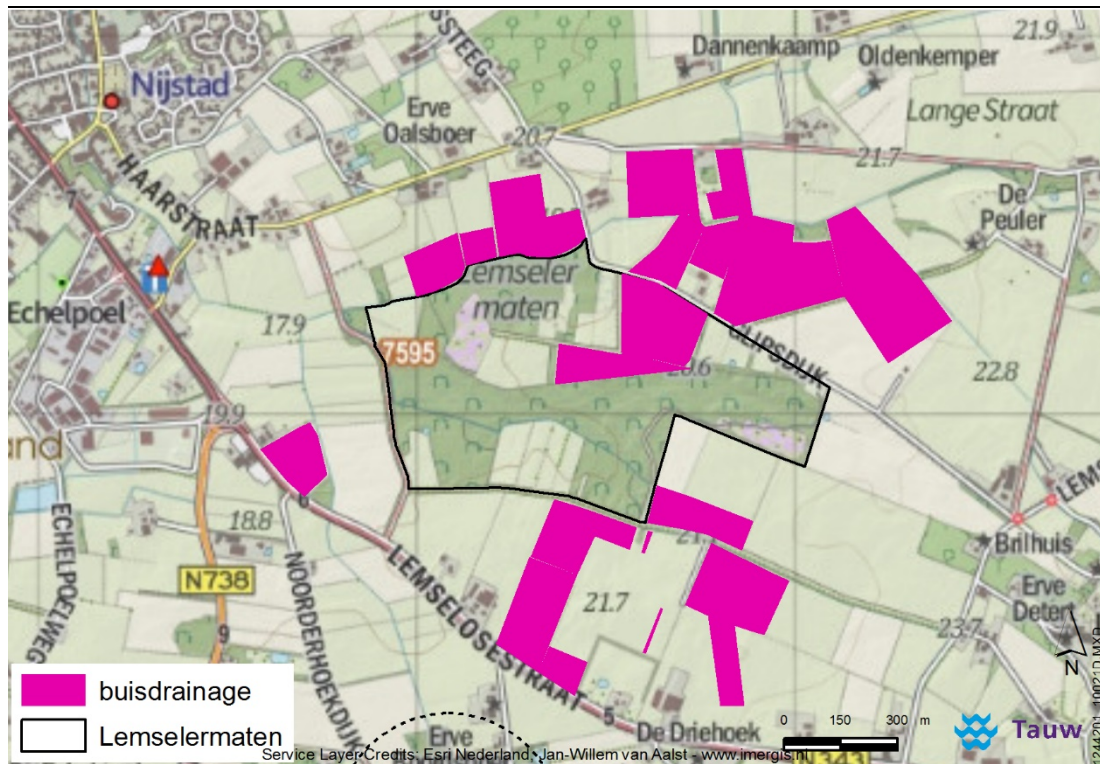
In bijlage 4 zijn de volgende kaarten van de aangepaste waterlopen opgenomen:

- Het winterpeil
- De waterdiepte in de leggerwatergangen in de winter
- Het zomerpeil
- De waterdiepte in de leggerwatergangen in de zomer
- De conductance van alle watergangen voorafgaand aan kalibratie

2.5 Buisdrainage

Figuur 2.23 toont de locatie van buisdrainage in de omgeving van Lemselermaten. Deze kaarten zijn samengesteld op basis van gegevens van de Unie van Bosgroepen en de aanwijzingen van omwonenden. In het model is een diepte van 70 cm –mv en een conductance van 9 m²/dag (conform MIPWA3.0) aangehouden voor alle buisdrainage.

De drainage is ingebracht op een diepte van 70 cm-mv met een weerstand van circa 60 dagen conform de uitgangspunten van MIPWA 3.0.



Figuur 2.23 Aanwezigheid buisdrainage

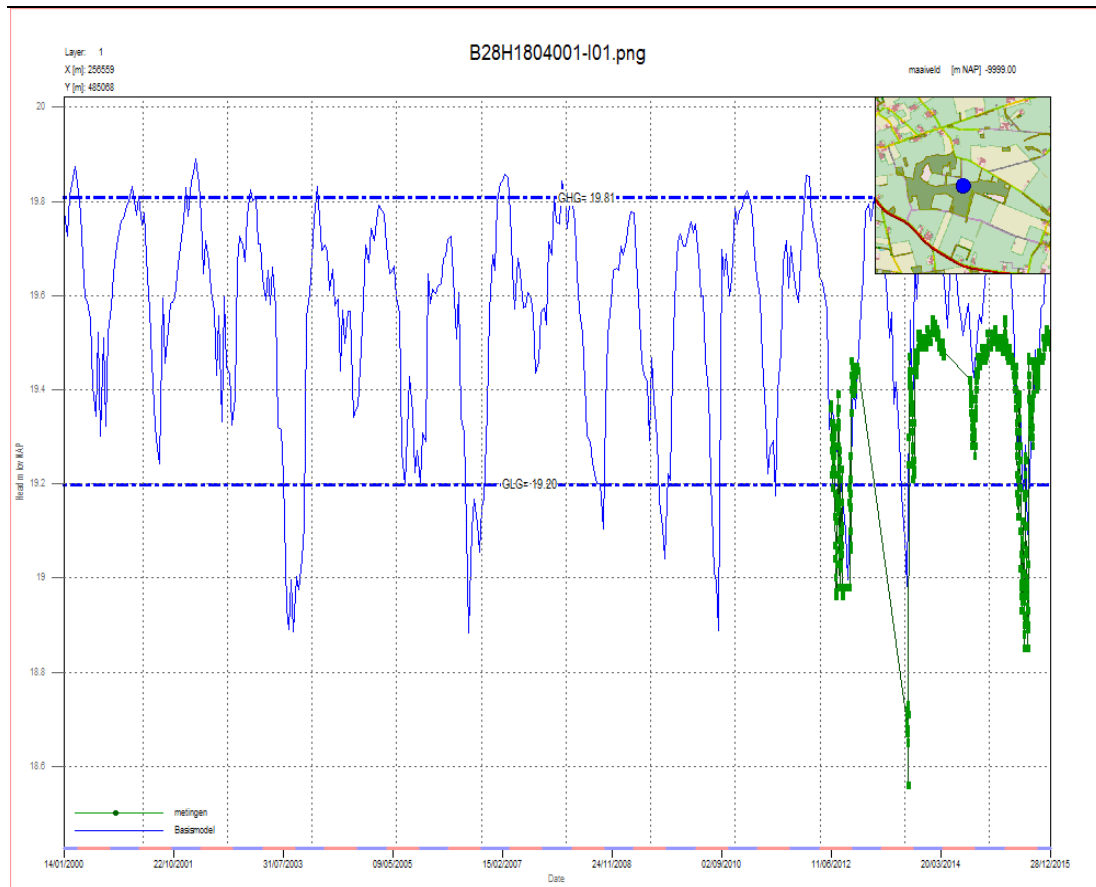
2.6 Overlandflow/inundatie

In natte perioden inunderen delen van Lemseler maten. Dit wordt veroorzaakt doordat de grondwaterstand erg hoog is of doordat het regenwater niet kan infiltreren. In figuur 2.24 is door de Unie van Bosgroepen op kaart weergegeven voor welke delen van Lemseler maten dat geldt.



Figuur 2.24 Inundatie volgens Unie van Bosgroepen

Het overlandflowniveau in Lemselermaten is gebaseerd op het AHN2. Volgens de metingen treedt overlandflow op een aantal locaties te laat op in het model. Een verklaring hiervoor is dat het niveau waarop overlandflow is opgenomen in het model te hoog is. In figuur 2.25 is een voorbeeld openomen van deze situatie.

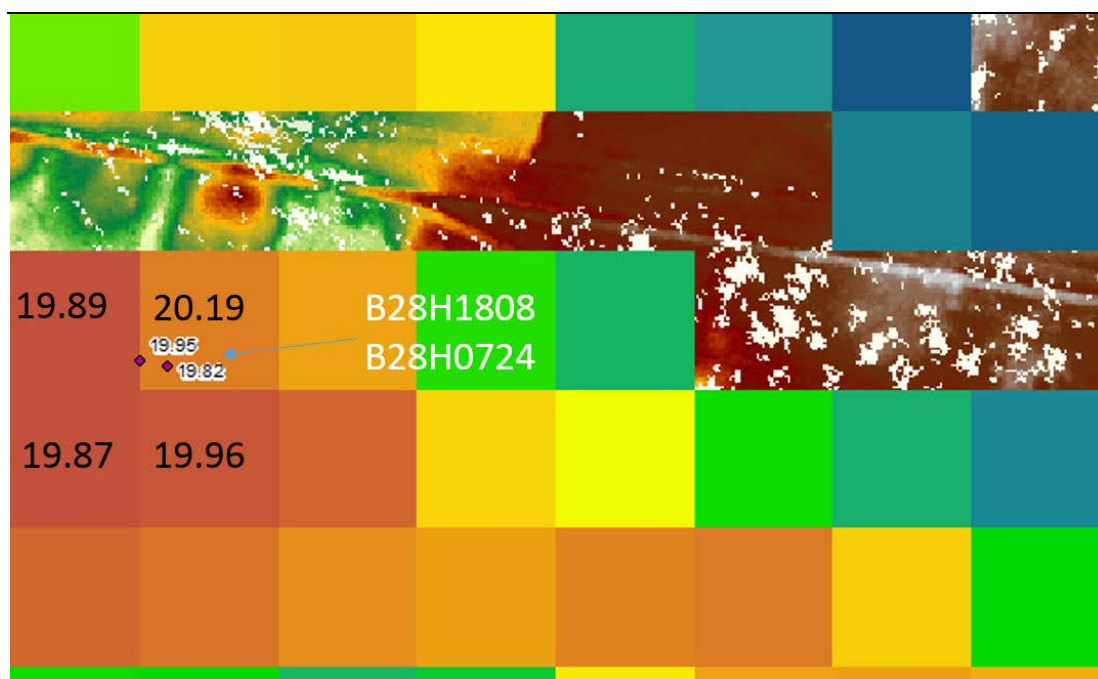


Figuur 2.25 Gemeten (groen) en berekende (blauw) grondwaterstand ten oosten van de Dollandbeek. Zichtbaar is dat de gemeten grondwaterstanden worden afgetopt terwijl dit bij de berekende grondwaterstanden niet het geval is.

Nagegaan is of het niveau van overlandflow in het model juist is of dat dit aanpassing behoeft. Uit de analyse volgt dat het AHN2 en de ingemeten maaiveldhoogte ter plaatse van de peilbuizen niet significant afwijkt. Dit gaat zowel op voor de omgeving van de Dollandbeek als de omgeving van de maatjes.

Aangegeven is door Staatsbosbeheer dat er drempels in het maaiveld aanwezig zijn in de omgeving van Dollandbeek en ter plaatse van de maatjes waardoor het overlandflow niveau hoger kan zijn dan wordt verwacht uitgaande van het AHN2. De drempels zorgen ervoor dat water wordt vastgehouden op maaiveld. Uitgaande van de maaiveldhoogtekaart zijn er met name aan de kant van de Dollandbeek drempels aanwezig die mogelijk zorgen voor een hoger overlandflow niveau. Op basis van de meetreeksen komt het niveau waarop overlandflow optreedt goed overeen met de ingemeten maaiveldhoogte ter plaatse van de peilbuizen.

De vraag die resteert is waardoor in het model geen overlandflow optreedt terwijl dit in de werkelijkheid wel gebeurt. Een afwijking in het overlandflowniveau ontstaat door de opschaling van het maaiveldniveau naar cellen van 25m bij 25m. De peilbuizen in Lemselermaten bevinden zich veelal aan de randen van de laagtes in Lemselermaten. Het overlandflowniveau in naburige cellen is vergelijkbaar met het overlandflowniveau dat optreedt bij de peilbuizen. Een voorbeeld hiervan is in figuur 2.26 opgenomen. Ter plaatse van de peilbuizen B28H1808 en B28H0724 zijn de ingemeten maaiveldhoogtes weergegeven (NAP +19.85 m en NAP +19.82 m). De ingemeten maaiveldhoogtes wijken af van het overlandflow niveau in de betreffende cel (NAP +20.19). Het overlandflow in de naburige cellen komt wel overeen met het werkelijke overlandflow niveau ter plaatse van de peilbuizen. Samenvattend: het overlandflow niveau zit goed in het model, maar de modelresolutie van 25 meter is soms te laag om de plekken met overlandflow gedetailleerd te kunnen weergeven.



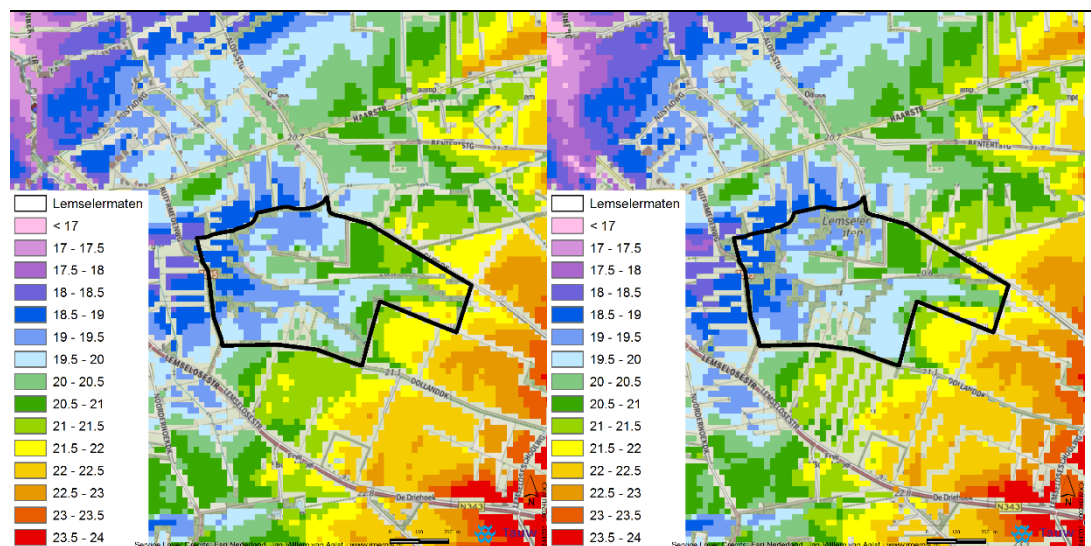
Figuur 2.26 Overlandflow laagte omgeving Dollandbeek. In de figuur is het overlandflow niveau weergegeven voor enkele cellen. De gekleurde cellen betreft locaties waar overlandflow in het model is opgenomen. Een deel van de cellen bevat geen overlandflow aangezien in deze cellen watergangen aanwezig zijn. Van de peilbuizen B28H1808 en B28H0724 zijn de ingemeten maaiveldhoogtes weergegeven (NAP +19.85 m en NAP +19.82 m)

Een betere fit tussen het model en de metingen kan worden bereikt door:

- Het aanpassen van het overlandflow van individuele cellen uitgaande van het gemeten overlandflow niveau in de peilbuizen

- Gebruik maken van naburige cellen voor vergelijking van de peilbuizen met het model
- Het verhogen van de horizontale doorlatendheid

Uiteindelijk is gekozen om in directe omgeving van de Dollandbeek op peilbuisniveau het overlandflow niveau beperkt te wijzigen. De wijziging op peilbuisniveau is uitgevoerd ten behoeve van de kalibratie van het model. Aangezien het model niet vlakdekkend is gekalibreerd en er relatief veel peilbuizen aanwezig zijn in de omgeving van de Dollandbeek hebben deze peilbuizen relatief veel invloed op het kalibratieresultaat. Het resultaat van de aanpassing is weergegeven in figuur 2.27

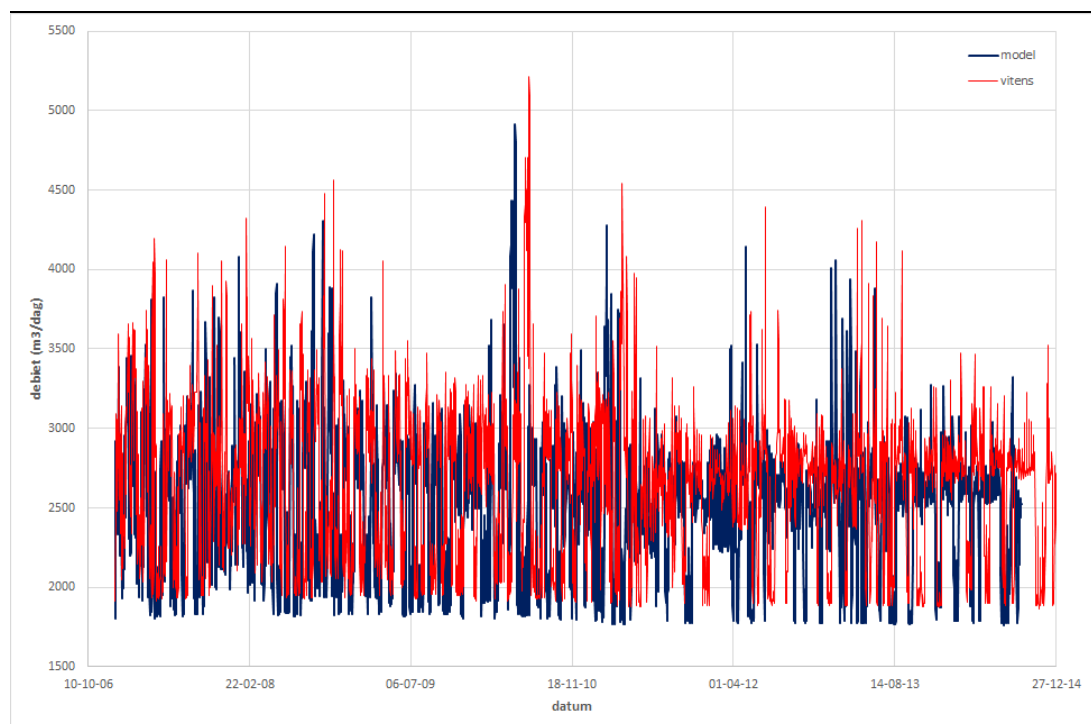


Figuur 2.27 Niveau overlandflow (m NAP) MIPWA3.0 (links) en aangepast (rechts)

2.7 Onttrekkingen

In MIPWA3.0 zijn in het onderzoeksgebied alleen Vitens winningen opgenomen. Daarom is het Landelijk Grondwater Register (LGR) geraadpleegd. Er zijn volgens het LGR echter, met uitzondering van drinkwaterwinning Weerselo, geen vergunde grondwateronttrekkingen in de omgeving van het onderzoeksgebied.

Vanwege de nabijheid van de drinkwaterwinning Weerselo is gecontroleerd of de putten in de juiste modellagen zijn opgenomen. Dit bleek het geval. De putten zijn opgenomen in modellagen 4 t/m 9. Daarnaast is het onttrekkingsdebiet in het model gecontroleerd. Van Vitens zijn de totale debieten per dag aangeleverd. Deze zijn in figuur 2.28 geplot (rood) met de dagdebieten in MIPWA3.0 (blauw). Er blijken kleine verschuivingen in tijd en debiet in het model te zitten ten opzichte van de gegevens van Vitens. De verschuiving is zo klein dat hier geen negatieve effecten van worden verwacht op de toekomstige effectberekeningen.



Figuur 2.28 Dagdebieten van drinkwaterwinning Weerselo

2.8 Verlenging model

Het MIPWA3.0 model heeft een rekenperiode van 1989 t/m 2014. De provincie heeft in 2012 en 2015 nieuwe peilbuizen laten plaatsen in het onderzoeksgebied. Om zoveel mogelijk recente metingen mee te kunnen nemen is de modelperiode verlengd. Besloten is om de rekenperiode te verlengen t/m 2016 zodat zoveel mogelijk metingen meegenomen kunnen worden in de kalibratie.

2.9 IJkset

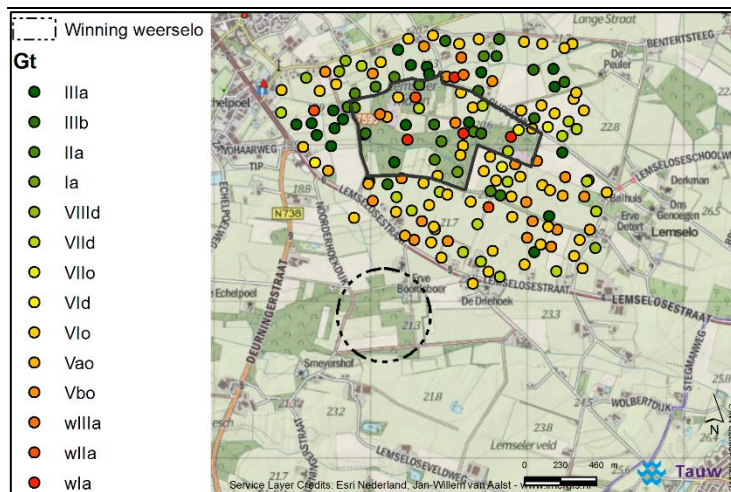
In bijlage 5 zijn tabellen opgenomen met welke meetpunten zijn opgenomen in stationaire en instationaire ijkset. Er zijn met name peilbuizen uit het DINOloket gebruikt aangevuld met peilbuizen van het waterschap Vechtstromen. De meetgegevens zijn ingeladen in Menyanthes waarbij onrealistische uitschieters zijn verwijderd. Voor de stationaire ijkset is met Menyanthes de gemiddelde grondwaterstand voor de periode 2000 t/m 2016 berekend. De meetreeksen van de peilbuizen B29A0848 en B29A0849 zijn in Menyanthes verlengd.

De peilbuismetingen is extra gecontroleerd op verdachte meetreeksen. Alle peilbuismetingen en de metadata van de peilbuizen zijn vergeleken met het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2). Hieruit volgde dat bij peilbuis B28H0684 een afwijking van circa 4 m is tussen het AHN2 en gemeten maaiveldhoogte bij de peilbuis. Daarnaast past de gemeten grondwaterstand bij

B28H0684 niet binnen het ruimtelijk patroon van de naburige peilbuizen. De grondwaterstand bevindt zich diep onder maaiveld, terwijl bij naburige peilbuizen de grondwaterstand zich nabij het maaiveld bevindt. Besloten is de betreffende peilbuis niet te gebruiken in de ijkset. In bijlage 5 zijn tabellen opgenomen met de meetpunten die zijn opgenomen in stationaire en instationaire ijkset. Deze meetpunten zijn tevens gebruikt voor de validatie van het model.

Boringen Aequator

Figuur 2.29 toont de locaties waarbij de GHG en GLG op basis van bodemkenmerken zijn ingeschat door Aequator.



Figuur 2.29 Aanvullende boringen Aequator waarbij de GHG en GLG zijn ingeschat op basis van bodemkenmerken

De boringen van Aequator zijn vergeleken met de beschikbare meetreeksen. Bij 3 peilbuizen is door Aequator een boring in de directe omgeving geplaatst. Tabel 2.6 laat het verschil zien tussen de ingeschatte karakteristieke grondwaterstanden en de gemeten grondwaterstand.

Tabel 2.6 Vergelijking tussen Aequator boring en peilbuizen uit DINOLOket

Naam peilbuis	Afstand tot dichtstbijzijnde Aequator boring	GHG cm t.o.v. mv			GLG cm t.o.v. mv		
		Meting	Boring	Verschil	Meting	Boring	Verschil
B28H0655	< 1 m	36	55	19	166	150	16
B28H0704	24 m	-2	25	27	53	130	-77
B28H1804	32 m	-7	0	-7	39	40	-1

Er is afstemming geweest met Aequator betreffende het gebruik van de ingeschatte GHG's en GLG's. In de praktijk blijkt dat de GHG-GLG onder natte hydrologische condities (natte Gt's) nauwkeuriger zijn te schatten dan onder droge condities (droge Gt's). Daarnaast zijn er bodemeenheden of groepen van bodemeenheden, waarin het GHG-GLG traject op basis van profielkenmerken vrij nauwkeurig is in te schatten (b.v. roest in beekkeerdgronden). Voor de interpretatie van de gegevens moet rekening worden gehouden met een betrouwbaarheidsinterval voor de droge Gt's VII voor Veldpodzolen (code Hn) met 50 tot 80 cm voor respectievelijk de GHG als de GLG. Voor de nattere Gt's (in het noorden) is het nauwkeuriger in te schatten: betrouwbaarheidsinterval 15 tot 20 cm voor de GHG en GLG. Bij de kalibratie en validatie van het model is uiteindelijk besloten de boringen niet te gebruiken gezien de relatief grote betrouwbaarheidsintervallen voor de drogere Gt's.

3 Kalibratie

Om het grondwatermodel verder te verbeteren is het model stationair en instationair gekalibreerd op basis van peilbuisgegevens. Gestart is met het stationair kalibreren van het model omdat het optimaliseren van de bodemparameters op deze wijze minder rekentijd vergt. Vervolgens zijn de parameters die een rol spelen bij de dynamiek van grondwater (fluctuatie door seizoenen) verder instationair gekalibreerd. De methode die is gebruikt voor de kalibratie is een combinatie van PEST (Model-Independent **P**arameter **E**stimation) en handmatige kalibratie. PEST past automatisch de parameterwaarden aan totdat het verschil tussen de gemeten en berekende grondwaterstanden het kleinste is. Dit kunnen echter ook onrealistische waarden zijn. Voorafgaand aan de kalibratie is daarom per parameter bepaald binnen welke bandbreedte aanpassingen plausibel worden beschouwd.

3.1 Bandbreedte kalibratie

In het overleg op 19-04-2018 zijn de bandbreedtes voor de kalibratie gezamenlijk bepaald door de Provincie Overijssel, Waterschap Vechtstromen, Staatsbosbeheer en Tauw. De bandbreedtes zijn bepaald aan de hand van een vergelijking tussen boringen, Regis2.2, gebiedservaring en het model. In bijlage 8 is de vergelijking tussen de boringen, Regis2.2 en het model opgenomen. De gezamenlijk bepaalde bandbreedtes zijn weergegeven in tabel 3.1. De kalibratie van het model heeft plaatsgevonden binnen de onderstaande bandbreedte.

Het model is niet gekalibreerd voor de conductance van de drainage. Dit aangezien er geen peilbuizen beschikbaar zijn in de gedraineerde percelen. Ondanks de afwezigheid van peilbuizen is besloten de conductance nader te beschouwen voorafgaand aan de kalibratie. Uitgaande van een breedte van de drain van 0,2 m, een drainafstand van 8 m, een intreeweerstand van 1 dag en een celformaat van 25 * 25 m wordt een conductance berekend van $((0,2 * 25 * 3) / 1) = 15 \text{ m}^2/\text{dag}$. In het uitgangsmodel is een conductance gehanteerd van $9 \text{ m}^2/\text{dag}$. Besloten is de conductance voor de drainage te wijzigen met een factor $(15/9) 1,67$.

Tabel 3.1 Bandbreedtes voor de kalibratie

Parameter	Ondergens bandbreedte	Bovengrens bandbreedte
kD1 en kD2	0.5	6
kD3 en kD4	0.25	2
kD5 en kD6	0.5	2
kD7, kD8 en kD9	0.5	2
C1	0.5	2
C2	0.5	2
C4	0.5	2
Legger	1	5
Top10	1	5
Drainage	1.67	1.67

3.2 Stationaire kalibratie 1

3.2.1 Gevoeligheden

Voor de kalibratie is besloten parameters samen te nemen die onderdeel uitmaken van dezelfde formatie of deel uitmaken van hetzelfde watervoerende pakket.

Ongevoelige parameters worden vastgezet in de kalibratie om te voorkomen dat optimalisatie tot onrealistische waarden voor modelparameters leidt. De gevoeligheid van het model is gepresenteerd in tabel 3.2. Het model is voornamelijk gevoelig voor de weerstand van de boxtel klei (C2), de doorlatendheid van het watervoerend pakket direct onder de boxtel klei (kD3 en kD4) en de doorlatendheid van de Slenk (kD7, kD8 en kD9).

Tabel 3.2 Gevoeligheid van de stationaire kalibratie

Parameter	Absolute gevoeligheid	Relatieve gevoeligheid
kD1 en kD2 (fkd12)	0.001	0.008
kD3 en kD4 (fkd34)	0.014	0.018
kD5 en kD6 (fkd56)	0.016	0.008
kD7, kD8 en kD9 (fkd789)	0.010	0.014
C1 (fc1)	0.001	0.000
C2 (fc2)	0.026	0.013
C4 (fc4)	0.002	0.001
Legger (fcond1)	0.002	0.011
Top10 (fcond2)	0.000	0.002

3.2.2 Correlaties

De berekende correlaties van het model zijn opgenomen in figuur 3.1. Het figuur geeft de samenhang tussen parameters weer. Een hoge waarde (>0.7 Of <-0.7) betekent dat een verandering in een parameter in belangrijke mate gecompenseerd kan worden met een verandering in de ander. Een lage waarde betekent een beperkte samenhang tussen parameters waardoor deze het kalibratieresultaat onafhankelijk van elkaar beïnvloeden.

	fkd12	fkd34	fkd56	fkd789	fc1	fc2	fc4	fcond1	fcond2
fcond2	-20	19	19	-41	67	6	-6	40	100
fcond1	-18	33	-4	-29	20	34	-6	100	
fc4	23	17	-11	-11	11	-12	100		
fc2	42	6	-16	-17	-26	100			
fc1	21	10	12	-22	100				
fkd789	-7	-61	0	100					
fkd56	-7	-11	100						
fkd34	-4	100							
fkd12	100								

Figuur 3.1 Correlatie van stationaire kalibratie I. fcond1 is de conductiviteit van de legger watergangen, fcond2 is de conductiviteit van de top10 watergangen

Conclusie: gecorreleerde parameters (kd1 en kd2, kd3 en kd4 et cetera) zijn al samengenomen op basis van geconstateerde correlatie uit de eerdere kalibratie. Tussen de andere parametercombinaties is verder weinig correlatie.

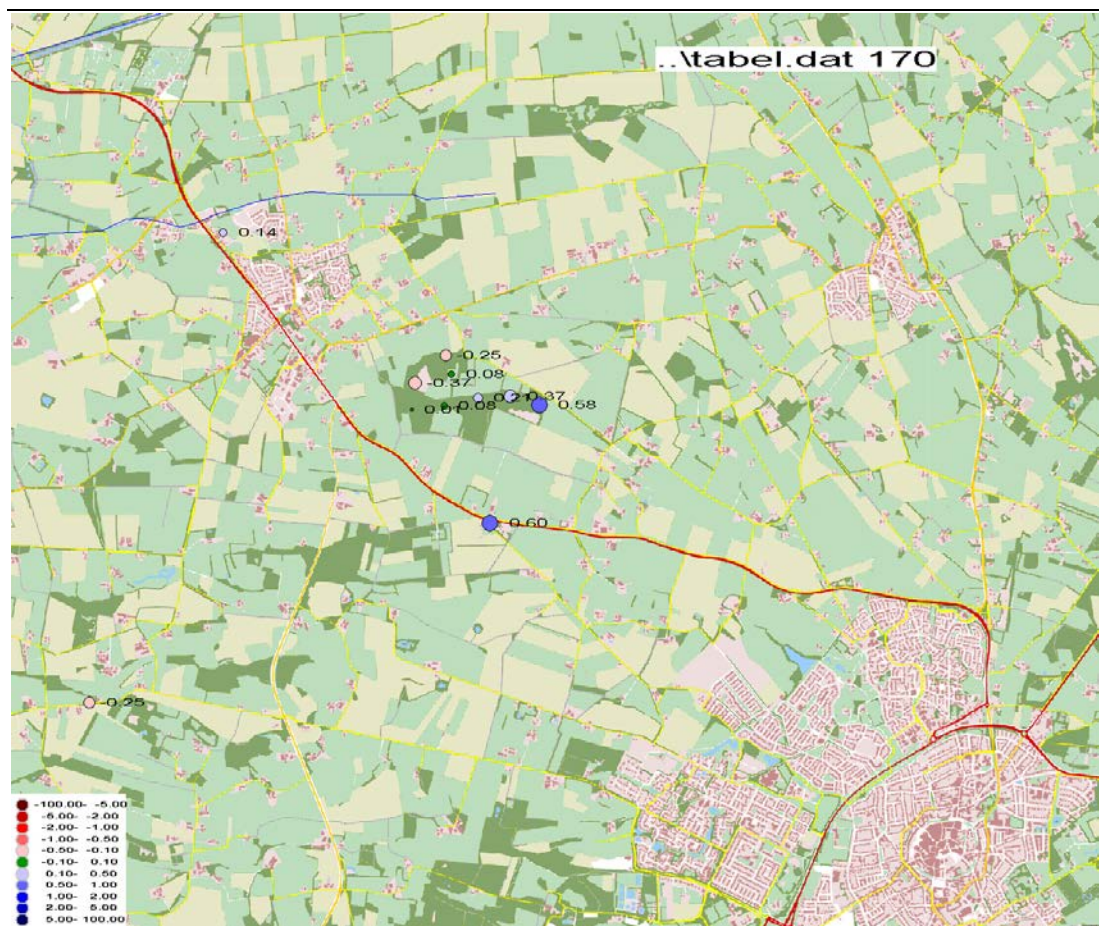
3.2.3 Resultaten

De kalibratie behaalt de laagste RMSE (root mean squared error) bij de parameterwaardes in tabel 3.3. Meerdere parameters bevinden zich op de grens van hun bandbreedte.

Tabel 3.3 Resultaat van de kalibratie

Parameter	Uiteindelijke resultaat	Minimale bandbreedte	Maximale bandbreedte
kD1 en kD2	6.0	0.5	6
kD3 en kD4	1.25	0.25	2
kD5 en kD 6	0.5	0.5	2
kD7, kD8 en kD9	1.40	0.5	2
C2	0.5	0.5	2
Legger	5.0	1	5
Top10	5.0	1	5

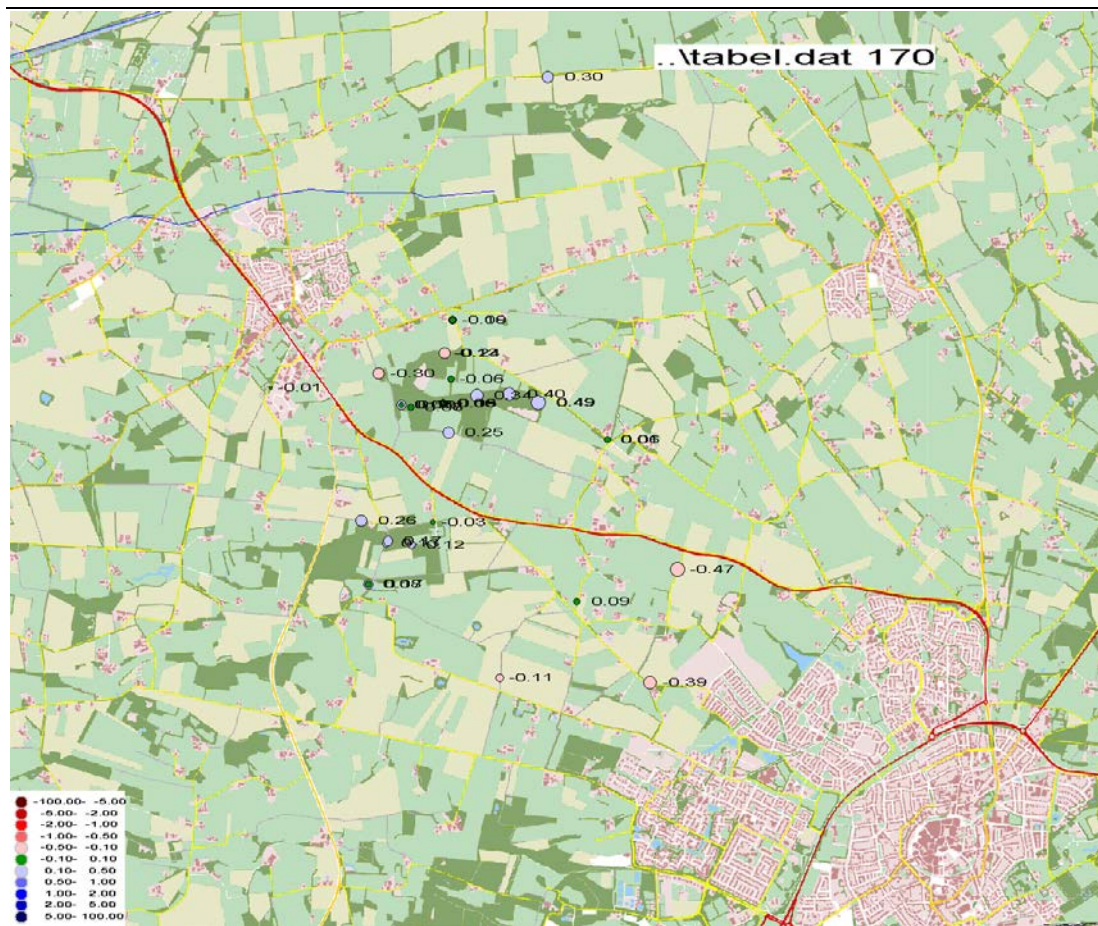
De ballenkaarten in figuren 3.2 tot 3.4 laten zien dat de grondwaterstanden in de Dolland te hoog worden berekend. Dit is het geval boven de Boxtelklei (modellaag 1 in figuur 3.2) en bij de stijghoogte onder de Boxtelklei (modellaag 3 in figuur 3.4). Daarnaast wordt de grondwaterstand bij de winning Weerselo te hoog berekend.



Figuur 3.2 Afwijking stationaire model in laag 1 ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand



Figuur 3.3 Afwijking stationaire model in laag 2 ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand



Figuur 3.4 Afwijking stationaire model in laag 2 ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand

3.2.4 Conclusies

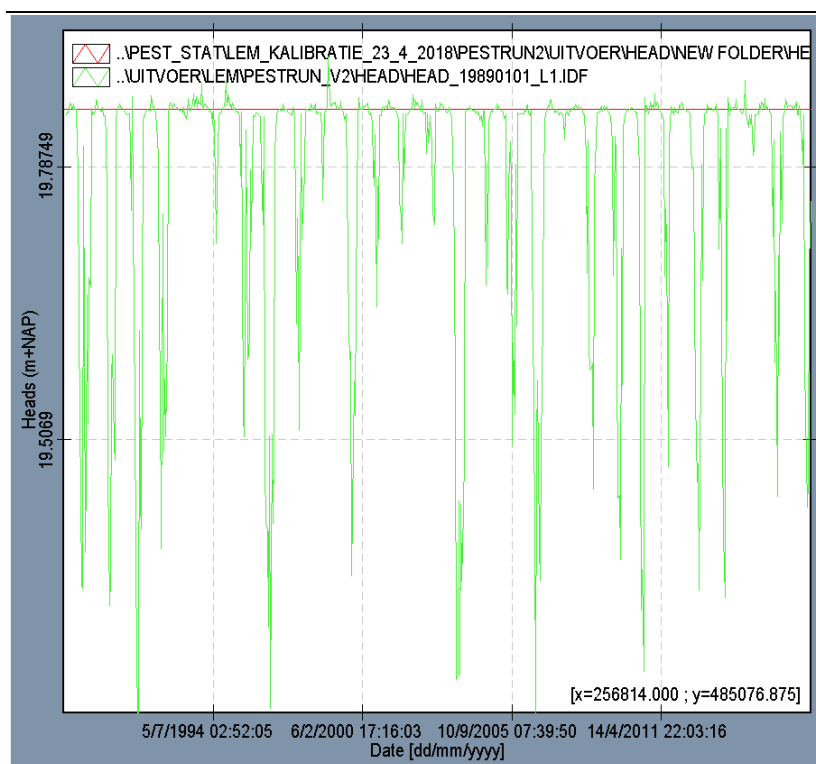
De volgende conclusies worden getrokken op basis van de stationaire kalibratie:

- Het kalibratieresultaat bevindt zich bij veel parameters op de minimum of maximum van de ingestelde bandbreedte
- De grondwaterstand in de laagte van de Dollard en in de omgeving van de winning Weerselo worden te hoog berekend.
- De afwijkingen in modellaag 3 zijn relatief klein

Het ondiepe kalibratie resultaat duidt op een te nat model. De weerstand van de boxtelklei wordt verlaagd tot het minimum, de ondiepe doorlatendheid (kD1 en kD2) en de conductance van de waterlopen verhoogd tot het maximum. Bij deze parameterwaardes wordt gepoogd water af te voeren naar de watergangen of diepere (beter doorlatende) modellagen. Gecontroleerd moet worden waardoor dit veroorzaakt wordt voordat de kalibratie kan worden voortgezet (aanpassing van modelconcept).

3.3 Controles na stationaire kalibratie 1

De grondwaterstanden bij Lemselermaten worden in de stationaire kalibratie tot maaiveld berekend. De gemeten grondwaterstand zakt in de zomer ver uit, waardoor de gemiddelde grondwaterstand onder maaiveld bevindt. Het instationaire model zakt net als de metingen uit in de zomer, zoals te zien in figuur 3.5.



Figuur 3.5 Vergelijking tussen stationaire en instationaire modelrun bij peilbuis B28H1808. Beide modellen maken gebruik van de parameters uit stationaire kalibratie I

Aanvullend is onderzocht of de natte situatie niet wordt veroorzaakt door te hoge waterpeilen of een te grote grondwateraanvulling.

3.3.1 Grondwateraanvulling

De grondwateraanvulling van het model wordt bepaald aan de hand van de gemiddelde grondwateraanvulling van het instationaire model. Stationaire kalibratie I maakt gebruik van de grondwateraanvulling uit het concept model LEM (opgeleverd in mei 2017). Deze aanvulling is bepaald met te lage grondwaterstanden, waardoor de verdamping wordt gereduceerd. Dit zorgt voor een hogere grondwateraanvulling.

De grondwateraanvulling is opnieuw bepaald met het eindmodel, in Lemselermaten worden de grondwaterstanden te hoog berekend door het model. Hierdoor zal de verdamping minder

worden gereduceerd en een lagere grondwateraanvulling aanwezig zijn in het model. De grondwateraanvulling is bepaald van de voorgeschreven methodiek van Alterra (iMODFLOW-MetaSWAP koppeling; “Hoe zit dat met de grondwateraanvulling”, Paul van Walsum en Ab Veldhuizen; 5-5-2017).

De opnieuw berekende grondwateraanvulling is circa 20% lager dan de eerder berekende grondwateraanvulling. De aangepaste grondwateraanvulling kan mogelijk leiden tot gemiddeld lage grondwaterstanden in de kalibratie en wordt om deze reden toegepast bij de tweede stationaire kalibratie.

3.3.2 Controle peil watergangen

De legger watergangen zijn gebaseerd op het oppervlaktewatermodel door Arcadis. De peilen in dit model zijn vergelijkbaar met het peil in de officieel opgeleverde versie van MIPWA 3.0.

De top10 watergangen in het model zijn gebaseerd op basis van het AHN. Op de locaties waar MIPWA 3.0 een lager peil heeft zijn de peilen van MIPWA 3.0 toegepast.

3.3.3 Vastzetten parameters kalibratie

Uit de gevoeligheid van het model blijkt dat het model ongevoelig is voor aanpassingen in C1 en C4. Om deze reden is besloten om deze parameters bij de stationaire kalibratie vast te zetten op de waarde 1.0.

3.4 Stationaire kalibratie II

De verlaagde grondwateraanvulling zou het stationaire model vergelijkbaarder moeten maken met het instationaire model. Hiermee is het mogelijk om de diepe parameters vast te kunnen stellen. Uiteindelijk worden de factoren van kD 5 tot en met kD 9 worden vastgesteld met deze kalibratie.

3.4.1 Gevoeligheden

De gevoeligheid van het model is gepresenteerd in tabel 3.4. In vergelijking tot de kalibratie in hoofdstuk 3 is de gevoeligheid van het model beperkt veranderd. De aangepaste grondwateraanvulling leidt tot vergelijkbare gevoeligheden.

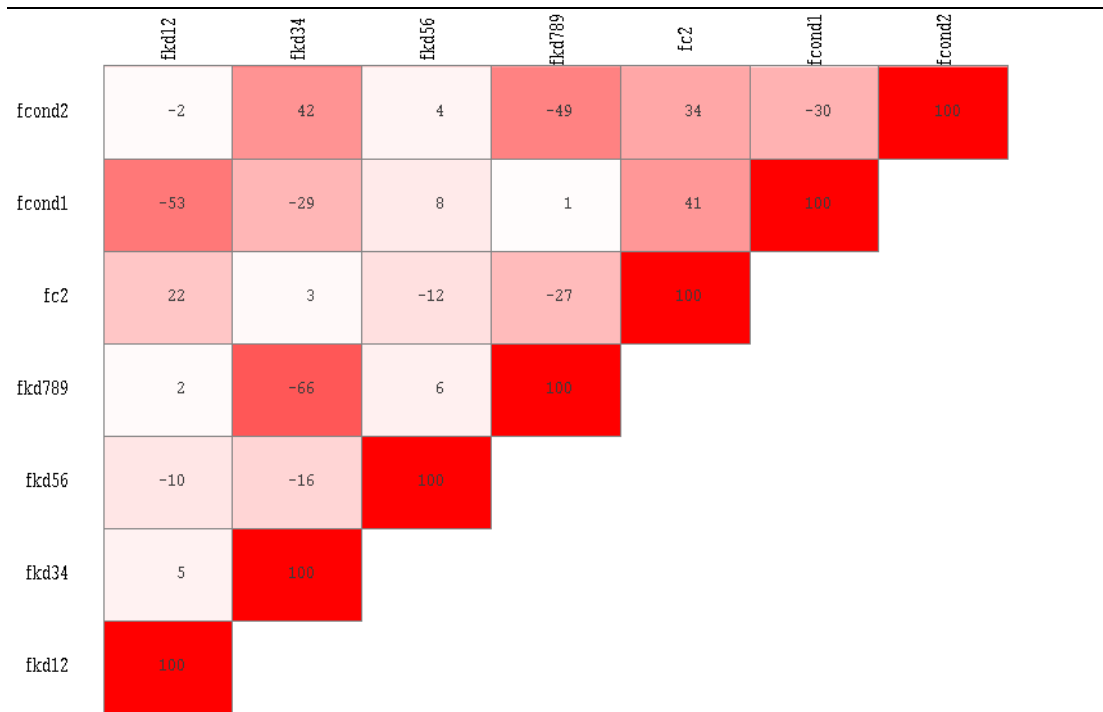
Tabel 3.4 gevoeligheid van de stationaire kalibratie II

Parameter	Absolute gevoeligheid	Relatieve gevoeligheid
kD1 en kD2 (fkd12)	0.001	0.009
kD3 en kD4 (fkd34)	0.018	0.016
kD5 en kD6 (fkd56)	0.020	0.010
kD7, kD8 en kD9 (fkd789)	0.011	0.015
C2 (fc2)	0.033	0.016
Conductance legger (fcond1)	0.001	0.004
Top10 (fcond2)	0.000	0.002

3.4.2 Correlatie

Uit de correlaties in figuur 3.6 blijkt een sterke relatie tussen kD34 en kD789 aanwezig te zijn. kD34 bepaald voor een belangrijk deel de afstroming van grondwater vanaf de stuwwal naar Lemselermaten en de winning van Weerselo. De negatieve correlatie hangt vermoedelijk samen met het effect van de drinkwaterwinning (vorm van afpompingskegel).

Opvallend is het gebrek aan de correlatie tussen kD789 en de conductiviteit van de legger (cond1), terwijl er wel een sterke correlatie is tussen de kD789 en de top10 (cond2) watergangen. In Lemselermaten worden de grondwaterstanden sterk gestuurd door de waterstanden in de Dollandbeek en de Weerselosebeek (legger watergangen). Peilbuizen in Lemselermaten bevinden zich op korte afstand van deze beken en hebben hierdoor een sterke invloed op de gevoeligheid van de leggerwatergangen.



Figuur 3.6 Correlatie van stationaire kalibratie I. fcond1 is de conductiviteit van de legger watergangen, fcond2 is de conductiviteit van de top10 watergangen

3.4.3 Resultaten

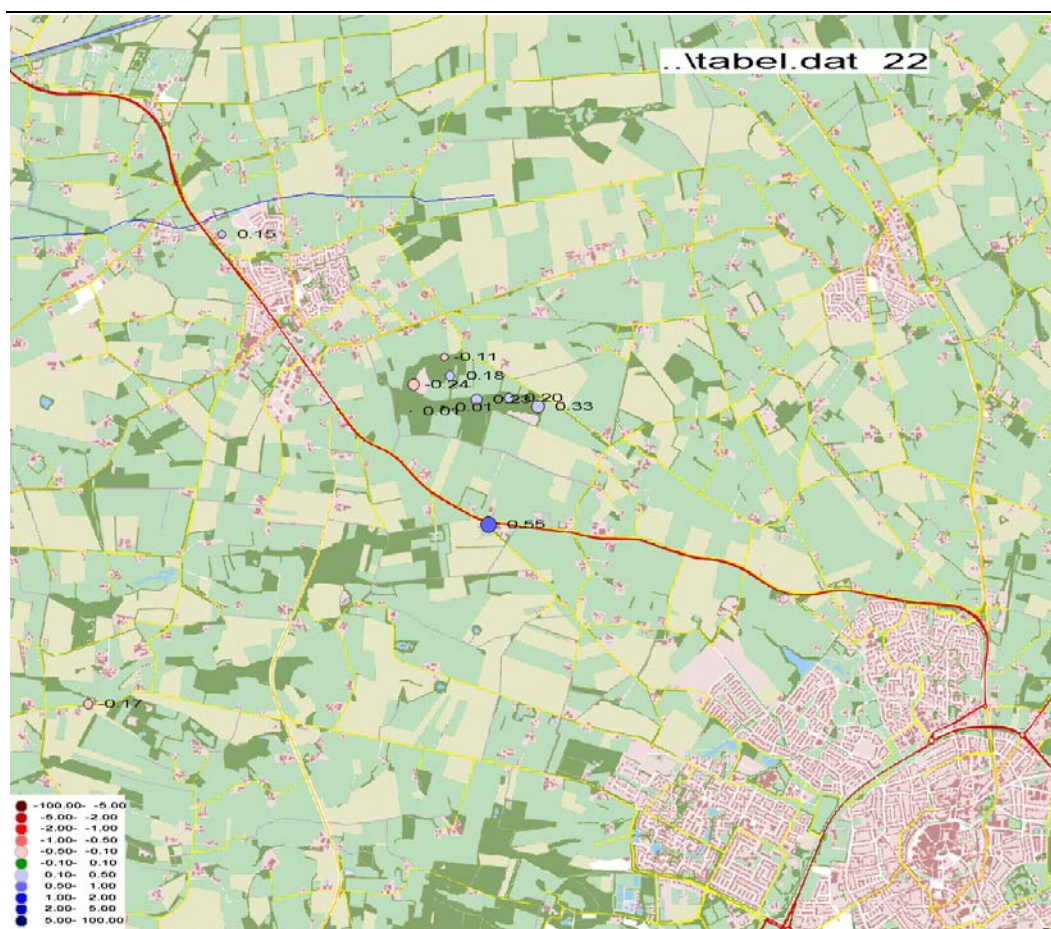
De kalibratie behaalt de meeste verbetering van de RMSE (root mean squared error) bij de parameterwaarden in tabel 3.5. Deze waarden worden gebruikt als uitgangspunt van de stationaire kalibratie

Tabel 3.5 Resultaat van de kalibratie

Parameter	Uiteindelijke resultaat	Minimale bandbreedte	Maximale bandbreedte
kD1 en kD2	4.47	0.5	6
kD3 en kD4	0.72	0.25	2
kD5 en kD 6	0.5	0.5	2
kD7, kD8 en kD9	1.59	0.5	2
C2	0.5	0.5	2
Legger	4.95	1	5
Top10	4.04	1	5

Vergelijkbaar met de eerste kalibratie, worden de grondwaterstanden in de Dolland te hoog berekend, zoals te zien in figuur 3.7. De grondwaterstand blijft begrensd door het maaiveld van het model. In de instationaire kalibratie wordt op de droge (GLG) en natte situaties (GHG), hiermee wordt gekeken naar het uitzakken van de grondwaterstand door het model. Hierdoor kunnen de parameters van het model nog wijzigen.

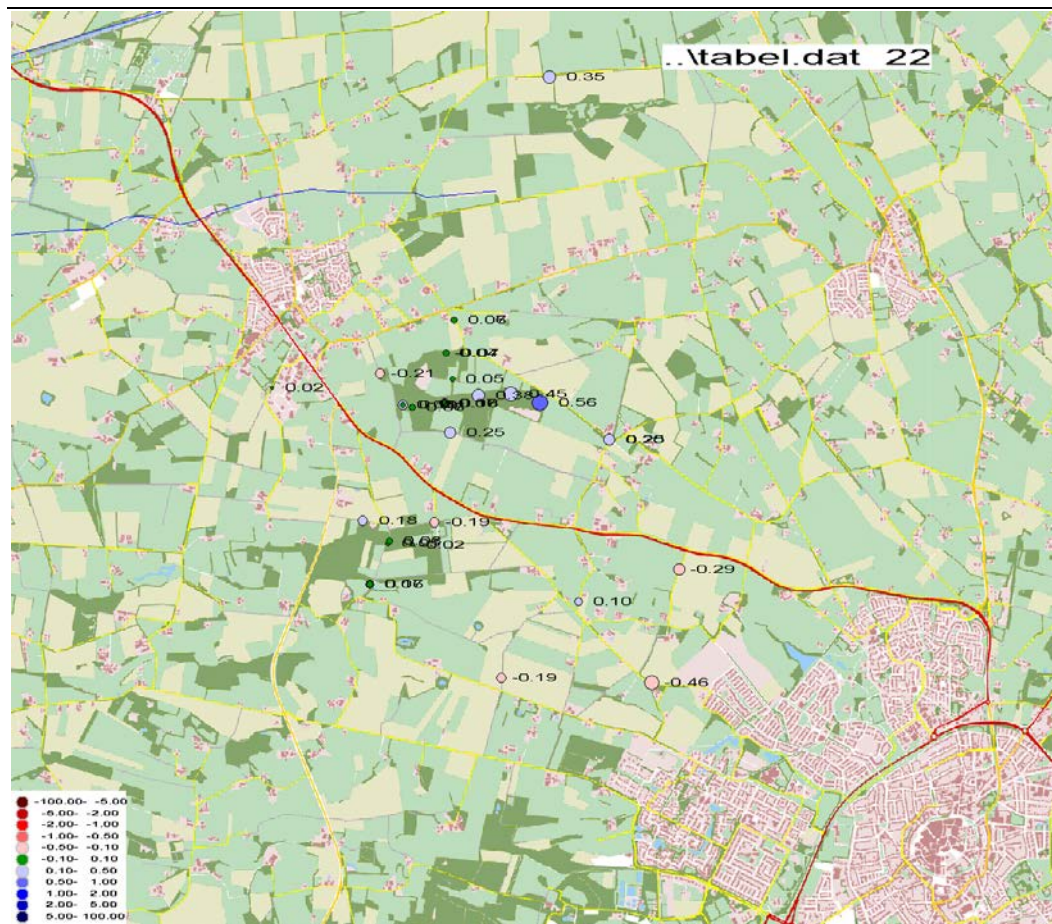
Opvallend aan het kalibratie resultaat zijn de lagere grondwaterstanden op de stuwwal in figuur 3.8 en figuur 3.9. De lagere grondwateraanvulling leidt tot een verdroging van de stuwwal, om deze reden wordt de kD3 en kD4 verlaagd in het model. Deze parameters zorgen voor een lagere toestroming naar Lemselermaten. De doorlatendheid van de slenk wordt verhoogd om dit te compenseren, zodat bij de winning de grondwaterstanden niet verlaagd worden.



Figuur 3.7 Afwijking stationaire model in laag 1 ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand



Figuur 3.8 Afwijking stationaire model in laag 2 ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand



Figuur 3.9 Afwijking stationaire model in laag 3 ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand

3.4.4 Conclusies

Het ondiepe kalibratie II resultaat blijft duiden op een te nat model. De grondwaterstanden staan in de stationaire omstandigheden aan het maaiveld. Voor de ondiepe parameters is het noodzakelijk om instationair te kalibreren, waarbij meer wordt gekeken naar het uitzakken van de grondwaterstanden in droge omstandigheden. De diepe modellagen, kD 5 tot 9 worden vastgezet. Tot slot worden de watergangen van de legger en de top10 samengenomen in de instationaire kalibratie, omdat deze vergelijkbaar reageren op wijzigingen.

3.5 Instationaire kalibratie

De instationaire kalibratie heeft als doel de dynamiek van het grondwatersysteem in het model te verbeteren. Hierbij wordt gekeken naar de gemiddeld hoogste grondwaterstand, gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en gemiddeld laagste grondwaterstand.

3.5.1 Gevoeligheden

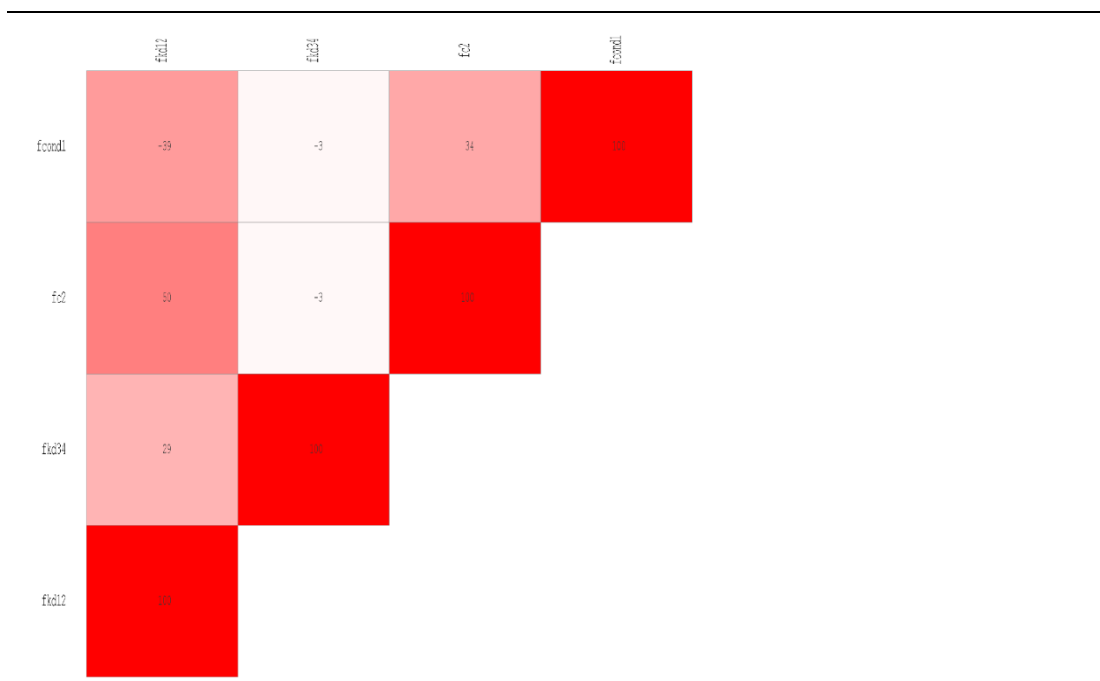
Het model blijft gevoelig voor aanpassingen aan de doorlatendheid van modellaag 3 en 4 en de weerstand van de Boxtel klei in laag 2, zoals te zien in tabel 3.6. De gevoeligheid van de watergangen is sterk toegenomen in de instationaire kalibratie. Vergelijkbaar met de stationaire kalibratie blijkt dat de ondiepe doorlatendheid (kD 12) een beperkte gevoeligheid heeft.

Tabel 3.6 Gevoeligheid van de instationaire kalibratie

Parameter	Absolute gevoeligheid	Relatieve gevoeligheid
kD1 en kD2 (fkD12)	0.000	0.002
kD3 en kD4 (fkD34)	0.011	0.012
C2 (fc2)	0.010	0.005
Legger én top10 (fcond1)	0.006	0.007

3.5.2 Correlaties

De berekende correlaties van het model zijn opgenomen in figuur 3.10.



Figuur 3.10 Correlatie van instationaire kalibratie. fcond1 is de conductiviteit van de legger watergangen én de top10 watergangen

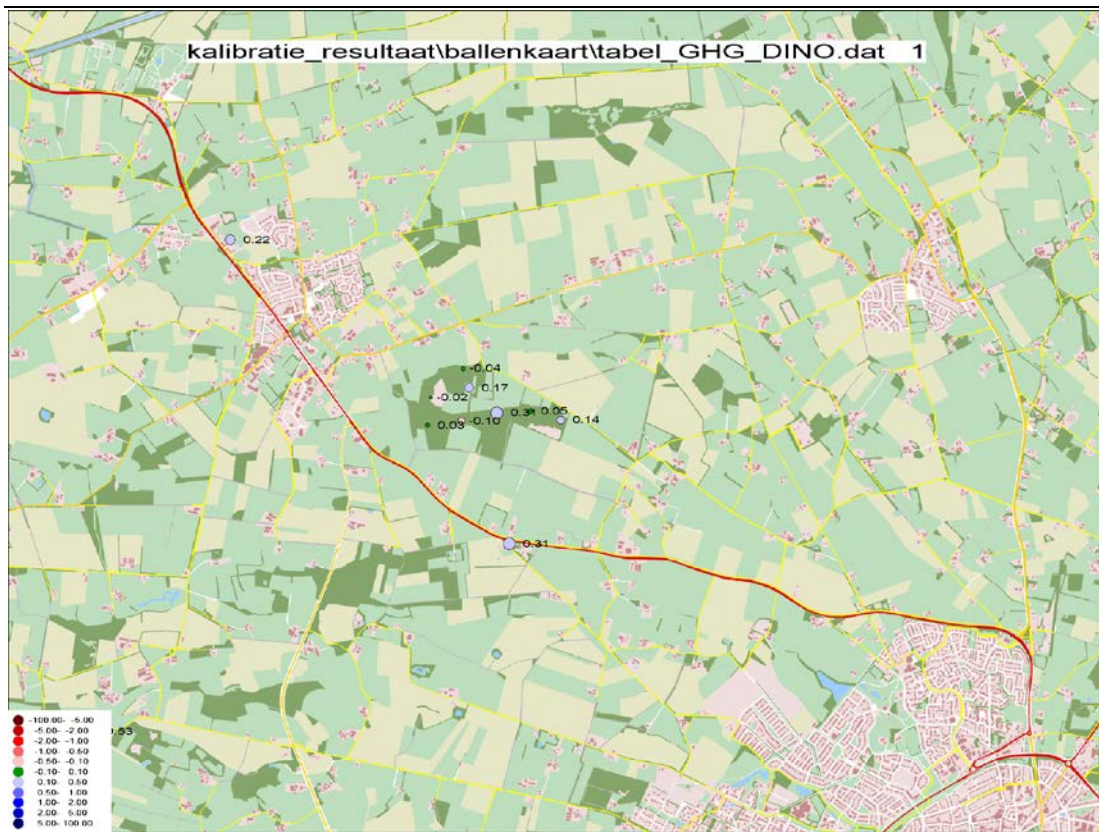
3.5.3 Resultaten

Uit tabel 3.7 blijkt dat kalibratie leidt tot 2 parameters op de maximale of minimale waarde van de bandbreedte bevindt. Uit de correlatie blijkt dat een verlaging van de ondiepe conductiviteit mogelijk is, als deze gecompenseerd wordt met een afname van C2, echter is dit niet mogelijk omdat C2 bij de start van de kalibratie op de minimale bandbreedte bevindt. De weerstand van de boxtelklei (C2) kan om dezelfde reden niet worden verhoogd, omdat de ondiepe conductiviteit niet kan worden verhoogd.

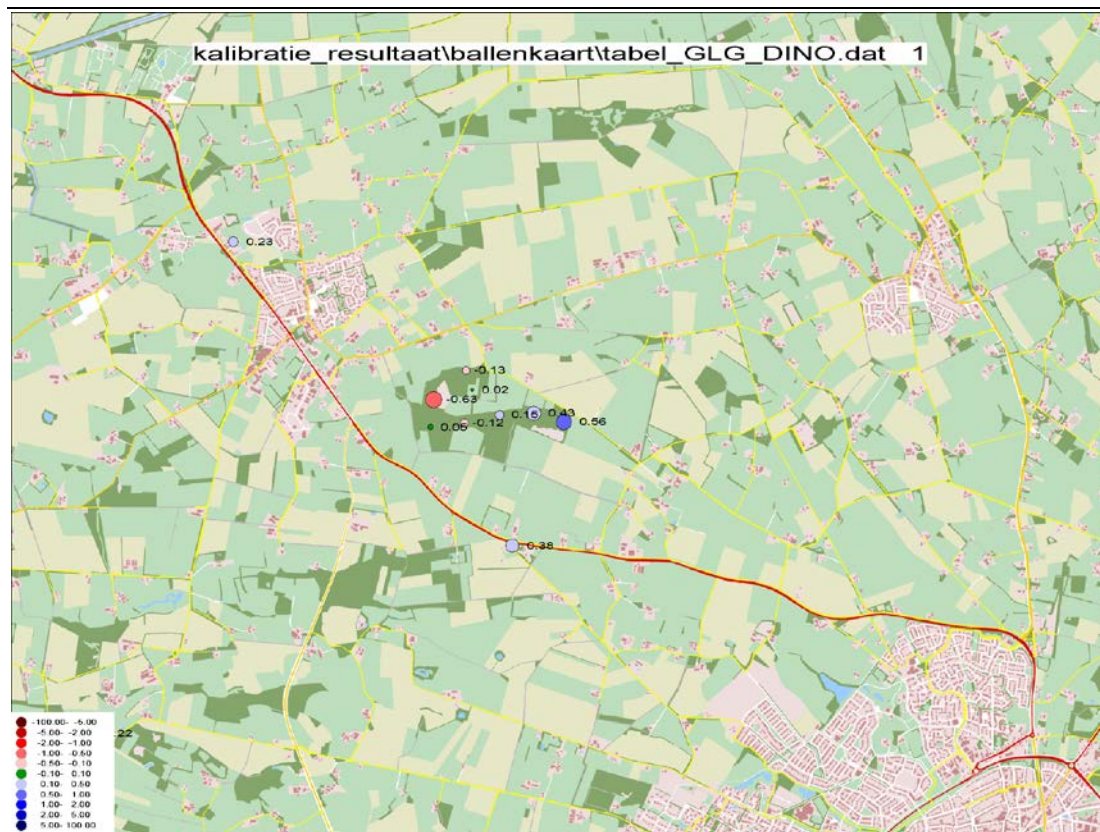
Tabel 3.7 resultaat van de instationaire kalibratie

Parameter	Uiteindelijke resultaat	Minimale bandbreedte	Maximale bandbreedte
kD1 en kD2	6.0	0.5	6
kD3 en kD4	1.03	0.25	2
C2	0.5	0.5	2
Legger en top10	1.18	1	5

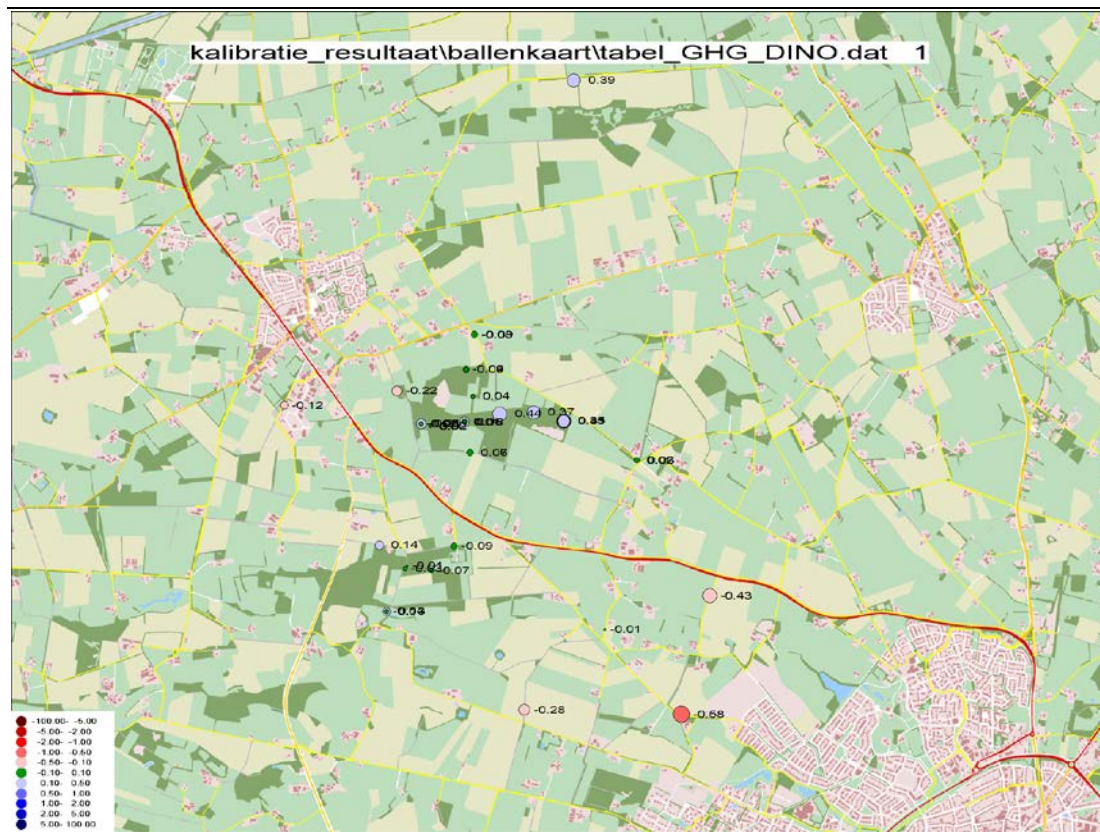
Uit de ballenkaarten in figuren 3.11 tot 3.14 volgt dat het model een goede fit heeft bij Lemselermaten. Richting de stuwwal is er echter sprake van te lage grondwaterstanden in de GHG en in de GLG situatie.



Figuur 3.11 Afwijkingen van het model ten opzichte van de GHG in modellaag 1



Figuur 3.12 Afwijkingen van het model ten opzichte van de GLG in modellaag 1



Figuur 3.13 Afwijkingen van het model ten opzichte van de GHG in modellaag 3



Figuur 3.14 Afwijkingen van het model ten opzichte van de GLG in modellaag 3

3.5.4 Kalibratieresultaat

Bij de instationaire kalibratie zijn de parameters gekalibreerd die effect hebben op de dynamiek van de grondwaterstand. Bij deze kalibratie zijn een aantal parameters vastgesteld op de waarde 1 omdat de gevoeligheid beperkt is en optimalisatie zou leiden tot onrealistische waarden voor de kalibratie. In onderstaand tabel is het uiteindelijk kalibratieresultaat gepresenteerd voortgekomen uit zowel de stationaire kalibratie (kD5, kD6, kD7, kD8, kD9, C1 en C4) als de instationaire kalibratie (kD1, kD2, kD3, kD4, C2, Legger en Top10).

Tabel 3.8 Kalibratieresultaat

Parameter	kalibratieresultaat	Minimale bandbreedte	Maximale bandbreedte
kD1 en kD2	6.0	0.5	6
kD3 en kD4	1.03	0.25	2
kD5 en kD6	0.5	0.5	2
kD7, kD8 en kD9	1.59	0.5	2
C1	1*	0.5	2
C2	0.5	0.5	2
C4	1*	0.5	2
Legger	1.18**	1	5
Top10	1.18**	1	5

* Vastgezet

** Legger en top10 watergangen zijn gelijktijdig gekalibreerd

De invloed van de kalibratie op de gehanteerde weerstanden en doorlatendheden in het model zijn weergegeven in tabel 3.9. De tabel bevat de weerstand en doorlatendheid voor en na kalibratie.

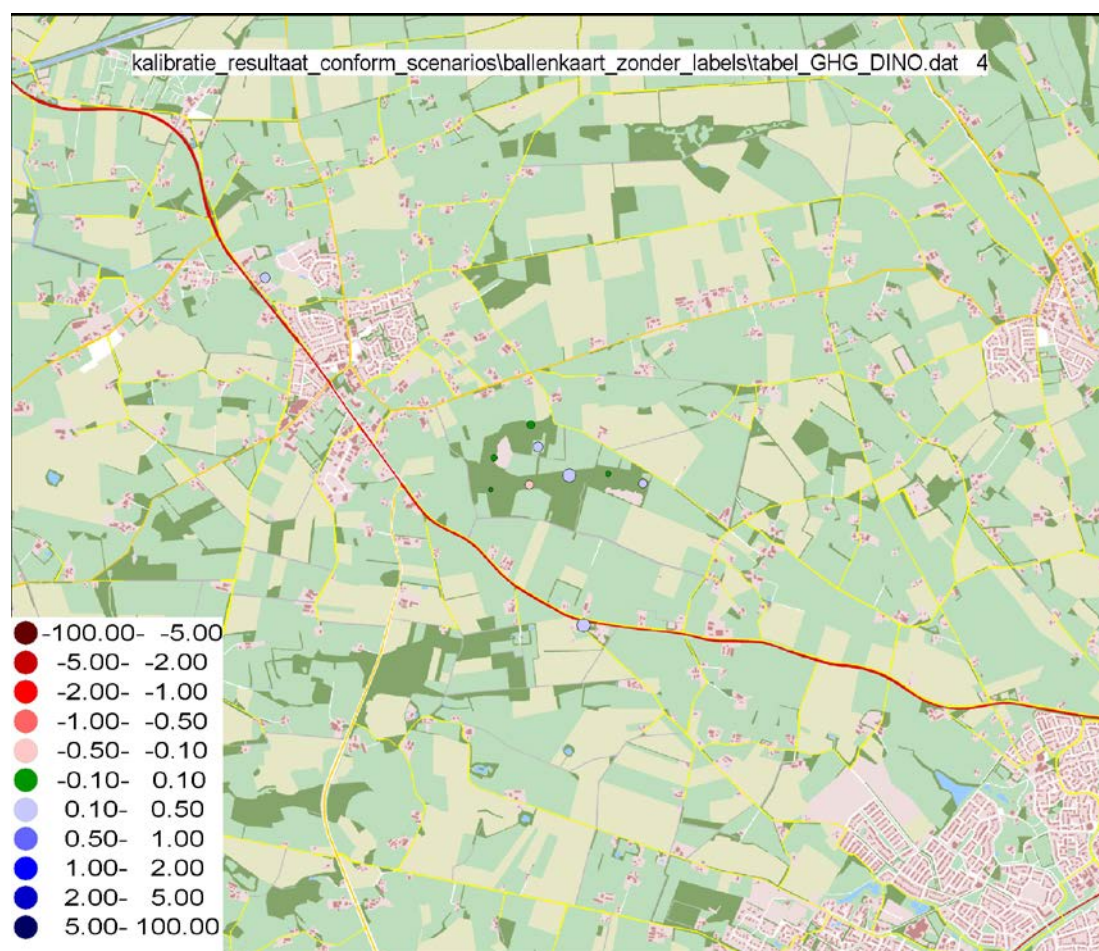
Tabel 3.8 Bandbreedte bij kD en C waarden ter plaatse van Lemselermaten in gekalibreerd en ongekalibreerd model

Laag nummer	Ongekalibreerde kD (m2/d)	Factor KD (-)	Gekalibreerde kD (m2/d)	Ongekalibreerde C (dagen)	Factor C (-)	Gekalibreerde C (dagen)
1	0.1 t/m 0.7	6	0.6 t/m 4.2	0.1 t/m 1.5	1	0.1 t/m 1.5
2	0.3 t/m 5	6	1.8 t/m 30	8 t/m 20	0.5	4 t/m 10
3	0.3 t/m 5	1.03	0.3 t/m 5	1 t/m 3	1	1 t/m 3
4	110 t/m 210	1.03	115 t/m 220	400 t/m 10.000	1	400 t/m 10.000
5	0.001 t/m 80	0.5	0.001 t/m 40	0.1 t/m 1.5	1	0.1 t/m 1.5
6	0.001 t/m 80	0.5	0.001 t/m 40	0.3 t/m 1.5	1	0.3 t/m 1.5
7	0.001 t/m 80	1.59	0.001 t/m 125	0.1 t/m 1.5	1	0.1 t/m 1.5
8	0.001 t/m 80	1.59	0.001 t/m 125	0.1 t/m 1.5	1	0.1 t/m 1.5
9	0.001 t/m 80	1.59	0.001 t/m 125			

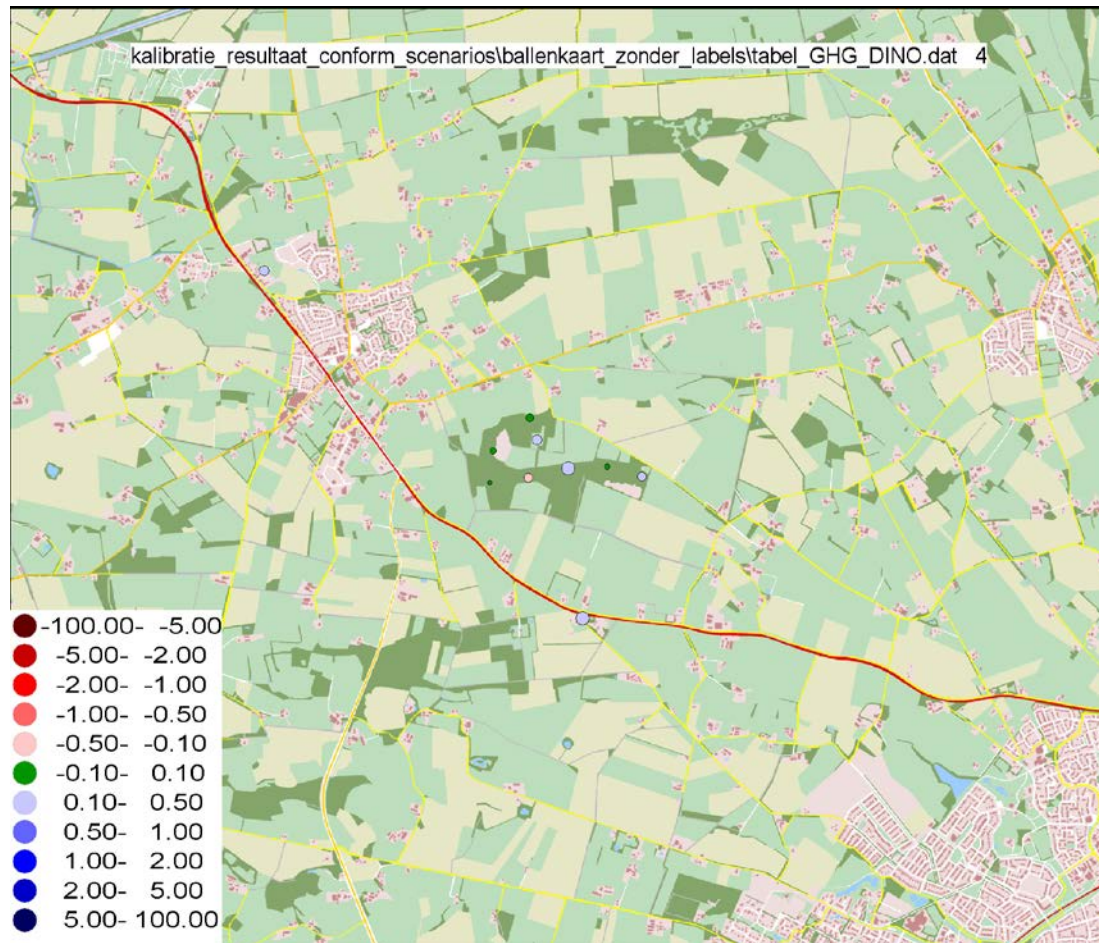
4 Performance eindmodel

4.1 Residuen

Figuur 4.1 toont de residuen voor de GHG van het freatisch pakket (modellaag 1 en 2). Het valt op dat in het oosten van Lemselermaten te berekenen grondwaterstanden te hoog zijn en in het westen te laag. Op de stuwwal worden te hoge grondwaterstanden berekend, de flanken zijn te droog. Verder valt op dat de residuen groter zijn in de GLG situatie. De tijdstijghoogtelijnen in bijlage 6 tonen een verbetering ten opzichte van MIPWA3.0.

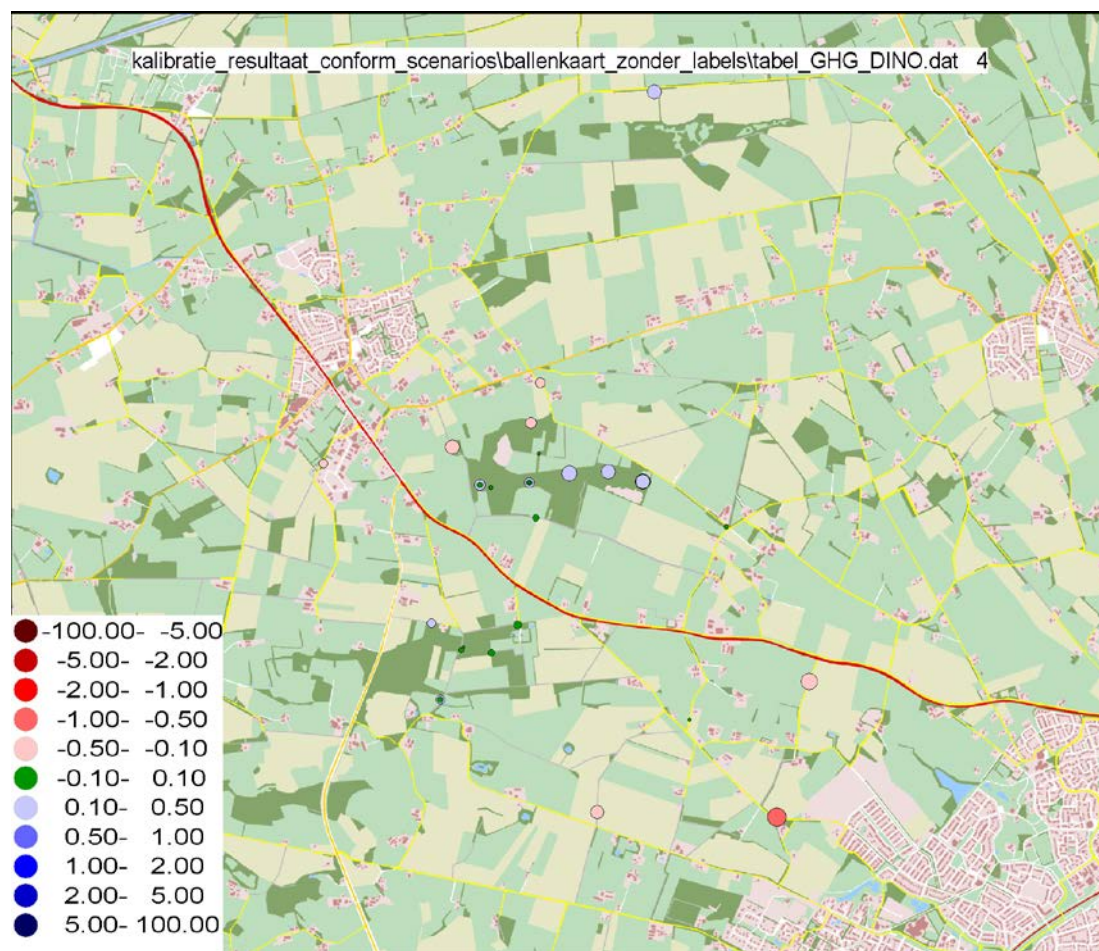


Figuur 4.1 Freatische residuen GHG

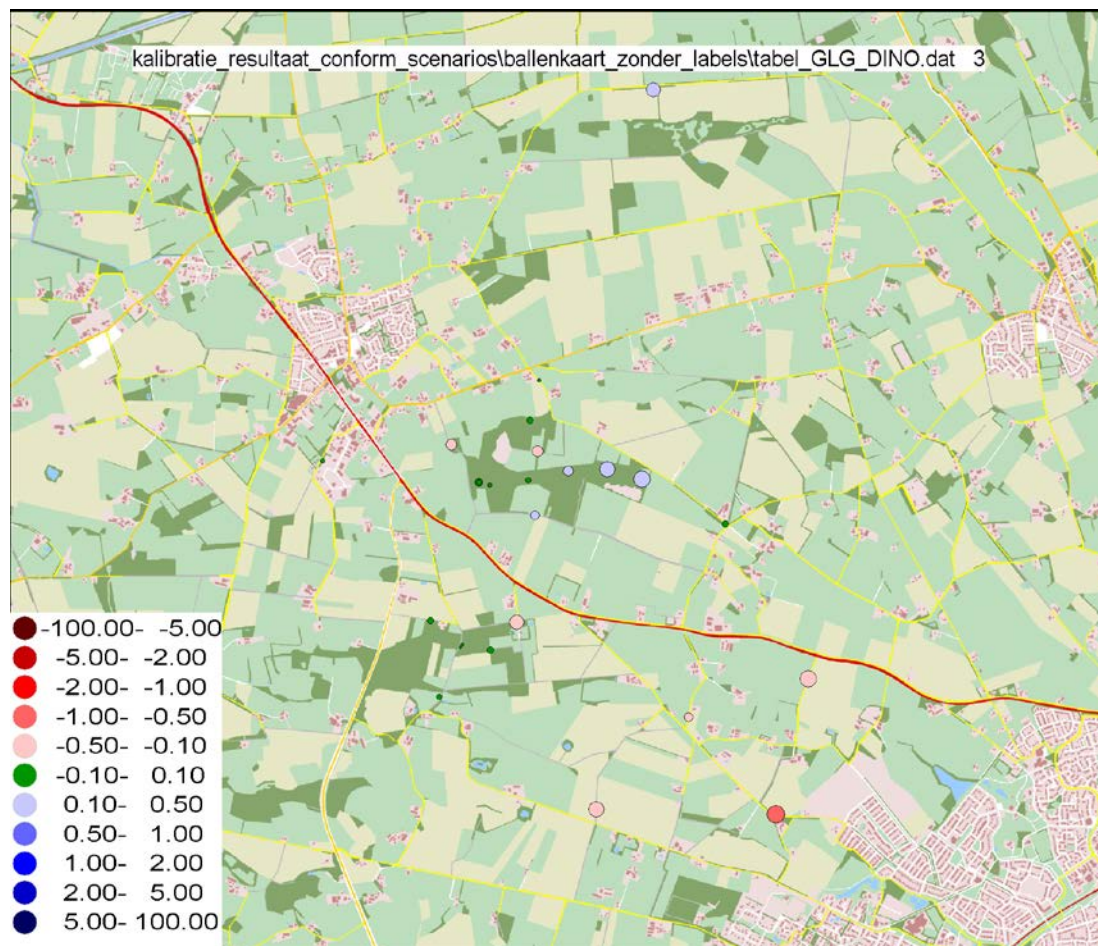


Figuur 4.2 Freatische residuen GLG.

Figuur 4.3 en figuur 4.4 tonen de residuen voor modellaag 3. Hierin is te zien dat de residuen beperkt zijn ter plaatse van Lemselermaten. De stijghoogte wordt in zowel de GHG als de GLG-situatie systematisch te laag berekend. Ter plaatse van de drinkwaterwinning Weerselo zijn de afwijkingen groter, met name in de GHG situatie. De stijghoogte systematisch te laag berekend. Het is echter niet mogelijk om dit te verbeteren, omdat er ter plaatse van de winning geen boringen zijn die voldoende nauwkeurige boorbeschrijvingen hebben om op basis daarvan het model aan te passen.



Figuur 4.3 Residuen modellaag 3 voor de GHG (links)



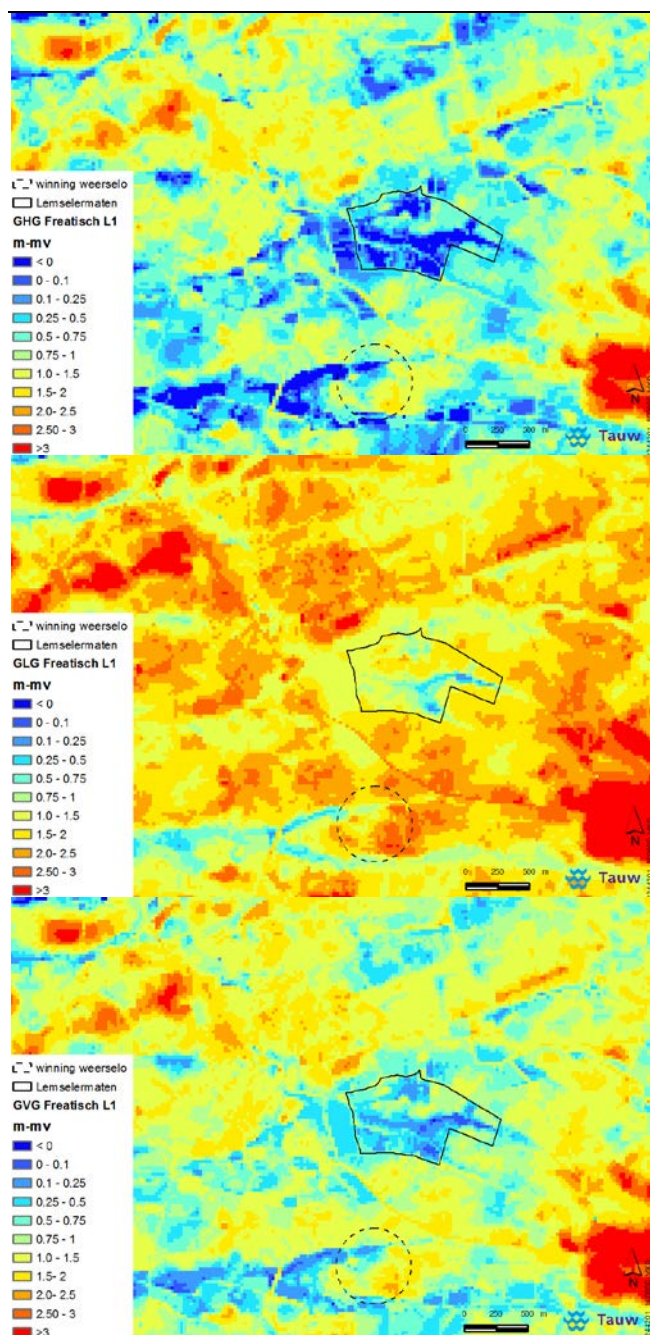
Figuur 4.4 Residuen modellaag 3 voor de GLG (links)

Bijlage 7 toont de gemiddelde residuen voor modellagen 4 t/m 9. Voor modellaag 4 wordt over het algemeen een wat te lage grondwaterstand berekend ter plaatse van Lemselermaten. Ter plaatse van de winning Weerselo zijn de afwijking groter. Ook in de diepere lagen zijn de afwijking hier groter dan in de omgeving. Dit komt doordat in het algemeen het ter plaatse van een grote onttrekking moeilijker is om het model te kalibreren vanwege onttrekkingsregime. Daarnaast is het niet duidelijk waar de slenk zich precies bevindt, doordat er ter plaatse van de winning geen boringen zijn met voldoende nauwkeurige boorbeschrijvingen.

4.2 Berekende grondwaterstanden

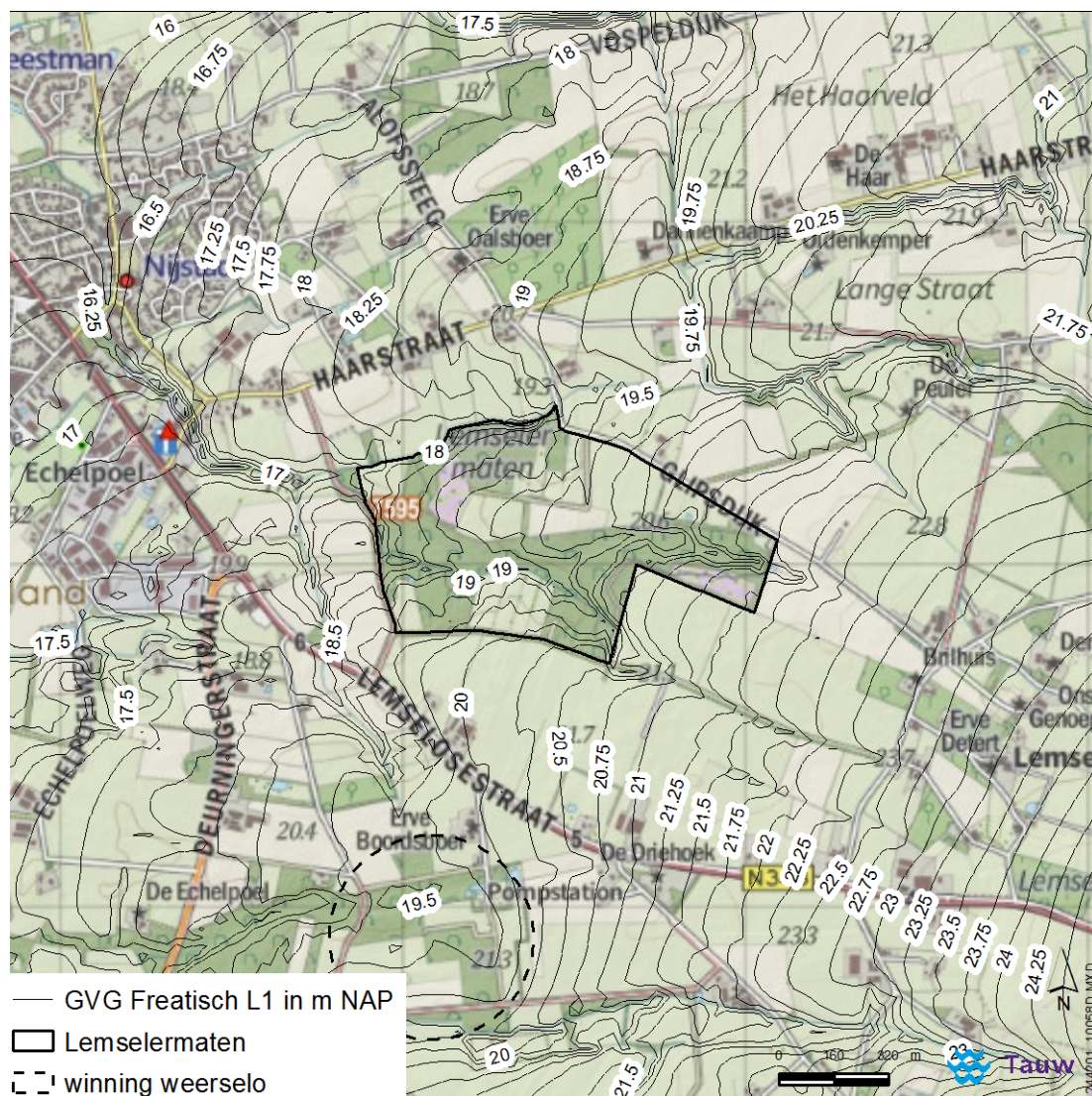
In figuur 4.5 zijn de berekende grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld weergegeven. In de figuren zijn de delen die in de winter en voorjaar inunderen goed te herkennen. Ook de hogere delen van Lemselermaten zijn te herkennen. In de GLG-situatie is de grondwaterstand in de lage

delen van Lemselermaten nog steeds vrij hoog (0,5 tot 1 m -mv). In de omgeving is de grondwaterstand echter diep gezakt (dieper dan 2 m-mv).



Figuur 4.5 Berekende grondwaterstanden (m) ten opzichte van maaiveld

In figuur 4.6 zijn de isohypsen voor de GVG weergegeven met een contourinterval van 25 cm. De drainerende invloed van de Weerselerbeek en de Dollandbeek op de grondwaterstand is duidelijk zichtbaar. Daarnaast is het lage gedeelte in het oosten van Lemselermaten, waar grondwater over het maaiveld wordt afgevoerd, duidelijk herkenbaar.



Figuur 4.6 Isohypsens voor de GVG

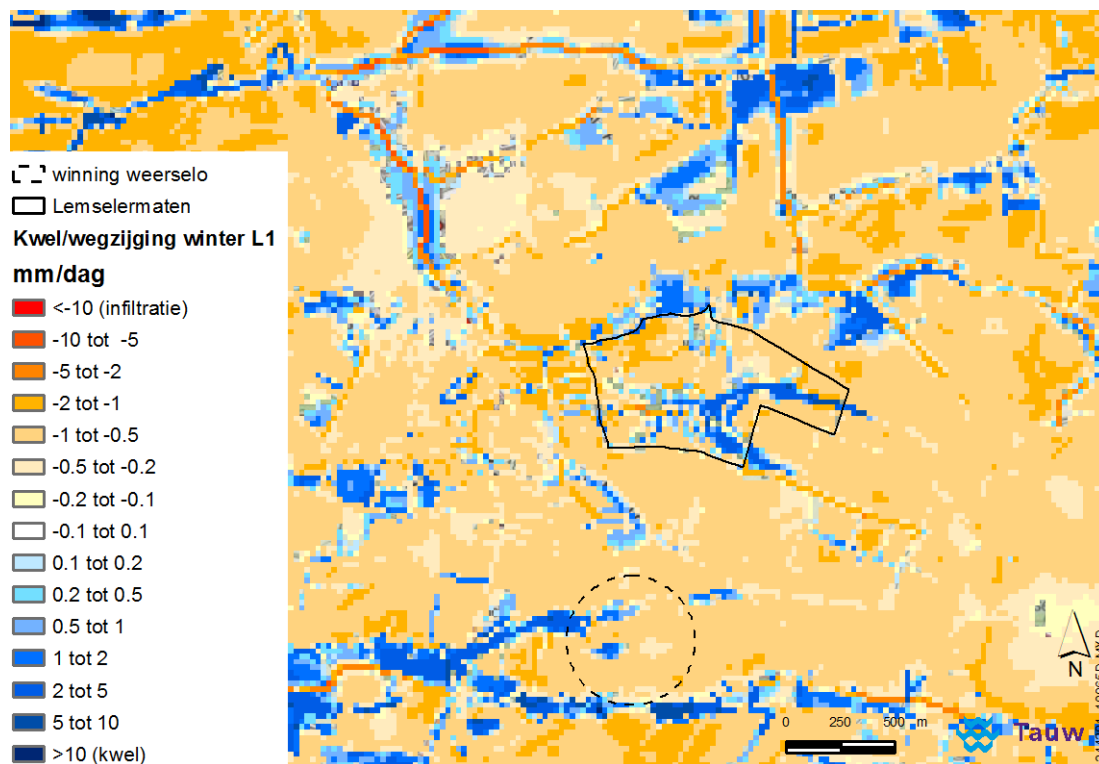
4.3 Tijdstijghoogtelijnen

In bijlage 6 zijn de tijdstijghoogtelijnen weergegeven met de berekende stijghoogte door het aangepaste model en door MIPWA3.0 tot 2001. Hierna crasht MIPWA. Uit de tijdstijghoogtelijnen blijkt dat berekende grondwaterstanden voor modellaag 2 over het algemeen zijn verbeterd, met name ter plaatse van Lemselermaten. Voor modellaag 3 is er ter plaatse van Lemselermaten een

verbetering. Daar buiten is echter sprake van een lichte verslechtering. Er zijn voor deze laag echter in de omgeving van Lemselermaten niet voldoende boringen van voldoende kwaliteit om de kD hier aan te passen.

4.4 Kwel- en infiltratiefluxen

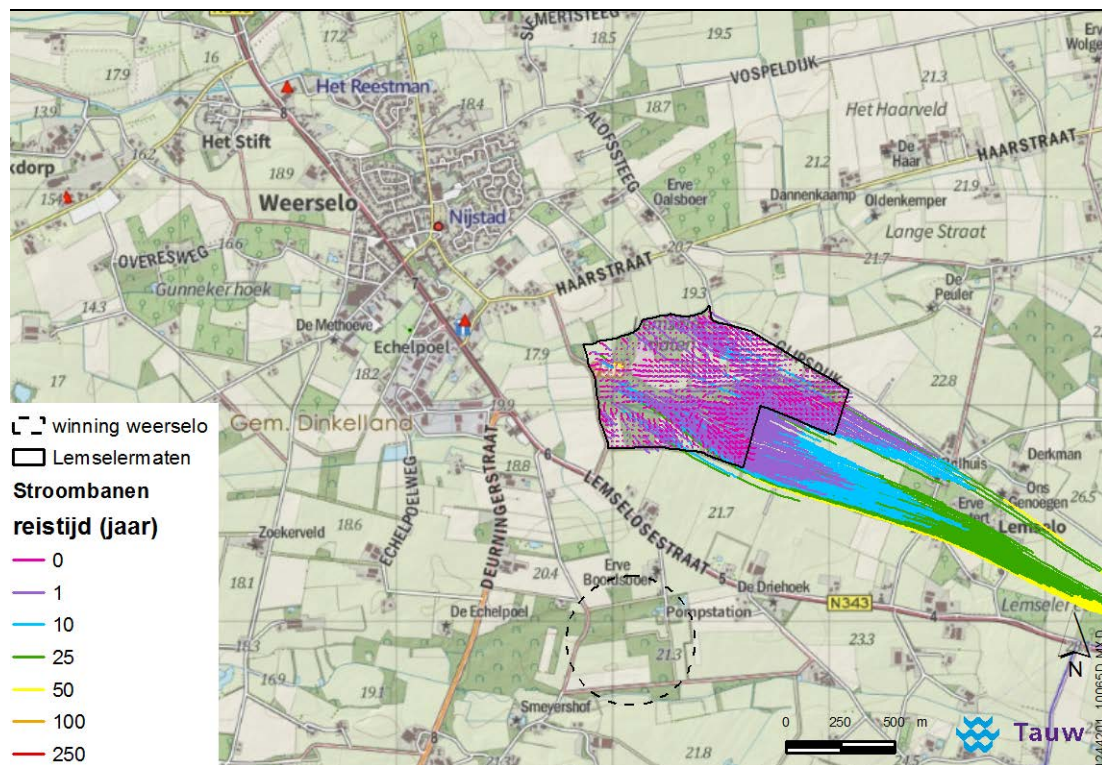
Figuur 4.7 toont de verticale flux in de winter van modellaag 2 naar modellaag 1. Er is dus geen laterale doorstroming van grondwater zichtbaar in deze figuur. Ook hier is de kwel rondom de beken zichtbaar. Daarnaast is de kwel in het lage gedeelte in het oosten van Lemselermaten zichtbaar.



Figuur 4.6 Berekende verticale flux (m^3/dag) in de winter van modellaag 2 naar modellaag 1

4.5 Stroombanen

Figuur 4.8 toont de stroombanen naar Lemselermaten voor een gemiddelde situatie. De stroombanen zijn met backward tracé berekend vanuit modellaag 1. De stroombanen lopen in het oosten niet door, omdat het rekenwindow hier stopt. Bij een groter rekenwindow zullen de stroombanen doorlopen naar de stuwwal van Oldenzaal. Uit de 3D stroombanen blijkt dat grondwater vanaf de stuwwal via modellaag 4 (boven keileem, onder boxtel klei) naar Lemselermaten stroomt.



Figuur 4.7 Berekende stroombanen

4.6 Conclusie performance

Op basis de berekeningsresultaten van het aangepaste model worden de volgende conclusies getrokken:

- De peilbuizen op de stuwwal geven aan dat de flanken van de stuwwal te droog zijn, op de stuwwal is de grondwaterstand te hoog. De doorlatendheid van het watervoerend pakket op de stuwwal is beperkt, het verhogen van de doorlatendheid op de stuwwal heeft negatieve gevolgen op Lemselermaten
- In het oosten Lemselermaten is de freatische grondwaterstand te hoog, dit wordt mogelijk veroorzaakt door een te hoog overlandflow peil. Op basis van de meetreeksen kan op puntniveau correcties worden, echter zijn deze aanpassingen hierdoor niet vlakdekkend. Bij dieper gelegen peilbuizen in de deklaag (modellaag 2) is deze afwijking niet zichtbaar. Om deze redenen is het model niet aangepast
- De GXG (zomer-, winter- en voorjaarsgrondwaterstand) ten opzichte van maaiveld komen overeen met het beeld dat er van het gebied is. In de natte periode is het gebied rondom de beken zeer nat. De grondwaterstand komt dan boven het maaiveld uit
- Uit de kwel/infiltratiefluxen blijkt dat de beken sterk draineren. Op enige afstand van de beken vindt infiltratie plaats. Dit komt overeen met het beeld dat er van het gebied is

- In modellaag 3 (middeldiep) worden de GHG (winter-situatie) en GLG (zomer-situatie) ter plaatse van Lemselermaten systematisch te laag berekend. Ter plaatse van de drinkwaterwinning Weerselo wordt de stijghoogte wel systematisch te laag berekend. Het is echter niet mogelijk om het model hier te verbeteren, omdat er ter plaatse van de winning geen boringen zijn die voldoende nauwkeurige boorbeschrijvingen hebben om op basis daarvan het model aan te passen
- Uit de stroombanen blijkt dat het grondwater vanuit het oosten wordt aangevoerd. Bij het bekijken van de stroombanen in 3D blijkt dat het grondwater ter plaatse van Lemselermaten vanuit modellaag 4 (boven keileem) naar de bovenste modellagen stroomt. Dit komt overeen met het beeld dat er van het gebied is

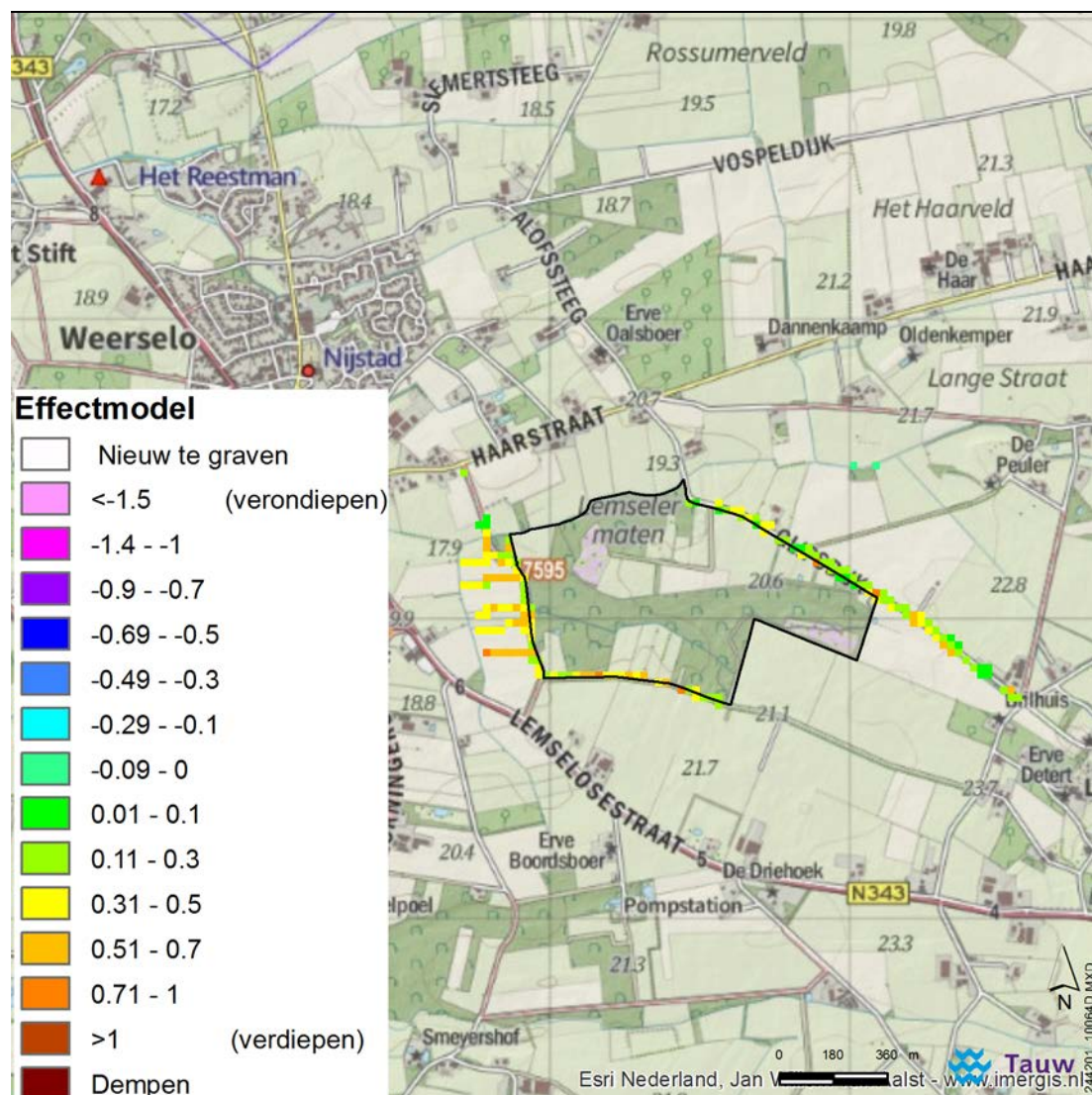
Op basis van de bovengenoemde conclusies wordt afgeleid dat de performance van het model voldoende is om het hydrologische effect van de PAS-maatregelen te bepalen. Ter plaatse van de winning Weerselo is de performance minder goed dan in Lemselermaten. De modelverbeteringen en modelkalibratie zijn gebaseerd op alle beschikbare gegevens bij de winning. De geohydrologische opbouw is echter complex door de aanwezigheid van de slenk. De huidige beschikbare gegevens bieden geen mogelijkheid om het model hier verder te verbeteren zonder het resultaat in Lemselermaten te verslechteren. Omdat de modelnauwkeurigheid van het model bij Weerselo iets achterblijft, is ook de betrouwbaarheid van de berekeningsresultaten (de berekende effecten) kleiner. Hierdoor is het effect van de winning met minder zekerheid te bepalen. De modelresultaten geven desondanks voldoende inzicht in de verhouding tussen het effect van de winning en het effect van de PAS-maatregelen bij Lemselermaten.

5 Effectmodel

De Unie van Bosgroepen heeft geconstateerd dat de waterlopen gelegen rond het N2000-gebied Lemselermaten door de gemeente met het onderhoud sterk zijn verdiept. Uitgaande van de informatie van de Unie van Bosgroepen zijn de watergangen verdiept tot circa 70 à 80 cm –mv. Daarnaast zijn de waterlopen ten westen van de Rutermedenweg, gelegen in agrarische percelen, verdiept met recent onderhoud tot circa 70 à 80 cm -mv. Hierdoor zijn in de huidige situatie de waterlopen dieper in het gebied dan opgenomen in het eindmodel.

Voor het eindmodel heeft deze recente onderhoudsactie van de watergangen geen effect aangezien het model is gekalibreerd gebruik makend van langjarige grondwatermeetreeksen. Deze reeksen zijn hoofdzakelijk opgenomen in een periode voorafgaand aan het verdiepen van de watergangen. Onduidelijk is of de watergangen in het verleden ook tot eenzelfde relatief diep niveau zijn uitgegraven. Dit zou van invloed kunnen zijn op de gemeten grondwaterstanden en daarmee op het gekalibreerde model. Opgemerkt wordt dat effect van het verdiepen van de watergangen niet is terug te zien in de gemeten grondwaterstanden.

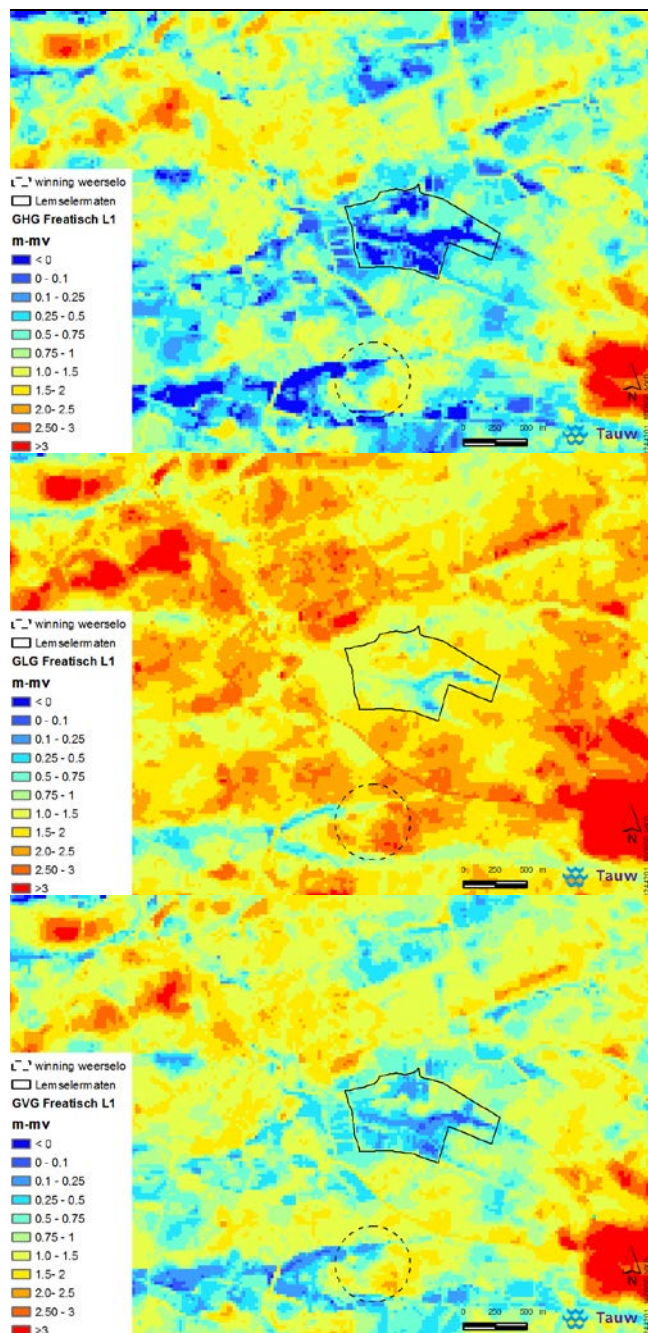
Voor de effectberekeningen is het noodzakelijk dat van de huidige situatie in het veld wordt uitgegaan. Daarom wordt voorafgaand aan het uitvoeren van de effectberekeningen de nieuwe diepte van de TOP10 watergangen opgenomen in het model. Hierbij wordt vastgehouden aan de huidige gehanteerde waterdiepte. In figuur 5.1 is de wijziging van de top10 watergangen ten opzichte van het eindmodel opgenomen.



Figuur 5.1 Wijziging diepteligging Top10 watergangen ten opzichte van eindmodel. Te zien is dat de top 10 watergangen verdiept worden ten opzichte van het eindmodel.

5.1 Berekende grondwaterstanden

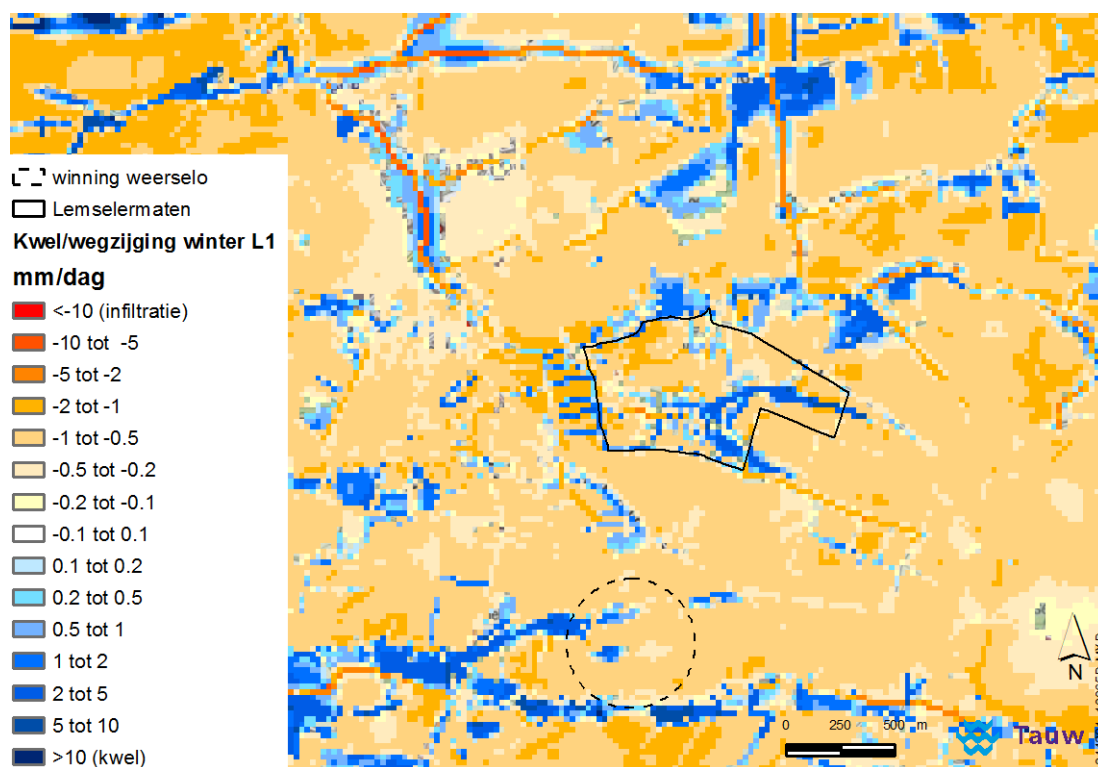
In figuur 5.2 zijn de berekende grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld weergegeven. De grondwaterstanden zijn berekend met het effectmodel.



Figuur 5.2 Berekende grondwaterstanden (m) ten opzichte van maaiveld

5.2 Kwel- en infiltratiefluxen

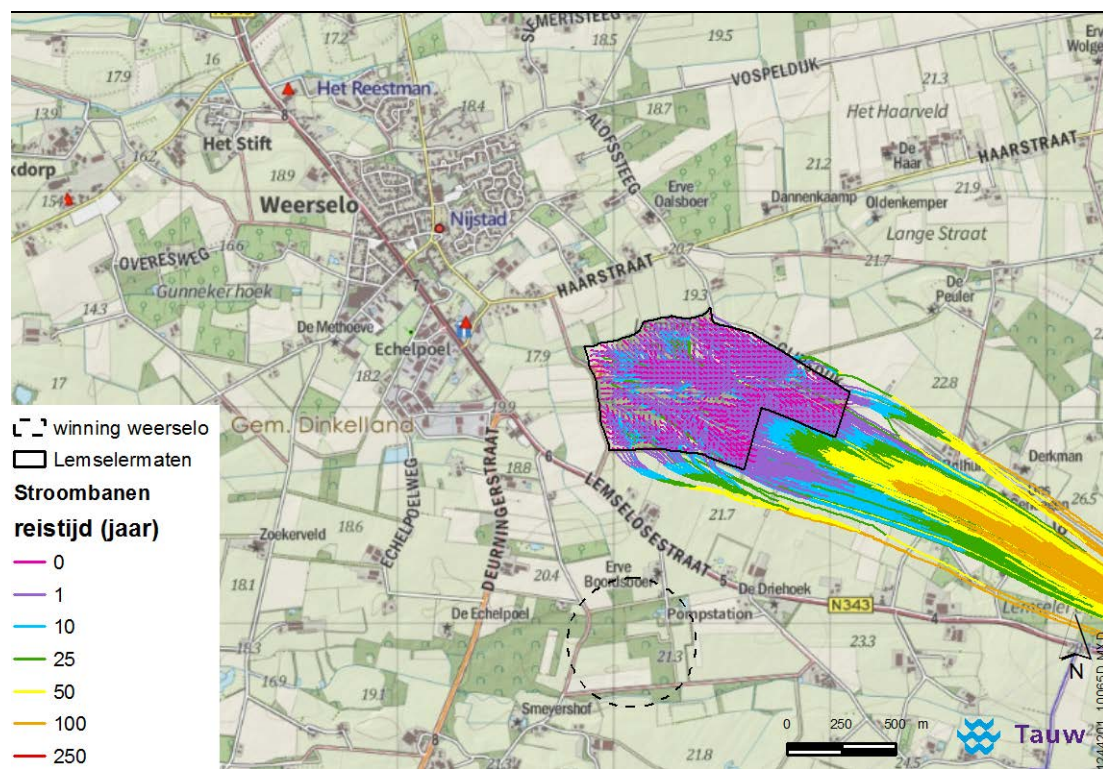
Figuur 5.3 toont de verticale flux in de winter van modellaag 2 naar modellaag 1. Er is dus geen laterale doorstroming van grondwater zichtbaar in deze figuur.



Figuur 5.3 Berekende verticale flux (m^3/dag) in de winter van modellaag 2 naar modellaag 1

5.3 Stroombanen

Figuur 5.4 toont de stroombanen naar Lemselermaten voor een gemiddelde situatie. De stroombanen zijn met backward tracé berekend vanuit modellaag 1. De stroombanen lopen in het oosten niet door, omdat het rekenwindow hier stopt. Bij een groter rekenwindow zullen de stroombanen doorlopen naar de stuwwal van Oldenzaal. Uit de 3D stroombanen blijkt dat grondwater vanaf de stuwwal via modellaag 4 (boven keileem, onder boxtel klei) naar Lemselermaten stroomt.



Figuur 5.4 Berekende stroombanen

Bijlage

1

Plan van aanpak aanpassing lagenmodel

Notitie

Contactpersoon Margarietha Bor

Datum 2 mei 2017

Kenmerk N001-1244201BMP-ibs-V01-NL

Analyse geologie en bodemopbouw Lemselermaten

1 Inleiding

Omdat de performance van het model (WRD2014) ter plaatse van Lemselermaten en de drinkwaterwinning Weerselo tegenvalt, is besloten om het lagenmodel van het WRD2014 te vergelijken met MIPWA 3.0 (nog niet opgeleverd), REGISII.V2 en boringen. In het tekstkader is wat meer informatie gegeven over het MIPWA3.0 model.

Opmerkingen over MIPWA3.0:

- *Het model is nog niet opgeleverd*
- *Het model is nog niet gekalibreerd (inclusief De kD- en c-waarden)*
- *De kD- en c-waarden zijn overgenomen van REGISII.v2 en verdeeld over 9 modellagen, zie bijlage 3 voor de mapping.*
- *Voor Twente is modellaag 1 van WRD2014 opgedeeld in twee lagen: de deklaag (bron: bodemkaart) en Formatie van Boxtel (bxx1 en bxx2 gedeeltelijk).*

Bronnen:

- *Deltares, MIPWA 3.0 actualisatie fase 1 – Lagenmodel, kenmerk 1210383-000, mei 2015, concept*
- *Mondeling overleg met André Blonk, regioadviseur MIPWA3.0 voor provincie Overijssel*

De volgende bijlagen zijn bij deze notitie bijgevoegd:

1. Dwarsdoorsneden verschillende bronnen
2. Vergelijking c- en kD-waarden modellagen
3. Mapping REGISII.v2 naar MIPWA3.0

1 Vergelijking

In bijlage 1 zijn de volgende dwarsdoorsneden opgenomen:

- Een ondiepe doorsneden uit de Ecohydrologische systeemanalyse Lemselermaten (Bell Hullenaar, mei 2015)
- Ondiepe dwarsdoorsnede WRD2014
- Ondiepe dwarsdoorsnede MIPWA3.0
- Doorsnede REGIS II.v2

- Doorsnede uit Ondergrond van de Lemselermaten (TNO, juli 2016)
- Doorsnede uit Geologische Kaart van Nederland, kaartblad Almeo-Denekamp Oost (28 Oost/29)
- Diepe dwarsdoorsnede WRD2014 met boorprofielen
- Diepe dwarsdoorsnede MIPWA3.0 met boorprofielen

Ondiep (modellaag 1)

In de dwarsdoorsnede van Hullenaar zijn in het noorden twee lemige lagen weergegeven. In het WRD2014 model zijn deze twee lagen samengevoegd tot één weerstand biedende laag (c1). In dit model varieert de weerstand van deze laag 10 tot 1.000 dagen. Verder blijkt dat watervoerende laag 1 in het model, in tegenstelling tot Hullenaar, dikker wordt naar het noorden. De kD-waarden nemen ook toe naar het noorden (zie bijlage 2).

In MIPWA3.0 zijn ondiep wel twee aparte lemige lagen aangehouden. Uit de dwarsdoorsnede blijkt dat de c2 ten zuiden van de ongeveer de Dollandbeek stopt. Bij de dwarsdoorsnede van Hullenaar loopt deze laag nog verder door naar het zuiden. In bijlage 2 zijn ook kaarten opgenomen. Uit deze bijlage blijkt dat de bodemkaart is vertaald naar een c1. De c2 bestaat uit de REGIS-laag bxk1 (Formatie van Boxtel). In deze laag zit een “gat” in de c2. Uit de dwarsdoorsnede van Hullenaar blijkt dat de bodem van de Weerselerbeek in de Boxtelklei ligt. Daarom is het mogelijk dat bij lage waterpeilen de tussenzandlaag de omgeving draineert. Daarom is besloten om de deklaag en bxk1 in twee modellagen op te delen.

Middeldiep

Door Waterschap Vechtstromen¹ is voor het eerste watervoerend pakket een vergelijking gemaakt tussen WRD2014, REGISII.v2 en dinoboringen. In het eerste watervoerend pakket komen met name (matig) fijnzandige en lemige lagen voor. De doorlatendheid van REGISII.v2 (ca. 30 m/dag) komt overeen met grofzandige pakketten. De doorlatendheid van het WRD2014 is beduidend lager en komt beter overeen met de boringen.

Diep

Uit de REGISII.v2 doorsnede blijkt dat de drgik1-laag (Formatie van Drenthe – Laagpakket Gieten) in REGISII.v2 doorloopt tot en met de winning Weerselo. Uit het rapport van TNO blijkt echter dat het lastig te interpreteren is of deze laag doorloopt t/m de winning. Daarnaast komt deze laag is het zuiden van Lemselermaten (boring B28H1879) niet voor.

Qua vorm komt drgik1 van WRD2014 overeen met MIPWA3.0 en REGISII.v2. De waarde is echter minstens een factor 5 lager door kalibratie.

¹ Memo: Geohydrologische schematisatie ter plaatse van natura200-gebied AVAV en Lemselermaten, Harmen van de Werfhorst, 30-08-2016

Uit de boringen blijkt dat de samenstelling van deze laag zeer heterogeen is. Daarom kan niet geconcludeerd worden welke c-waarde meer realistisch is.

Het tweede watervoerende pakket onder deze laag is het pakket waarin de putten van de winning Weerselo zich bevinden. Deze bevinden zich in een slenk. In bijlage 2 zijn kaarten opgenomen waarbij de kD's van alle watervoerende lagen onder de drgik1-laag zijn gesommeerd. Uit de kaarten blijkt dat de somkD van WRD2014 lager is dan MIPWA3.0 en REGISII.v2. Daarnaast is geen slenk te herkennen. Deze slenk is wel duidelijk aanwezig in MIPWA3.0 en REGISII.v2. Uit de boringen blijkt echter dat de zanden richting het zuiden grofzandiger en grindiger worden en dat de diepte van het watervoerend pakket toeneemt. MIPWA3.0/REGIS komen dus beter overeen met de boringen dan WRD2014.

2 Proefrun

Omdat er geen slenk in het WRD2014 aanwezig is, is er een proefrun gedraaid waarbij de c's en kD's zijn vervangen door die van MIPWA3.0. MIPWA3.0 is nog niet gekalibreerd dus in feite zijn deze c's kD's vervangen door REGISII.v2. In tabel 3.1 is weergegeven hoe deze zijn verdeeld over de 7 modellagen van WRD2014.

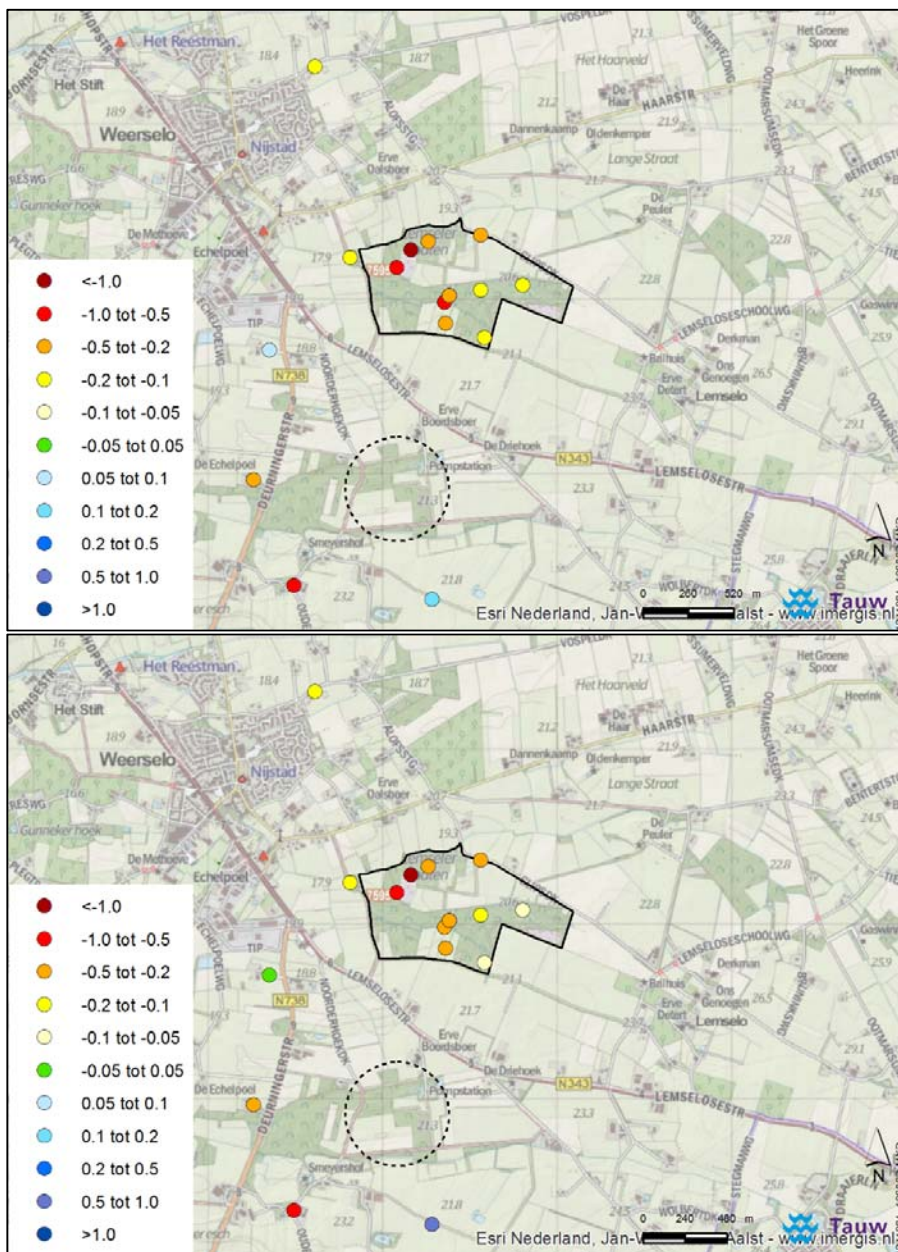
Tabel 3.1 Overzicht vervanging kD's en C's

WRD2014	MIPWA3.0	REGISII.v2
Kd1	Kd1+kd2	Bxz1
C1	C1+c2	Deklaag (niet in REGIS), bxx1
Kd2	Kd3	Bxz2, bxz3, drz1
C2	C3	n.v.t.
Kd3	Kd4	Bxz2, bxz3, drz1
C3	C4	Drgik1, dtc, druk1
Kd4	Kd5	Drz3, doz1, brz1, ooz1, ooz2, ooz3
C4	C5	Nvt
Kd5	Kd6	Drz3, doz1, brz1, ooz1, ooz2, ooz3
C5	C6	Nvt
Kd6	Kd7	Drz3, doz1, brz1, ooz1, ooz2, ooz3
C6	C7	N.v.t.
Kd7	Kd8+kd9	Drz3, doz1, brz1, ooz1, ooz2, ooz3
Hydrologische basis		Brk1, dok1, ruk1

2.1 Modellaag 1 (freatisch pakket)

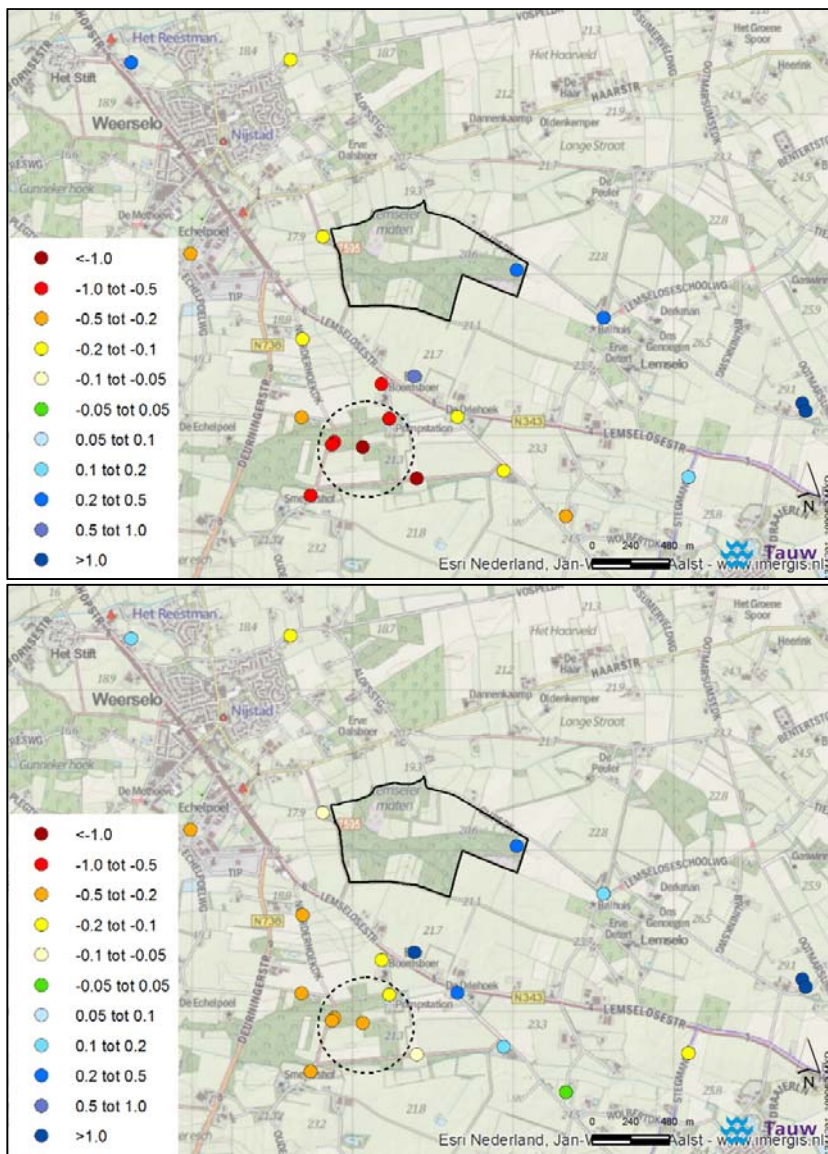
In volgende figuren zijn de gemiddelde residuen voor de modelperiode 1989 t/m 2002 weergegeven voor het WRD2014 model en de proefrun. Uit de bovenste figuur blijkt dat de berekende grondwaterstand bijna overal te laag. Ter plaatse van Lemselermaten zijn de residuen 0.1 tot meer dan 1 m. Bij de proefrun is een lichte verbetering ter plaatse van Lemselermaten zichtbaar.

De performance van het model is echter nog niet goed te bepalen, omdat de leggerwatergangen nog niet zijn vervangen door het te maken SOBEK model. De oude leggerwatergangen zitten nog in het model en het peil en de bodemhoogte hiervan kunnen significant afwijken van de realiteit.



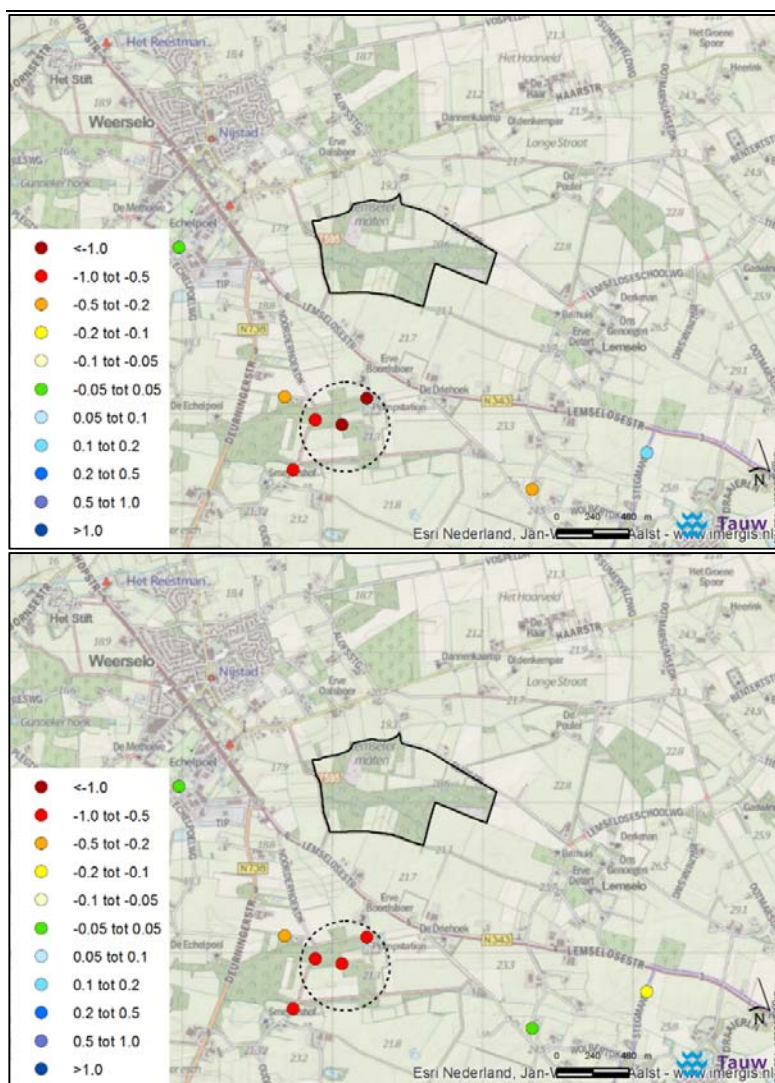
Figuur 1.1 Gemiddelde residuen 1989 t/m 2002 modellaag 1 WRD2014 (boven) en proefrun (onder). Cirkel is locatie drinkwaterwinning Weerselo

In figuur 3.2 zijn gemiddelde residuen voor modellaag 2 en 3 weergegeven. In het originele model zijn in het oosten van Lemselermaten zijn de berekende stijghoogten te hoog. Ter plaatse van winning Weerselo (cirkel) is de berekende stijghoogte 0.5 tot 1.0 m te laag. Bij de proefrun zijn in het originele model in het oosten van Lemselermaten zijn de berekende stijghoogten te hoog. Ter plaatse van winning Weerselo (cirkel) is de berekende stijghoogte nog steeds te laag, maar de afwijking is afgenomen tot 0.1 tot 0.5 m. Hier is dus een significante verbetering. Verder valt het op dat ten oosten van de winning de residuen groter worden.



Figuur 1.2 Gemiddelde residuen 1989 t/m 2002 modellagen 2 en 3 WRD2014 (boven) en proefrun (onder).
Cirkel is locatie drinkwaterwinning Weerselo

Onderstaande figuur toont de residuen voor modellaag 4 t/m 7. Dit is dezelfde laag waarin de putten van winning Weerselo staan. Ook in deze laag is de berekende stijghoogte voor beide runs rondom de winning, te laag. Voor het originele model bedragen de residuen 0.5 tot 1.5 m. De residuen bij de proefrun nemen af tot 0.2 tot 1 m.



Figuur 1.3 Gemiddelde residuen 1989 t/m 2002 modellagen 4 t/m 7 WRD2014 (boven) en proefrun (onder).
Cirkel is locatie drinkwaterwinning Weerselo

3 Conclusies en advies

De volgende conclusies worden getrokken:

- De toename van de kD van modellaag 1 richting het noorden komt niet overeen met de bevindingen van Hullenaar
- De kD-waarde van het eerste watervoerend pakket (modellagen 2 en 3) van het WRD2014-model wordt op basis van de boringen plausibel geacht. kD-waarde in REGIS II.v2 van dit pakket wordt te hoog geacht.
- De ruimtelijk verbreiding van drgik1 is moeilijk te bepalen op basis van de beschikbare boringen. De c-waarde van deze laag in het wrd2014 model is minimaal een factor 5 lager dan in REGIS II.v2. Door het heterogene karakter van de keileem is niet te bepalen welke c-waarde plausibeler is
- De som kD van modellagen 4 t/m 7 in het WRD2014 model komen zowel als ruimtelijk patroon als kD-waarden totaal niet overeen met REGIS. Uit de boringen blijkt dat het tweede watervoerend pakket in dikte toeneemt richting het zuiden. Dit pakket bestaat uit grove en grindige zanden. OP basis hiervan wordt geconcludeerd dat MIPWA3.0 beter overeenkomt met de boringen. Dit blijkt uit de verbetering van de residuen nabij het pompstation Weerselo

Advies

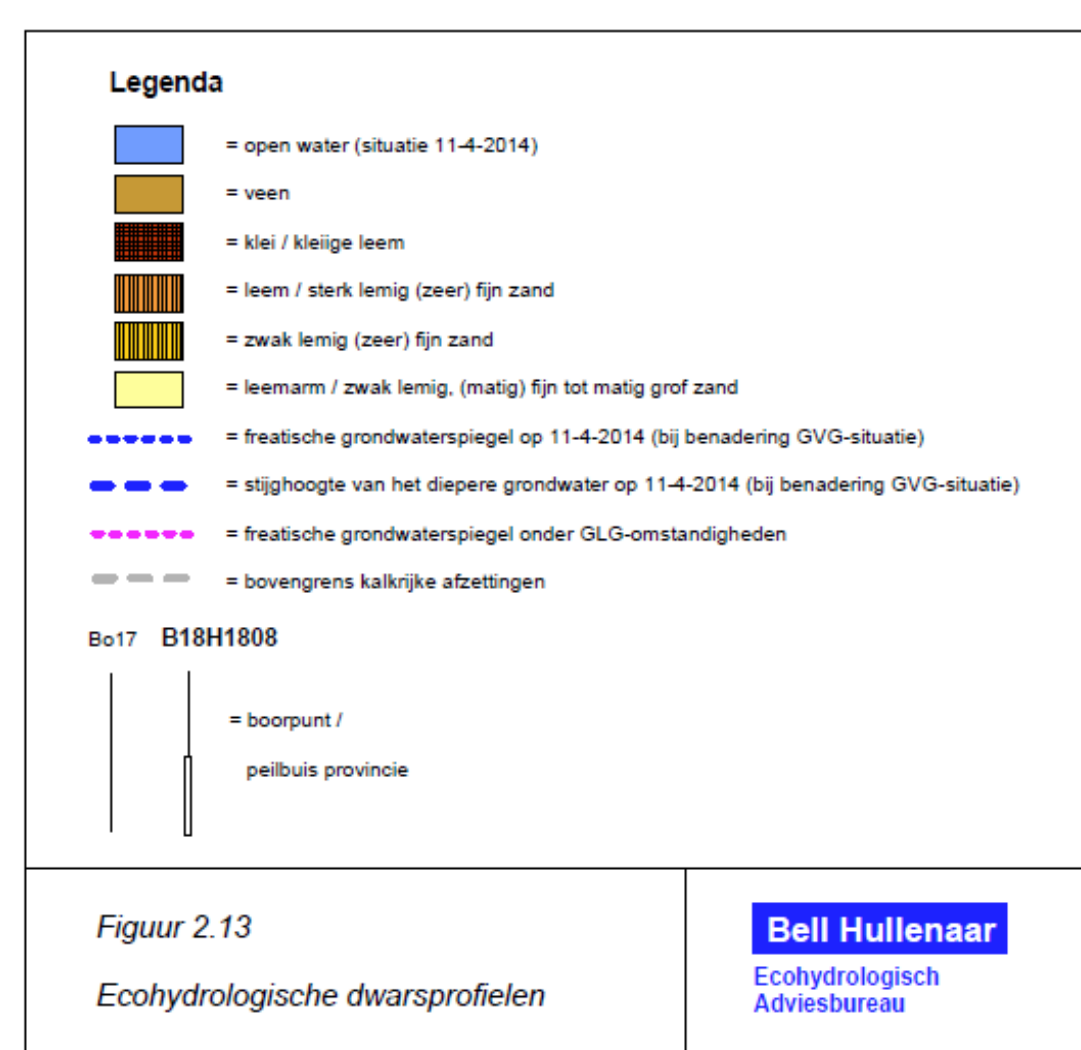
Het lagenmodel van MIPWA3.0 is op dit moment nog niet gekalibreerd en is in feite REGISII.V2 verdeeld over 9 modellagen. Omdat we de deklaag en de bxk1 in twee modellagen willen opdelen en omdat de slenk in MIPWA3.0 is opgenomen, wordt voorgesteld om de grondwatermodellering met MIPWA3.0 uit te voeren. In dit model dienen wel de volgende aanpassingen gemaakt te worden:

- Ter plaatse van Lemselermaten dienen de kD- en c-waarden van de modellagen 1 en 2 afgeleid worden boorprofielen. Het gaat daarbij om dinoboringen en boringen van Hullenaar. Daarnaast heeft de Bosgroepen per boring aangegeven wat de onderkant en de bovenkant van de zware beekleem is. Deze gegevens worden ook meegenomen om de c-waarde van de deze laag te bepalen. Daarnaast wordt de diepte van deze laag gebruikt om te bepalen waar de beken deze laag doorsnijden
- De kD-waarden van WRD2014 modellagen 2 en 3 worden overgezet naar MIPWA3.0 modellagen 3 en 4
- Ter plaatse van boring B28H1879 in Lemselermaten wordt de c-waarde van de drgik1 (c-4 in MIPWA3.0) verwijderd

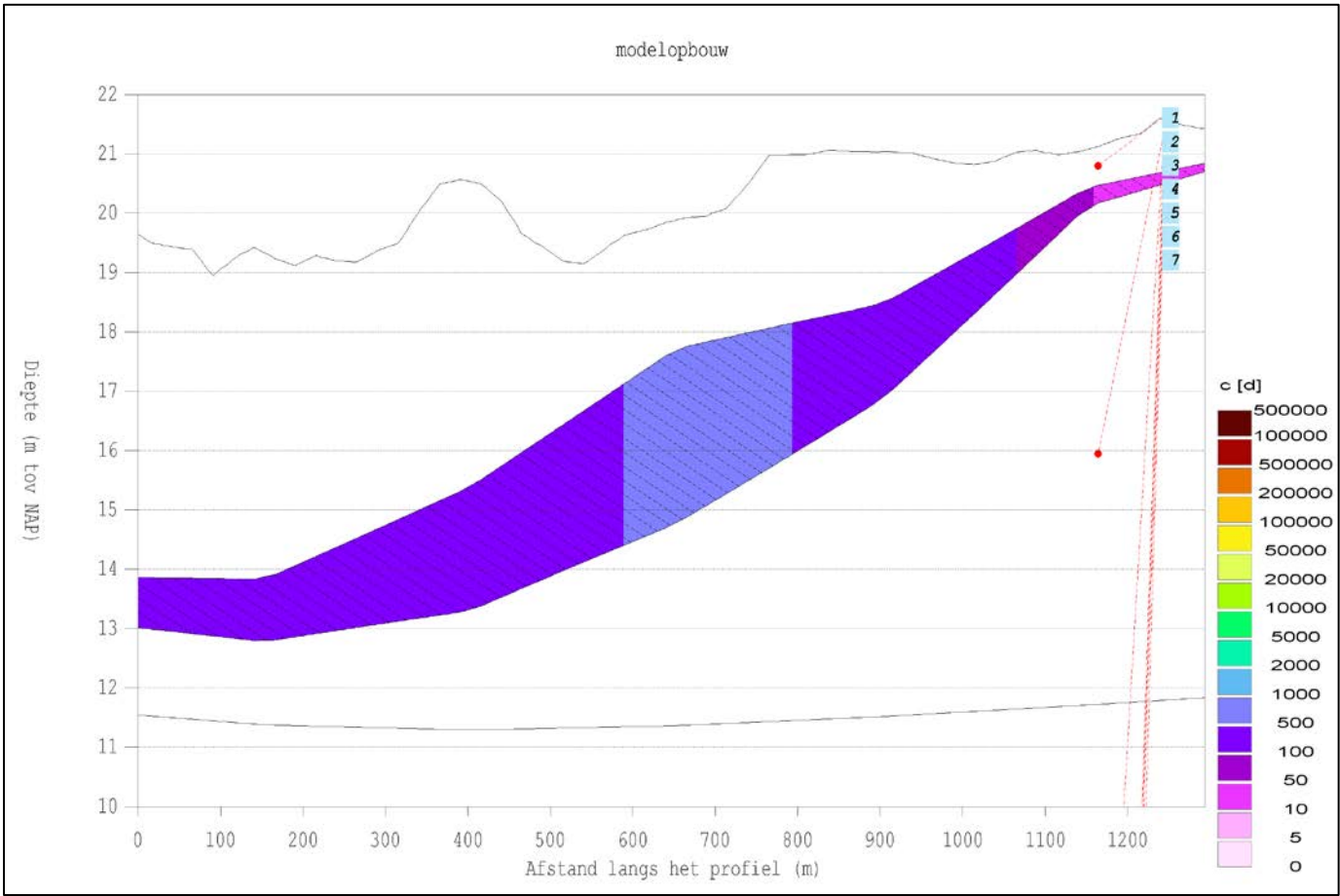
Na de aanpassen van het lagenmodel is het waarschijnlijk noodzakelijk dat het model gekalibreerd moet worden. Dit kan echter pas wanneer de leggerwatergangen vanuit het SOBEK model aan het model toegevoegd zijn.

Bijlage 1

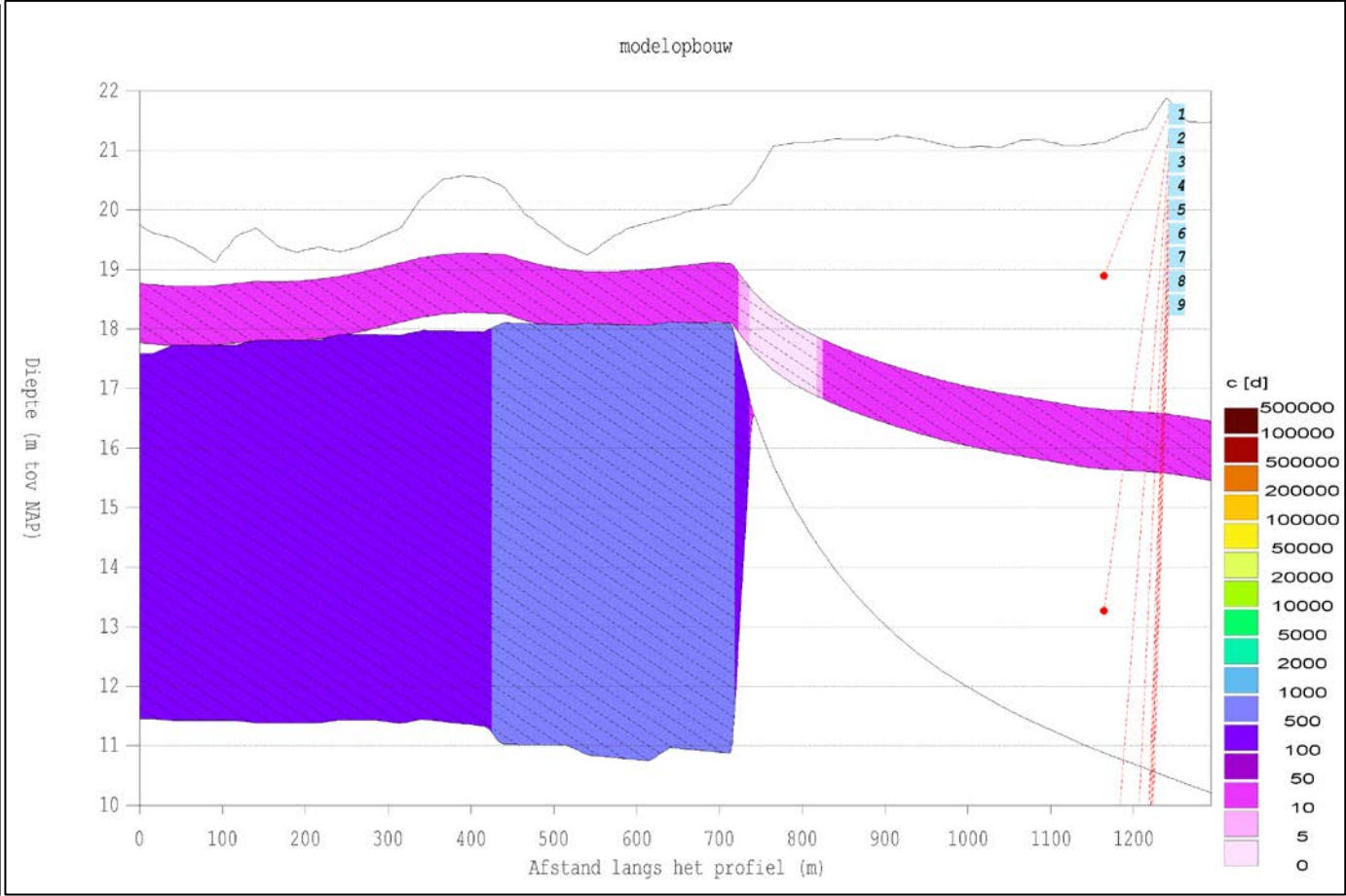
.....



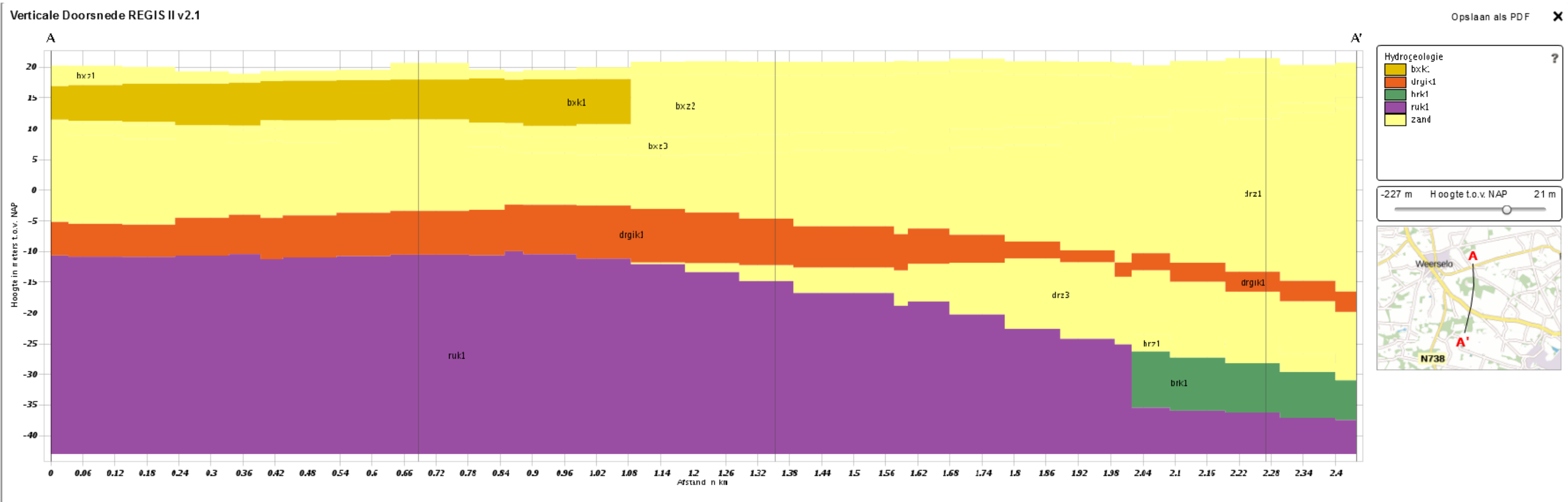
Ondiepe dwarsdoorneden noord-zuid van WRD2014 (links) en MIPWA3.0 (rechts)



Ondiepe dwarsdoorsnede WRD2014 model langs dezelfde lijn als bovenstaande.

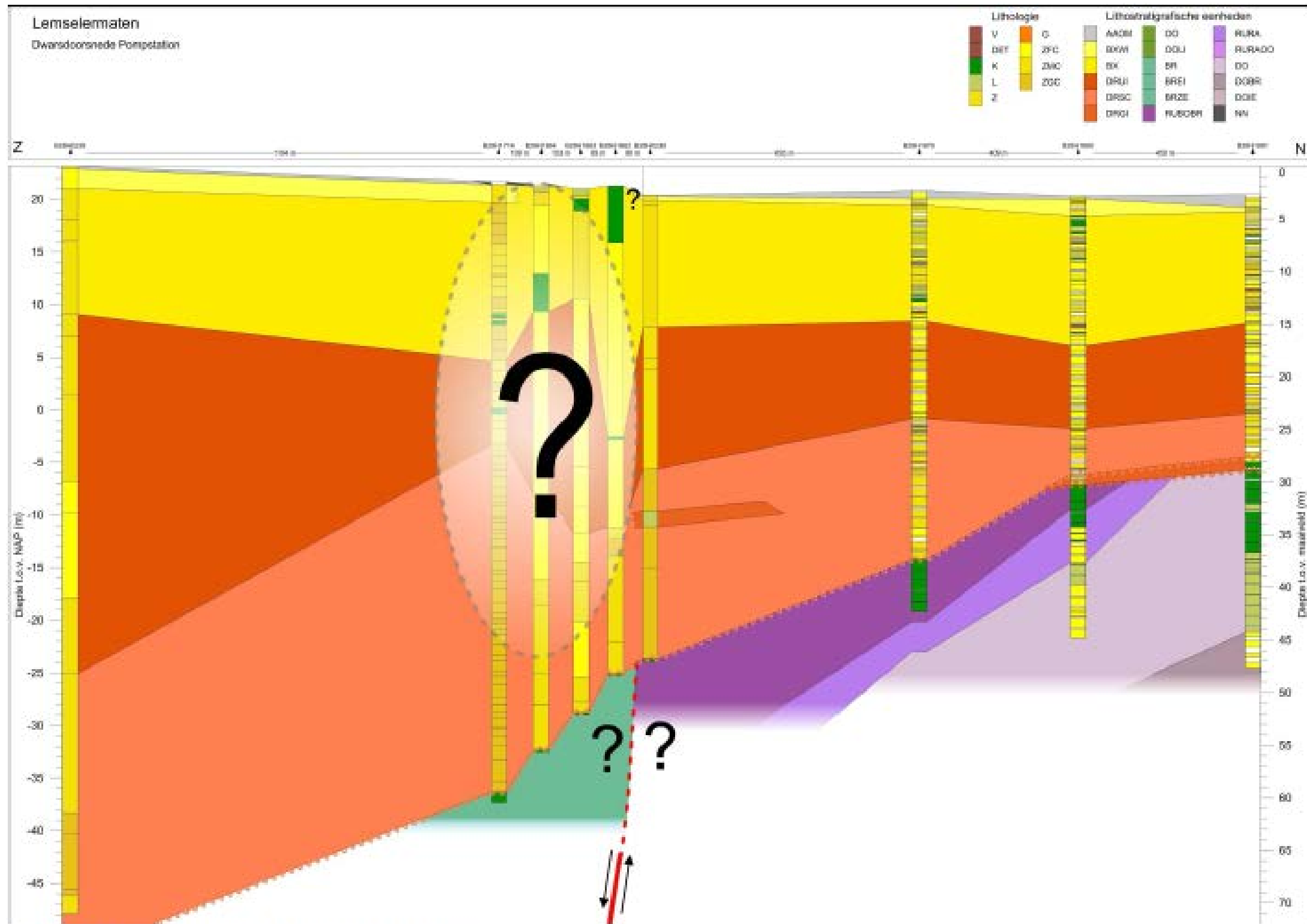


Ondiepe dwarsdoorsnede MIPWA3.0 (concept) model langs dezelfde lijn als bovenstaande. Scheidende laag 1 heeft in mipwa3 geen dikte. Om de weerstand te kunnen laten zien, heb ik de laag een dikte van 1 m gegeven.

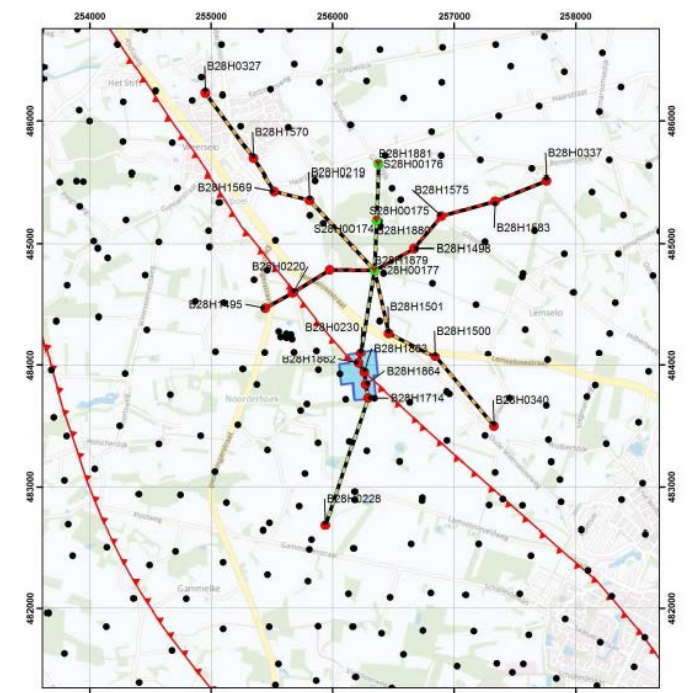


Diepe dwarsdoorsnede zuid-noord (bron: TNO, De ondergrond van de Lemselermaten, kenmerk 2015 R11611, d.d. 8 juli 2016)

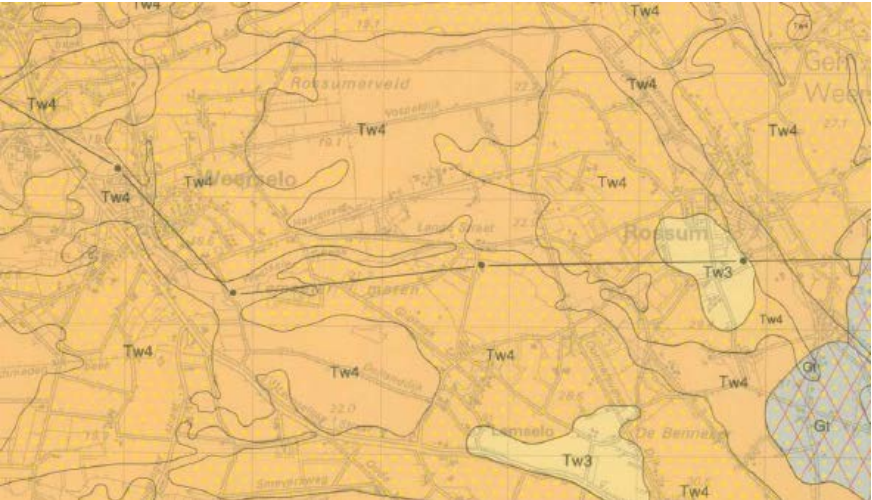
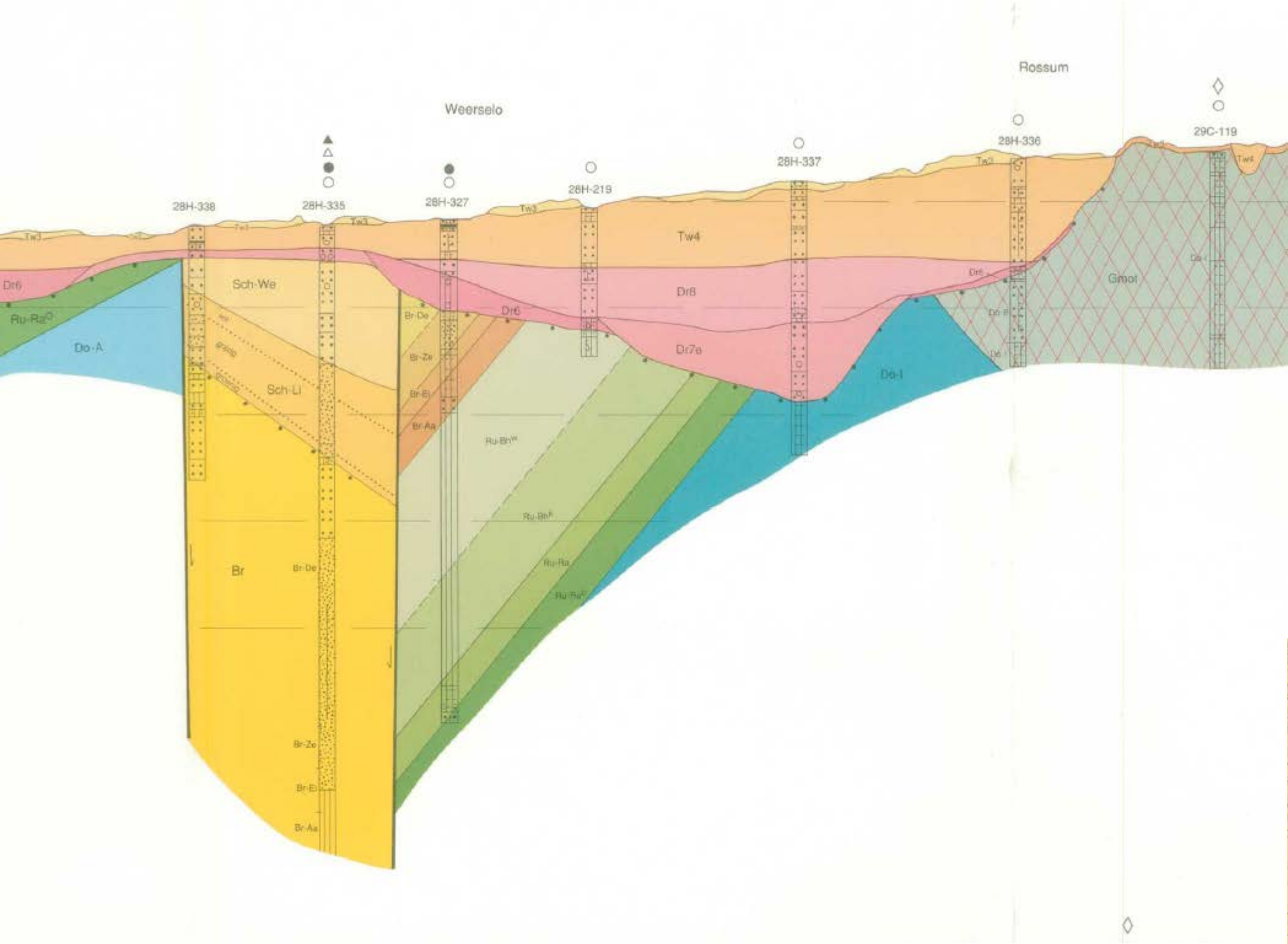
Let op! Deze dwarsdoorsnede loopt van zuid naar noord.

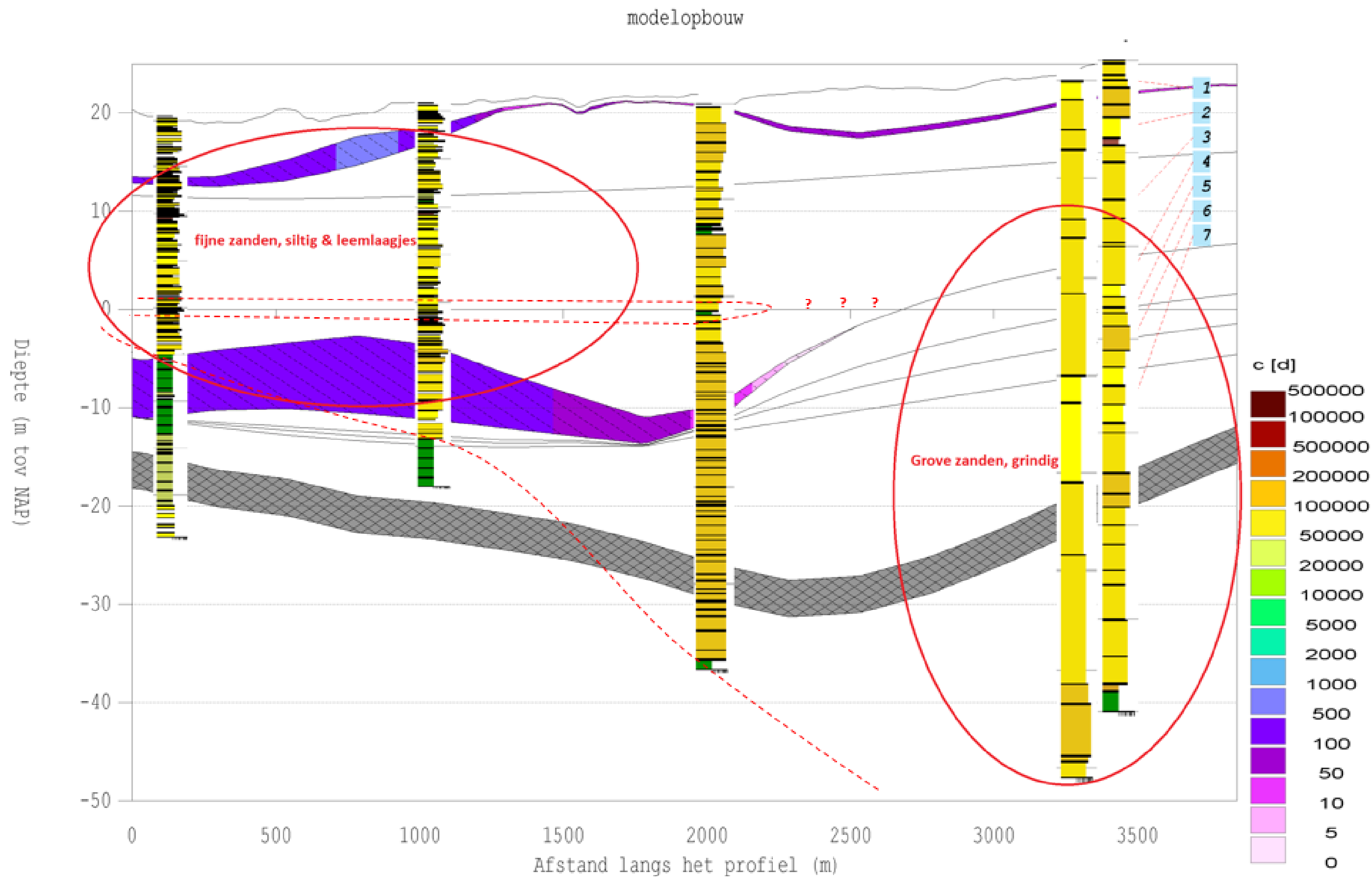


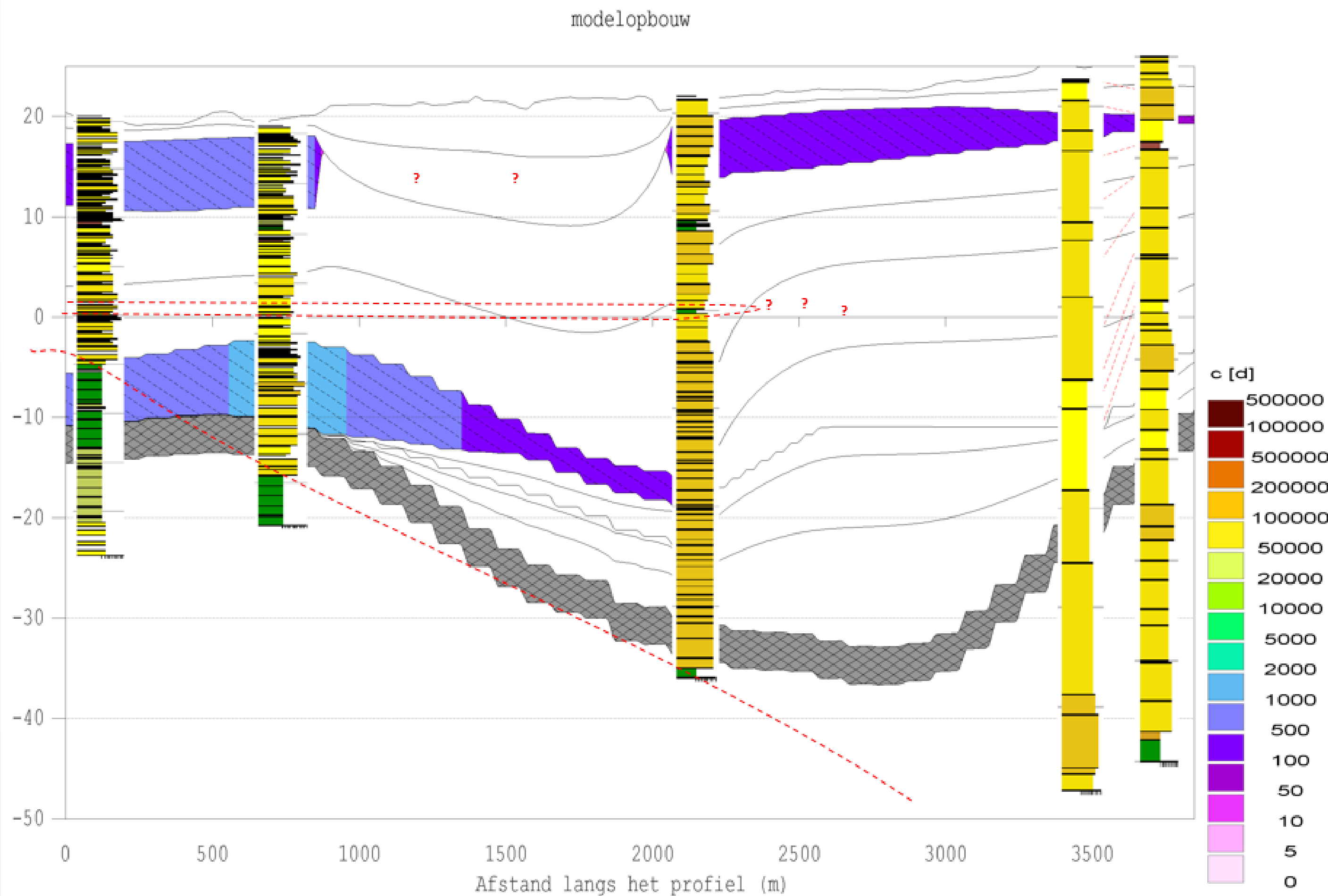
Figuur D.3 Regionaal profiel Zuidwest naar Noordoost over Pompstation Weerselo



Diepe dwarsdoorsnede west-oost (bron: Geologische kaart van Nederland)







Bijlage 2

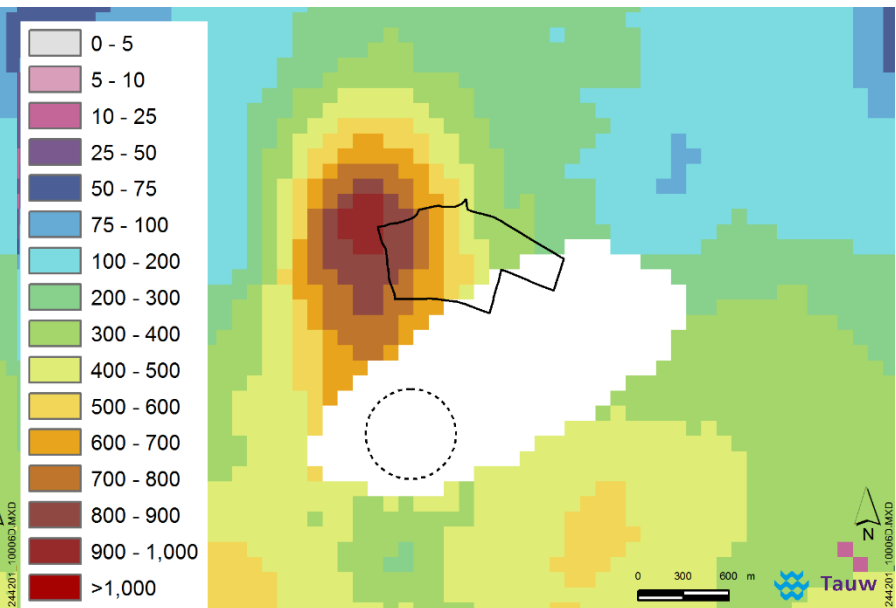
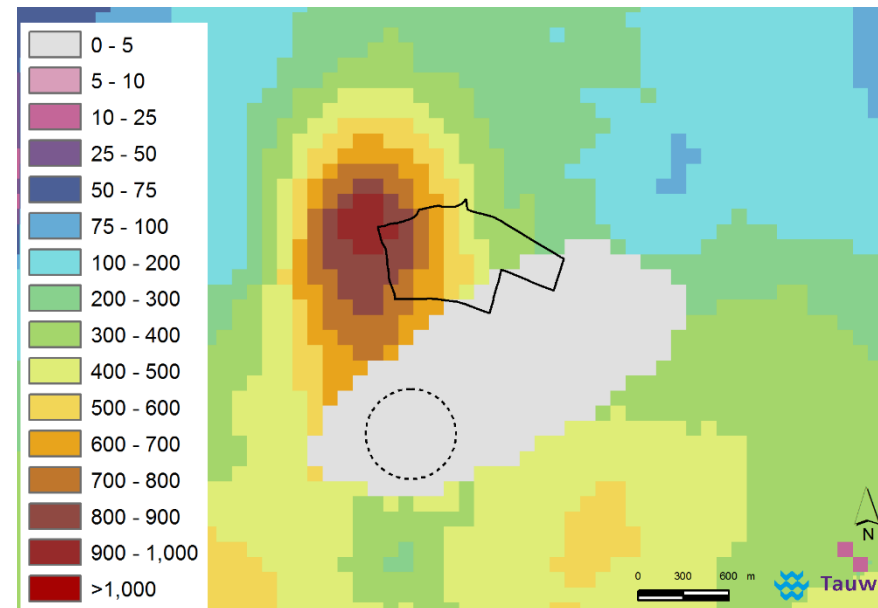
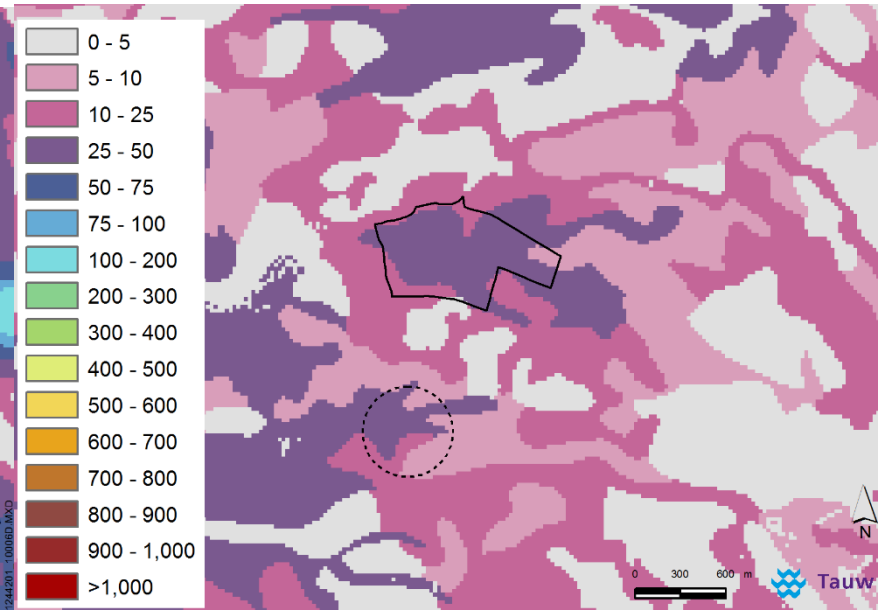
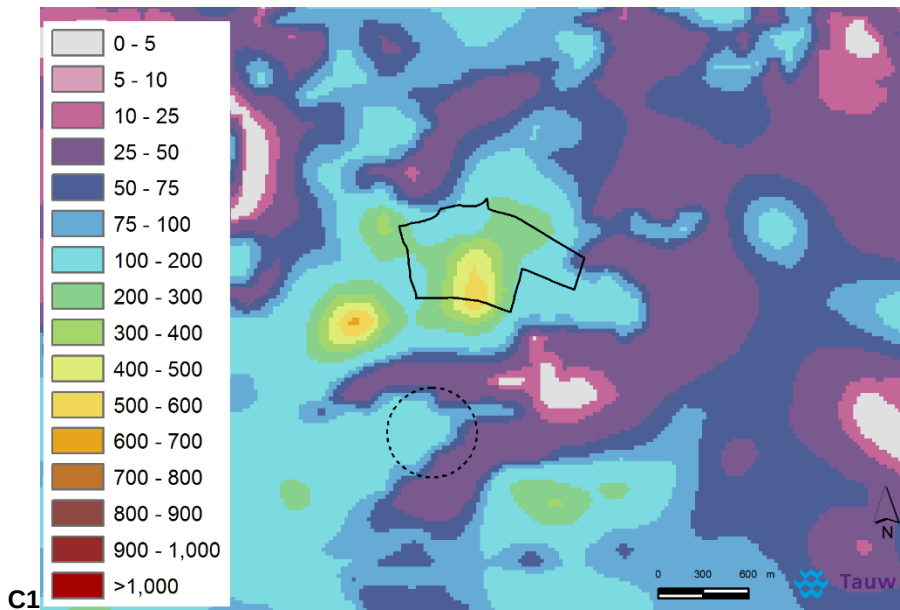
.....

Vergelijking c- en kd-waarden per modellaag

WRD2014

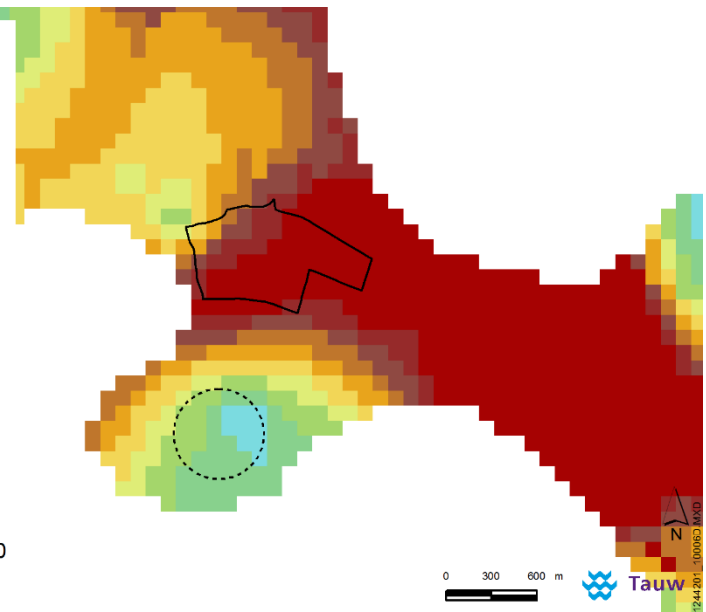
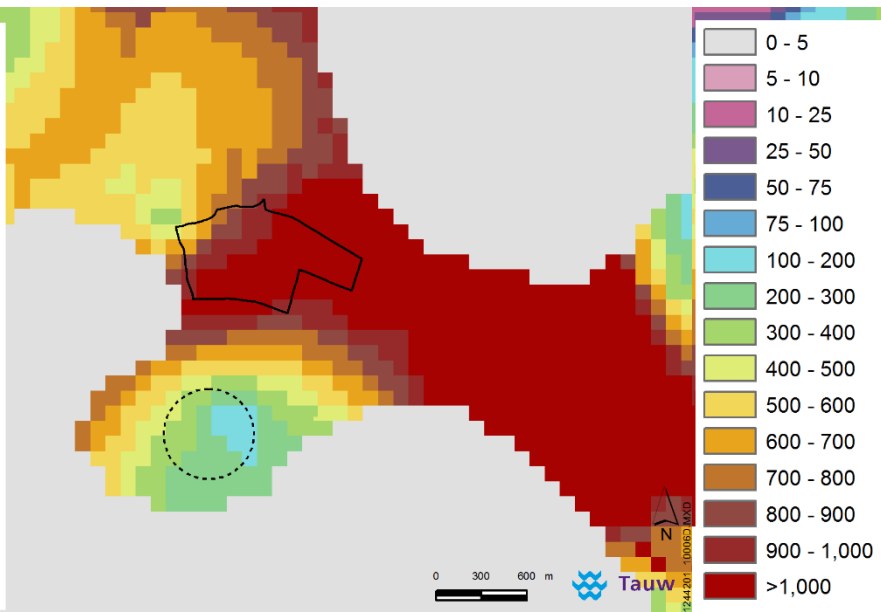
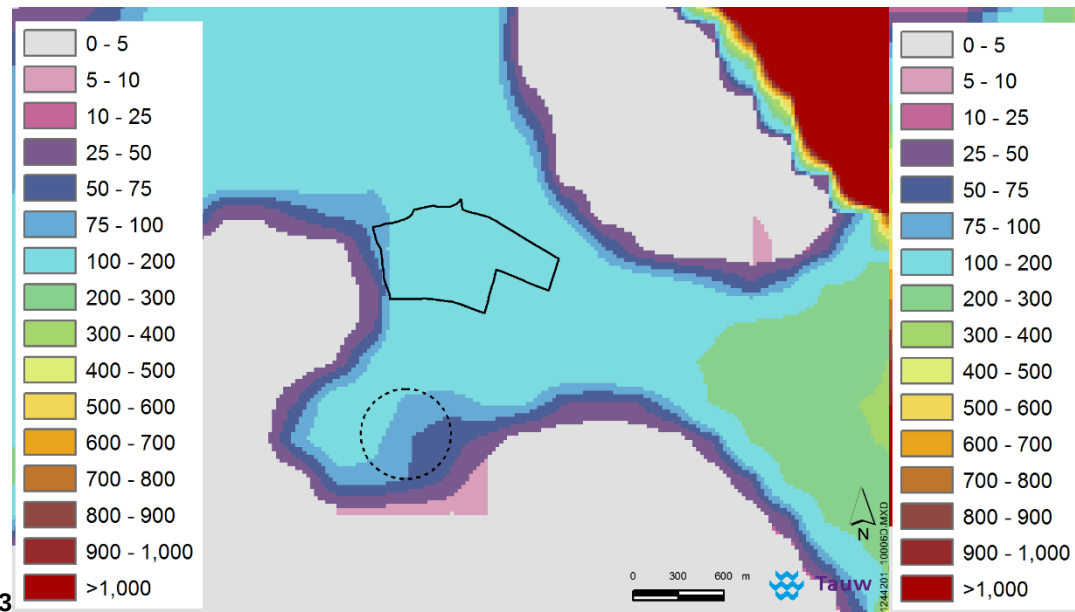
MIPWA3.0

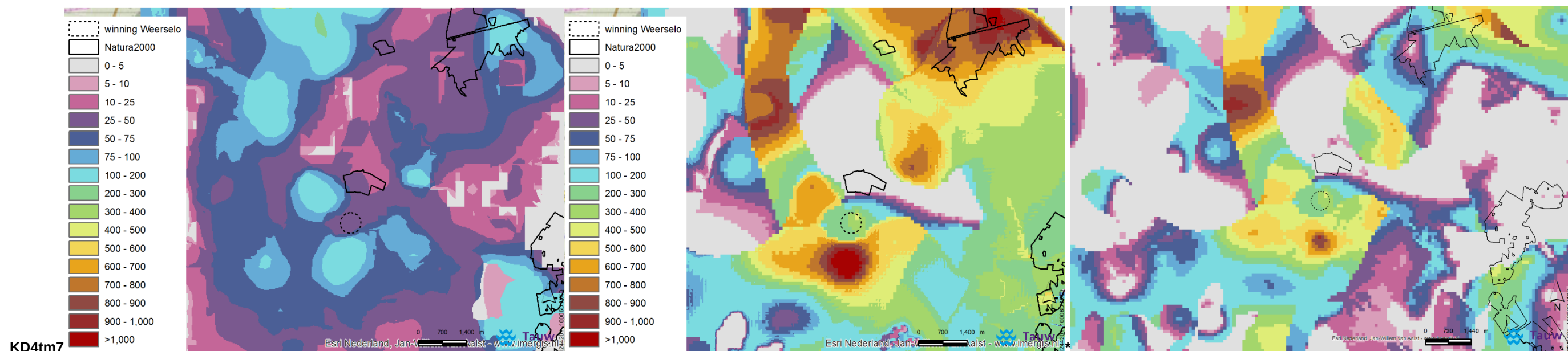
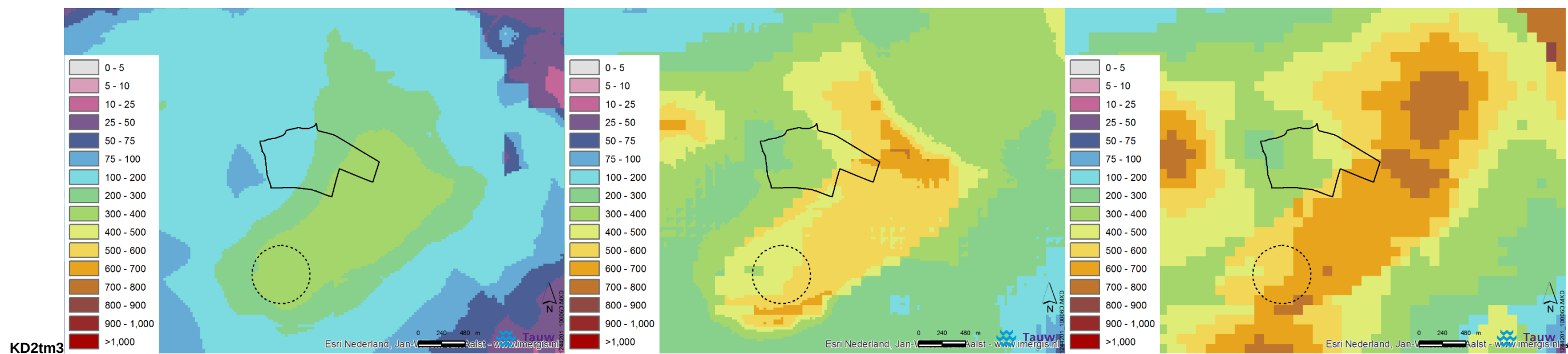
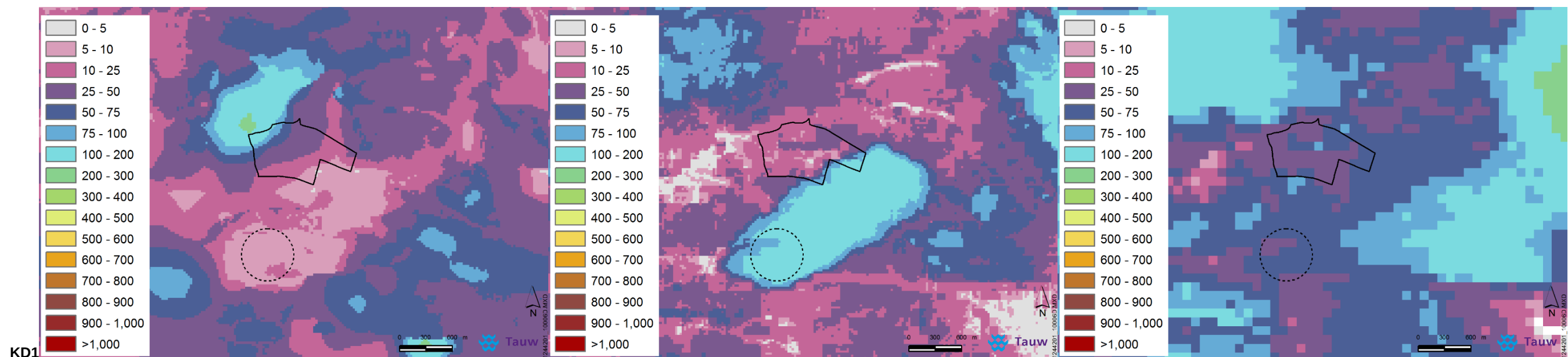
REGISII



C2 is <1 in wrd2014 en mipwa3.0

C3





*de verschillen tussen mipwa3.0 en REGISII.v2 worden veroorzaakt door het gestuwde packet (dtc) dat in mipwa3.0 is vertaald naar een kd.

Bijlage 3: Mapping MIPWA3.0

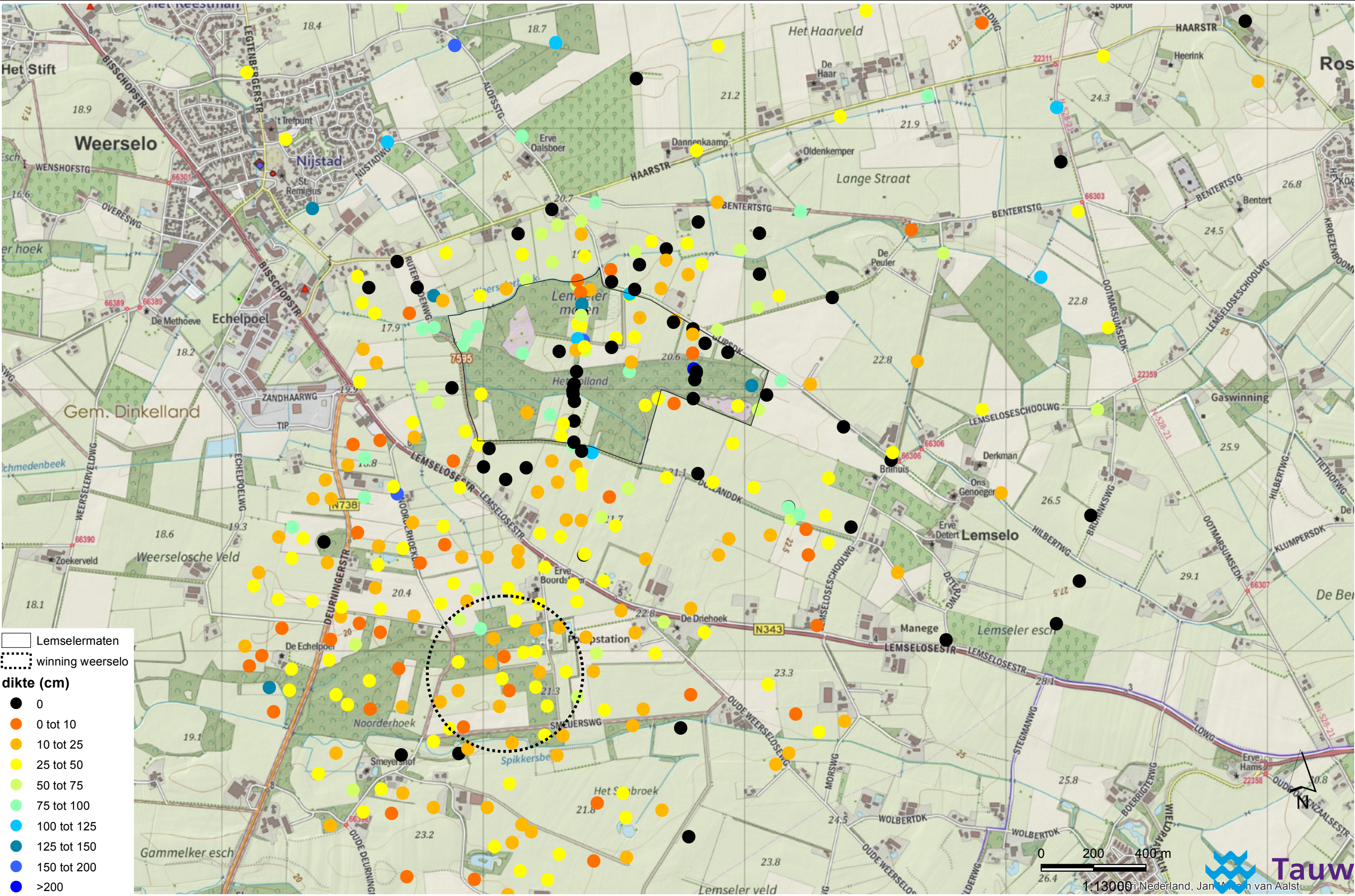
Tabel 3.1 Overzicht van de mapping (zie ook de kaarten in bijlage D).

Nr.	Laag (WVP of SDL)	Eenheden
1	WVP1 (complex)	Veenkaart, nigr, TNO-2007, deklaag IJsselmeer/Randmeren, grindbak, spring_7
	SDL1	- (deklaag als complex in WVP1 geschematiseerd)
2	SDL2	bxx1, bxx2, glij_oldenzaal
3	SDL3	bxx2, krwyk1, krk1, wbv1, eek1, eek2, krzuk1, drui1, drgik1 / keileem, gliede
4	SDL4	krwt1, drgik1, gliede, urk1, spring_8
5	SDL5	druik1, drgik1, gliede, urk1, urk2, pek1, hd
6	SDL6	drgik1, gliede, urk1, pek1, pek2, urk3, spring_9
7	SDL7	urk3, stk1, wak1, pzk1
8	WVP8	pzc, pzwa-dgm
9	SDL8	wak2, wak3, glij_holterlemeler
10	WVP9	msc, ms-dgm

Bijlage

2

Dikte van klei-/leemlaag

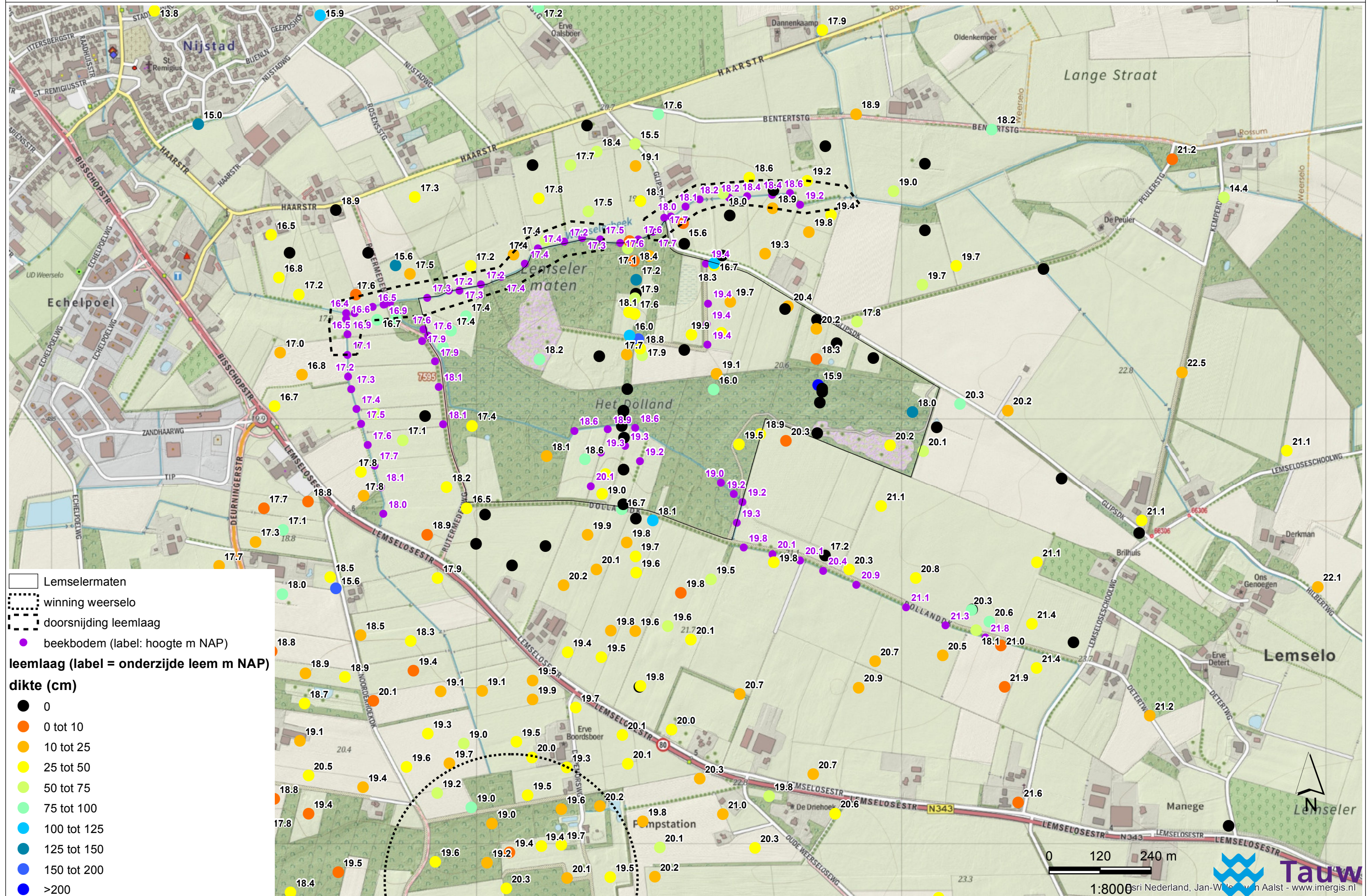


Bijlage

3

Doorsnijding klei-/leemlaag

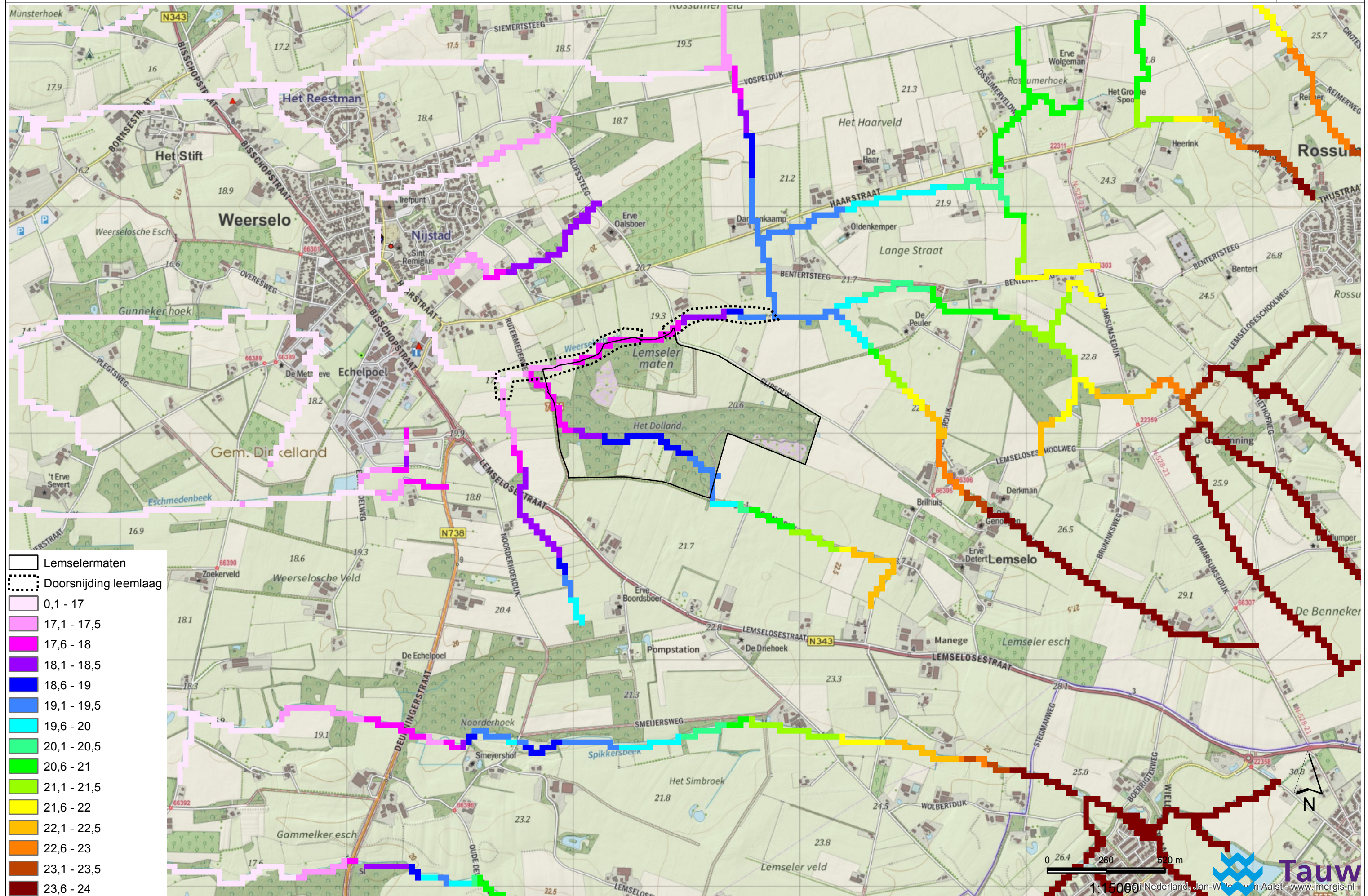
Doorsnijding van beken door leemlaag

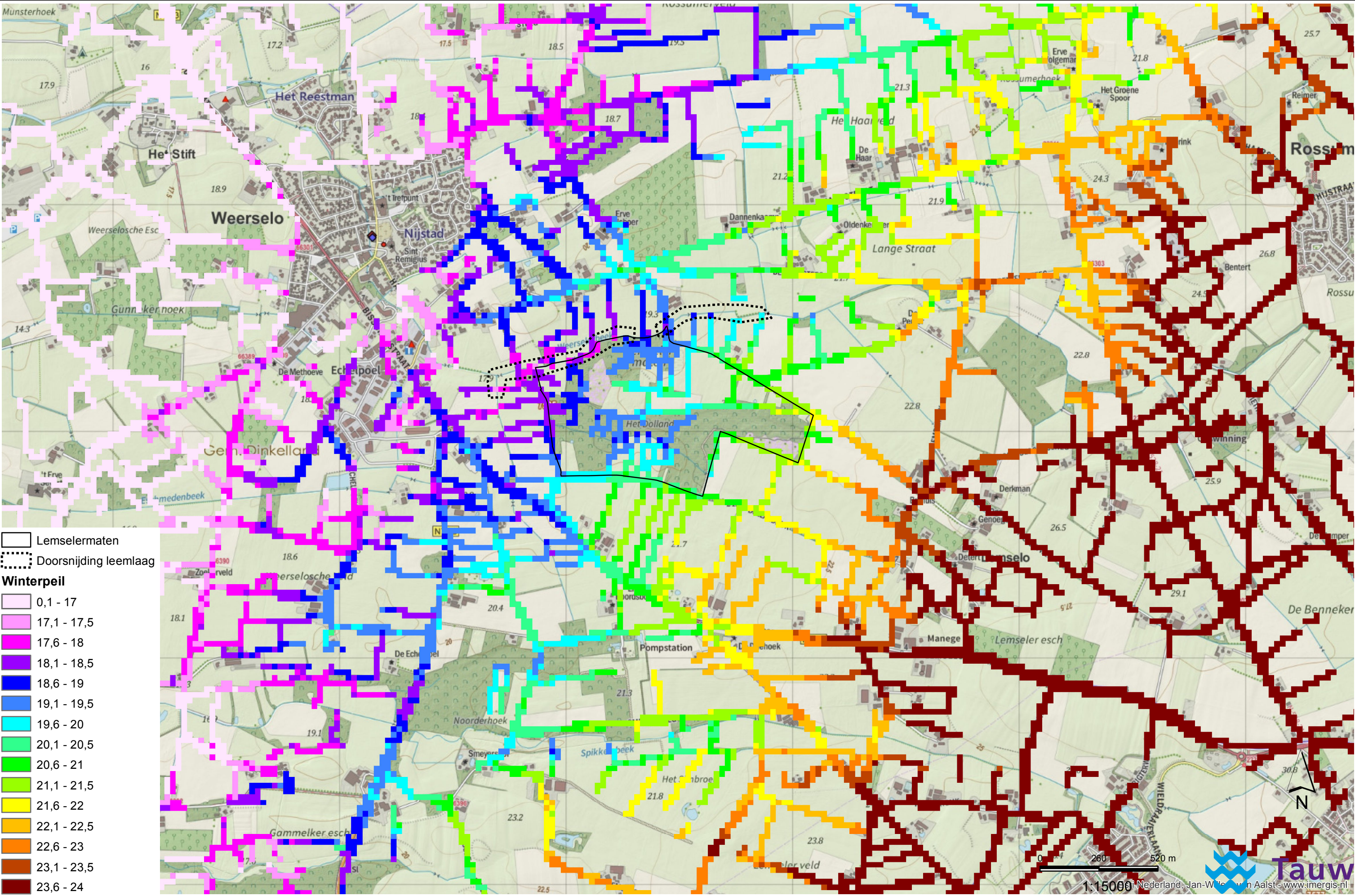


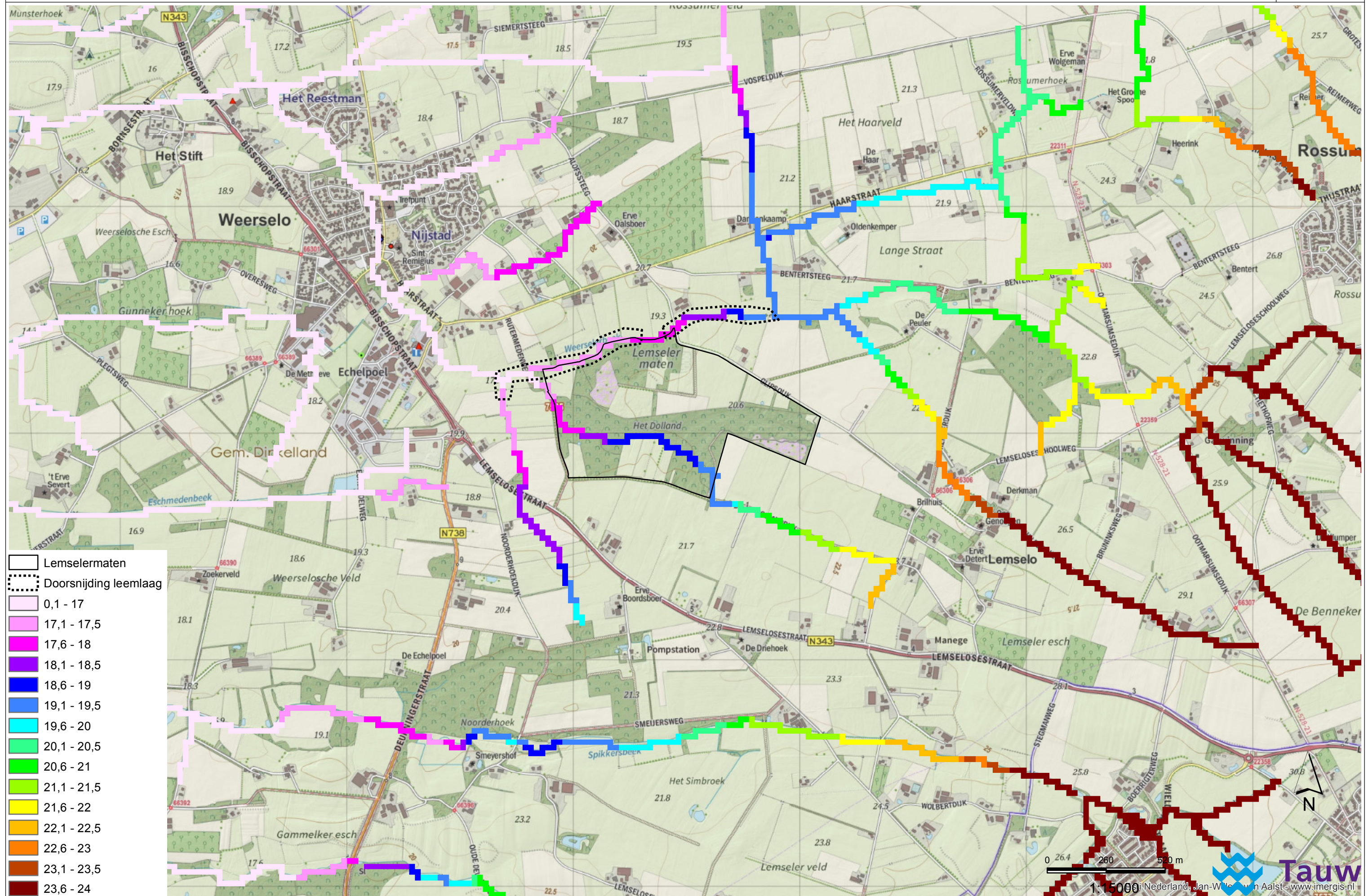
Bijlage

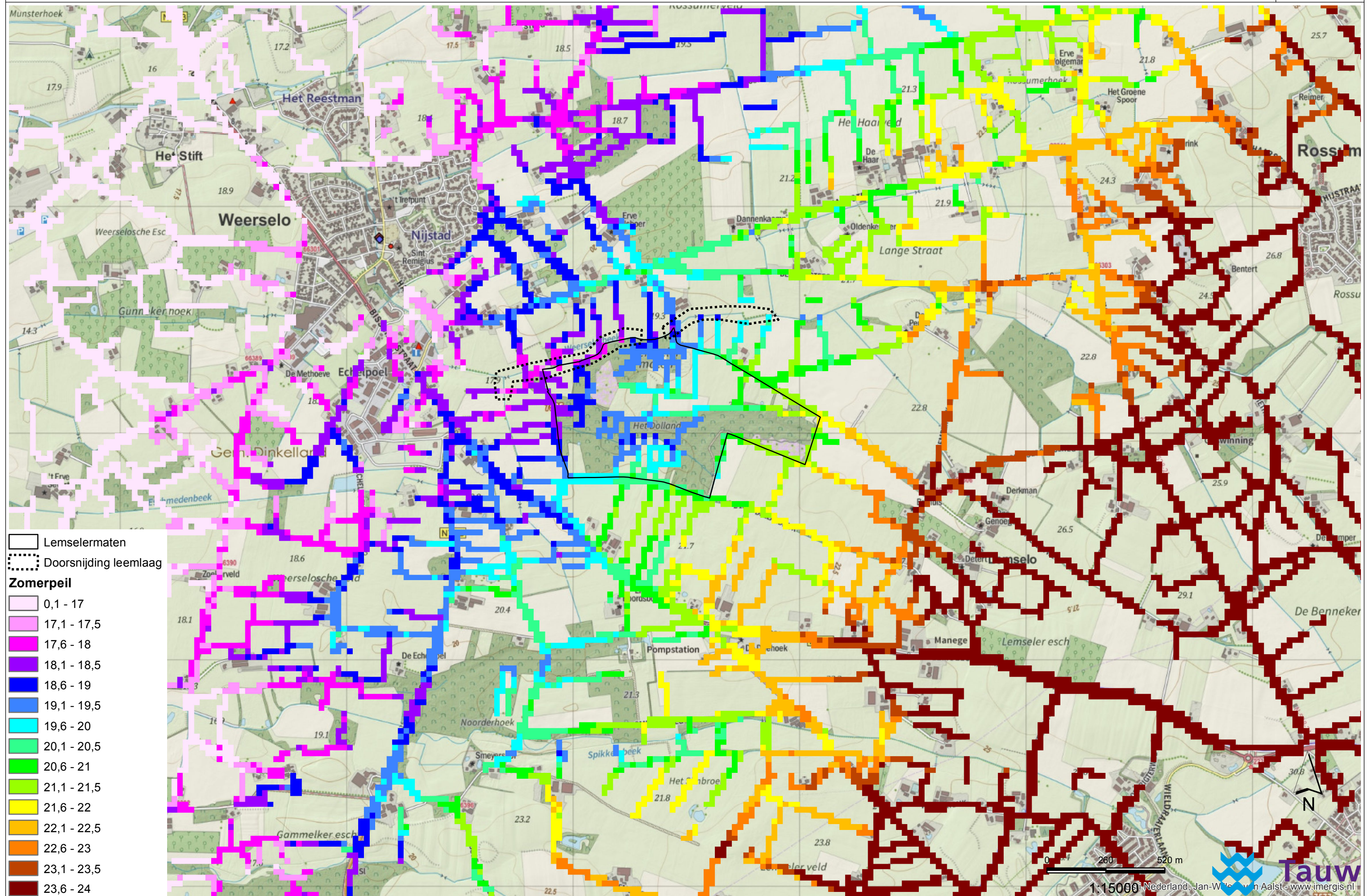
4

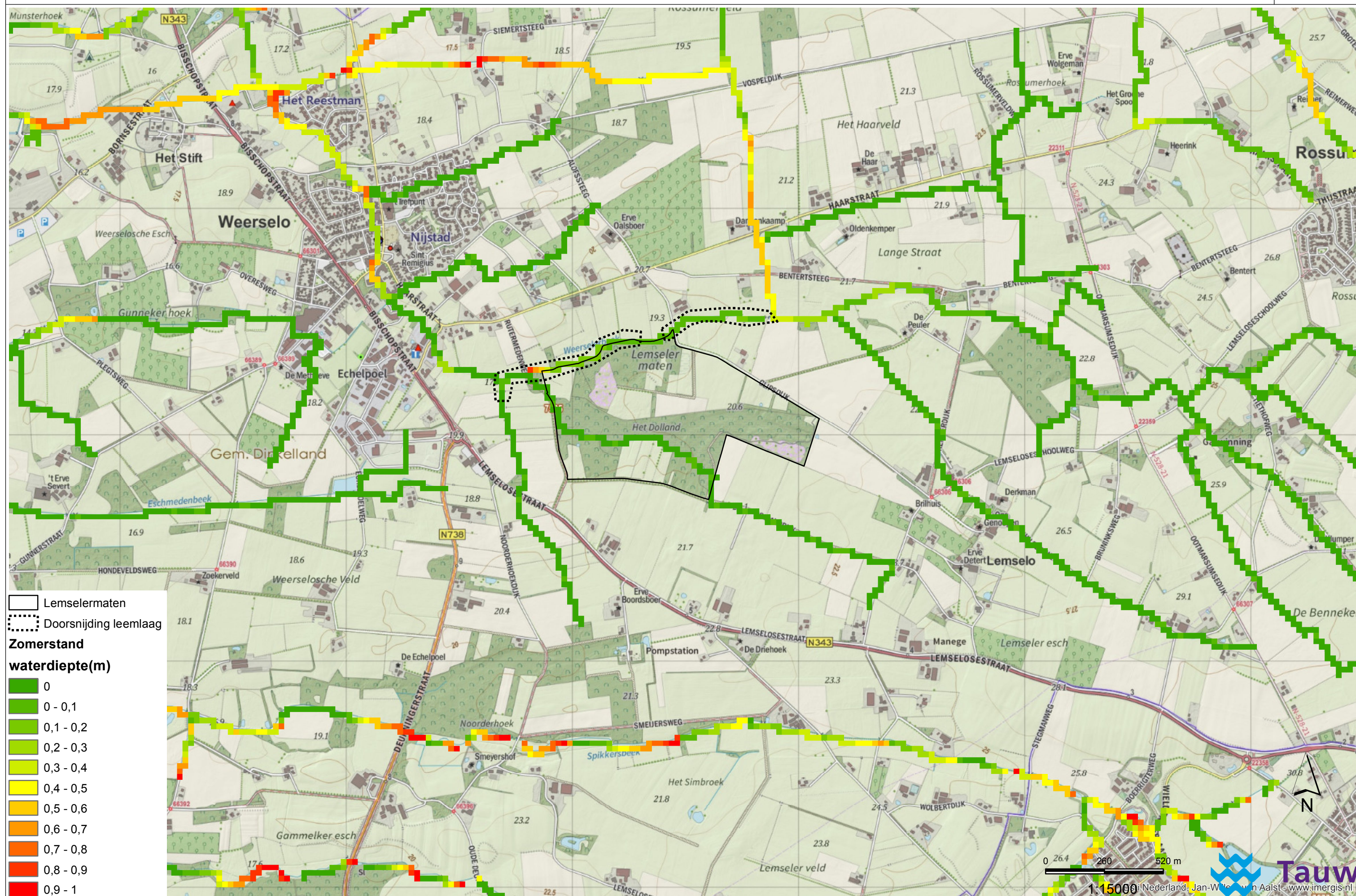
Kaarten waterlopen

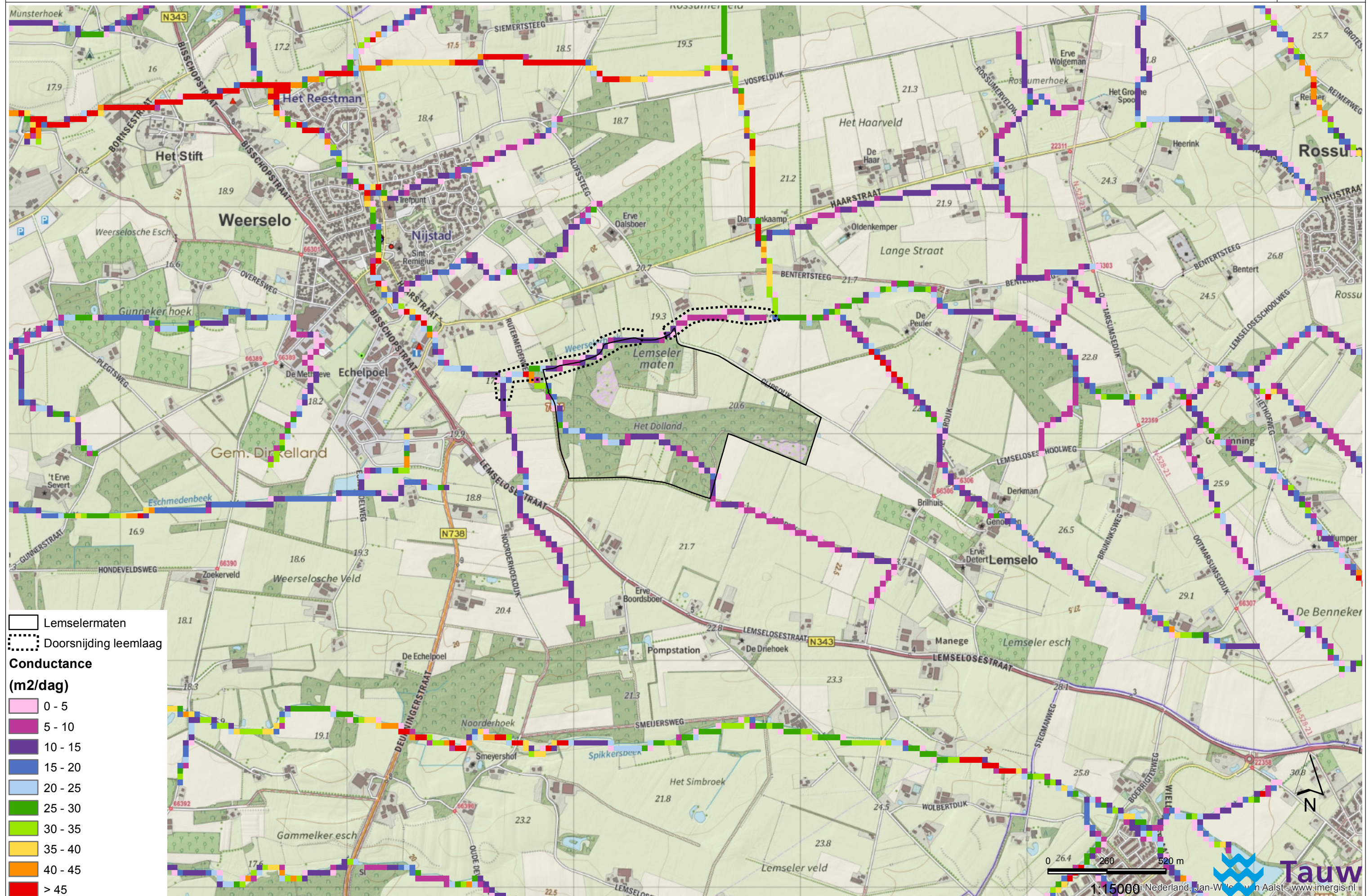














Bijlage

5

IJkset

Opgenomen in de stationaire en instationaire ijkset

NAME	XCOORD	YCOORD	ZCOORD	SURF LEV	MLGL	MGL	MSGL	MHGL	GT	Opmerkingen
B28F0237001	257100	487500	17.89	20.36	18.26	18.8	19.11	19.31	VII	
B28F0237002	257100	487500	14.77	20.36	18.22	18.68	18.84	19.05	VII	
B28H0218001	254978	485108	-12.56	18.69	16.28	16.8	17.11	17.3	VII	
B28H0228001	255941	482683	-5.28	23.13	20.23	20.76	21.14	21.35	VIII	
B28H0228002	255941	482683	-25.28	23.13	20.26	20.78	21.15	21.37	VIII	
B28H0229001	255883	483959	10.51	20.51	18.69	19.23	19.55	19.76	VI	
B28H0229002	255883	483959	-9.49	20.51	18.82	19.37	19.67	19.95	VI	
B28H0229003	255883	483959	-14.49	20.51	18.88	19.4	19.66	19.96	VI	
B28H0230001	256228	484103	16.35	20.37	19.15	19.61	19.87	20.06	V	
B28H0230002	256228	484103	-5.65	20.37	18.72	19.34	19.61	19.98	V	
B28H0230003	256228	484103	-21.65	20.37	18.65	19.3	19.61	19.95	VI	
B28H0296001	259134	487223	9.31	23.1	21.45	21.91	22.14	22.36	VI	
B28H0340001	257326	483496	12.6	23.7	22.22	22.67	22.95	23.14	VI	
B28H0340002	257326	483496	8.6	23.7	22.24	22.68	22.94	23.15	VI	
B28H0340003	257326	483496	-4.4	23.7	22.24	22.68	22.94	23.15	VI	
B28H0424001	257560	484730	16.15	24.15	21.45	22.06	22.47	22.68	VIII	
B28H0424002	257560	484730	11.15	24.15	21.37	21.97	22.38	22.6	VIII	
B28H0424003	257560	484730	-5.85	24.15	21.35	21.96	22.37	22.58	VIII	
B28H0425001	257881	482877	22.2	27.2	25.31	25.9	26.31	26.49	VI	
B28H0425002	257881	482877	8.2	27.2	25.31	25.89	26.27	26.48	VI	
B28H0455001	258089	483741	20.1	28.16	24.59	25.08	25.49	25.58	VIII	
B28H0455002	258089	483741	8.1	28.16	24.02	24.48	24.83	24.96	VIII	
B28H0455003	258089	483741	1.65	28.16	24	24.46	24.8	24.95	VIII	
B28H0456001	256737	482910	12.7	23.6	21.94	22.46	22.8	23.01	VI	
B28H0456002	256737	482910	-8.3	23.6	22	22.51	22.82	23.04	VI	
B28H0461001	255681	484112	12.5	20.55	18.27	18.78	19.09	19.27	VII	
B28H0461002	255681	484112	-11.5	20.55	18.3	18.78	19.05	19.26	VII	

B28H0462001	256061	483925	12.3	20.3	18.8	19.34	19.66	19.9	VI	
B28H0462002	256061	483925	-13.7	20.3	18.82	19.33	19.6	19.87	VI	
B28H0463001	255736	483627	12.7	19.7	19.01	19.43	19.7	19.83	II	
B28H0463002	255736	483627	4.7	19.7	19.05	19.52	19.83	20.02	II	
B28H0463003	255736	483627	-13.3	19.7	19.3	19.82	20.15	20.35	I	
B28H0501001	255685	484600	1.8	19.81	17.77	18.27	18.56	18.75	VII	
B28H0502001	255811	485236	12.6	18.6	17.43	17.82	17.99	18.1	IV	
B28H0502002	255811	485236	-2.4	18.6	17.49	17.92	18.12	18.23	III	
B28H0571001	254620	486330	13.99	16.09	14.49	14.89	15.12	15.33	VI	
B28H0573001	255610	486330	16.71	18.25	16.46	17.08	17.39	17.77	VI	
B28H0574001	255610	486340	NaN	18.15	16.51	17.07	17.42	17.7	VI	
B28H0580001	254440	485080	15.78	18.43	15.79	16.38	16.86	17.03	VII	
B28H0592001	256560	485365	17.44	20.7	18.96	19.37	19.56	19.71	VII	
B28H0604001	255350	484707	16.5	18.75	17.08	17.61	17.92	18.15	VI	
B28H0609001	255260	483965	16.5	19.75	17.79	18.31	18.62	18.81	VII	
B28H0617001	255158	483472	17.9	19.83	18.01	18.54	18.88	19.01	VII	
B28H0622001	259796	483283	32.84	35.42	33.72	34.3	34.66	34.85	VI	
B28H0637001	253750	485370	13.1	15.56	13.65	14.01	14.19	14.41	VII	
B28H0654001	256180	484320	18.44	20.84	18.91	19.53	19.95	20.27	VI	
B28H0655001	256650	484114	20.02	21.19	19.49	20.08	20.53	20.8	V	
B28H0656001	256397	483732	19.4	21.69	19.31	19.89	20.28	20.59	VII	
B28H0657001	256940	483780	18.85	22.41	20.72	21.15	21.42	21.65	VI	
B28H0658001	256280	483280	19.64	22.04	19.64	20.19	20.56	20.78	VII	
B28H0670001	253595	482745	15.76	17.37	15.12	15.88	16.32	16.66	VI	
B28H0680001	253200	486170	12.91	15.35	13.39	13.84	14.11	14.3	VII	
B28H0683001	258800	484200	22.55	25.1	22.9	23.47	23.89	24.08	VII	
B28H0684001	258820	484150	22.99	25.39	22.99	23.61	24.21	24.32	VII	
B28H0685001	254990	485130	15.48	18.71	16.46	17.02	17.36	17.57	VII	
B28H0687001	255944	482688	20.43	23.14	20.57	21.17	21.57	21.75	VII	
B28H0688001	255870	483940	18.76	20.61	18.68	19.27	19.62	19.8	VII	

B28H0698001	259500	487320	21.17	22.73	21.59	22.08	22.2	22.5	III	
B28H0699002	257050	487270	17.64	19.05	18.47	18.9	19.08	19.14	II	
B28H0701001	257990	486800	19.41	21.89	20.19	20.67	20.79	21.09	VI	
B28H0704001	256080	485180	18.29	19.18	18.46	18.96	19.18	19.24	II	
B28H0707001	256260	485330	17.06	19.17	18.41	18.88	19.1	19.2	II	
B28H0713001	256360	484860	18.33	20.04	19.12	19.59	19.77	19.95	III	
B28H0714001	256560	485050	18.3	19.62	19.04	19.43	19.56	19.61	II	
B28H0715001	257020	485030	19.26	20.25	19.73	20.11	20.26	20.32	II	
B28H0723001	256580	484780	19.42	20	19.32	19.73	19.91	19.96	II	
B28H0724001	256800	485080	19.05	19.95	19.5	19.81	19.91	19.95	I	
B28H0725001	256352	484980	18.55	19.65	19.2	19.45	19.51	19.59	I	
B28H0728001	256380	485020	17.55	19.56	19	19.34	19.49	19.55	II	
B28H0728002	256380	485020	18.16	19.56	18.88	19.3	19.46	19.55	II	
B28H1804001	256559	485068	18.46	19.44	19.05	19.39	19.49	19.51	I	
B28H1804002	256559	485068	16.42	19.44	19.09	19.47	19.62	19.69	I	
B28H1805001	257027	485015	19.61	20.35	19.63	20.13	20.36	20.37	II	
B28H1805002	257027	485015	16.38	20.35	19.77	20.33	20.66	20.84	II	
B28H1806001	256360	485250	18.93	19.34	18.56	19.07	19.23	19.28	II	
B28H1806002	256360	485250	17.02	19.34	18.54	19.11	19.29	19.39	II	
B28H1808001	256805	485079	19.32	NaN	19.26	19.68	19.82	19.84		
B28H1808002	256805	485079	15.82	19.82	19.37	19.91	20.17	20.3	I	
B28H1879001	256343	484786	16.32	20.98	19.01	19.53	19.79	20.04	VII	verlengd met menyanthes
B28H1879002	256343	484786	7.39	20.98	19.02	19.54	19.79	20.03	VII	verlengd met menyanthes
B28H1879003	256343	484786	-12.74	20.98	19.05	19.54	19.78	20.02	VII	verlengd met menyanthes
B28H1880001	256361	485195	17.41	29.49	18.77	19.24	19.46	19.69	VIII	verlengd met menyanthes
B28H1880002	256361	485195	4.38	29.49	18.89	19.26	19.44	19.6	VIII	verlengd met menyanthes
B28H1880003	256361	485195	-3.86	29.49	18.78	19.19	19.38	19.59	VIII	verlengd met menyanthes
B28H1880004	256361	485195	-16.79	29.49	18.87	19.27	19.46	19.66	VIII	verlengd met menyanthes
B28H1881001	256374	485645	14.05	20.27	18.38	18.89	19.04	19.38	VII	verlengd met menyanthes
B28H1881002	256374	485645	4.52	20.46	18.36	18.88	19.04	19.37	VII	verlengd met menyanthes

B28H1881003	256374	485645	-2.41	20.27	18.38	18.88	19.03	19.37	VII	verlengd met menyanthes
B28H1881004	256374	485645	-8.96	20.27	18.77	19.07	19.22	19.35	VII	verlengd met menyanthes
B28H1881005	256374	485645	-24.11	20.27	18.44	18.9	19.04	19.35	VII	verlengd met menyanthes
B28H1882001	257028	485015	12.51	20.39	19.79	20.34	20.56	20.87	II	verlengd met menyanthes
B28H1882002	257028	485015	6.83	20.39	19.8	20.35	20.58	20.86	II	verlengd met menyanthes
B28H1883001	256056	484978	17.39	18.55	18.1	18.48	18.65	18.82	I	verlengd met menyanthes
B28H1883002	256056	484978	15.63	18.55	18.13	18.5	18.67	18.84	I	verlengd met menyanthes
B28H1883003	256056	484978	9.63	18.55	18.25	18.72	18.91	19.13	I	verlengd met menyanthes
B28H1883004	256056	484978	4.51	18.55	18.29	18.73	18.9	19.14	I	verlengd met menyanthes
B28H1884001	255987	484996	16.53	18.49	17.62	18.2	18.44	18.65	III	verlengd met menyanthes
B28H1884002	255987	484996	14.19	18.49	17.98	18.4	18.61	18.77	II	verlengd met menyanthes
B28H1884003	255987	484996	9.58	18.49	18.08	18.53	18.71	18.96	I	verlengd met menyanthes
B28H1884004	255987	484996	4.28	18.49	18.13	18.55	18.72	18.96	I	verlengd met menyanthes
B28H1885001	256303	485009	17.35	19.08	18.8	19.04	19.13	19.27	I	verlengd met menyanthes
B28H1885002	256303	485009	14.99	19.08	18.84	19.18	19.32	19.51	I	verlengd met menyanthes
B28H1885003	256303	485009	9.78	19.08	18.85	19.25	19.42	19.63	I	verlengd met menyanthes
B28H1885004	256303	485009	4.81	19.08	18.88	19.28	19.45	19.65	I	verlengd met menyanthes
B28H1886001	256314	485391	17.09	18.84	18.25	18.62	18.76	18.96	II	verlengd met menyanthes
B28H1886002	256314	485391	15.05	18.84	18.29	18.67	18.85	19.03	II	verlengd met menyanthes
B28H1886003	256314	485391	11.28	18.84	18.3	18.67	18.8	19.01	II	verlengd met menyanthes
B28H1886004	256314	485391	4.47	18.84	18.38	18.77	18.93	19.15	I	verlengd met menyanthes

Niet opgenomen in stationaire en instationaire ijkset

NAME	Opmerkingen
B28F0379001	geen metingen in de zomer
B28H0296002	te lage meetfrequentie
B28H0327001	te diep voor model
B28H0501002	te korte meetreeks
B28H0501003	te diep, te korte meetreeks

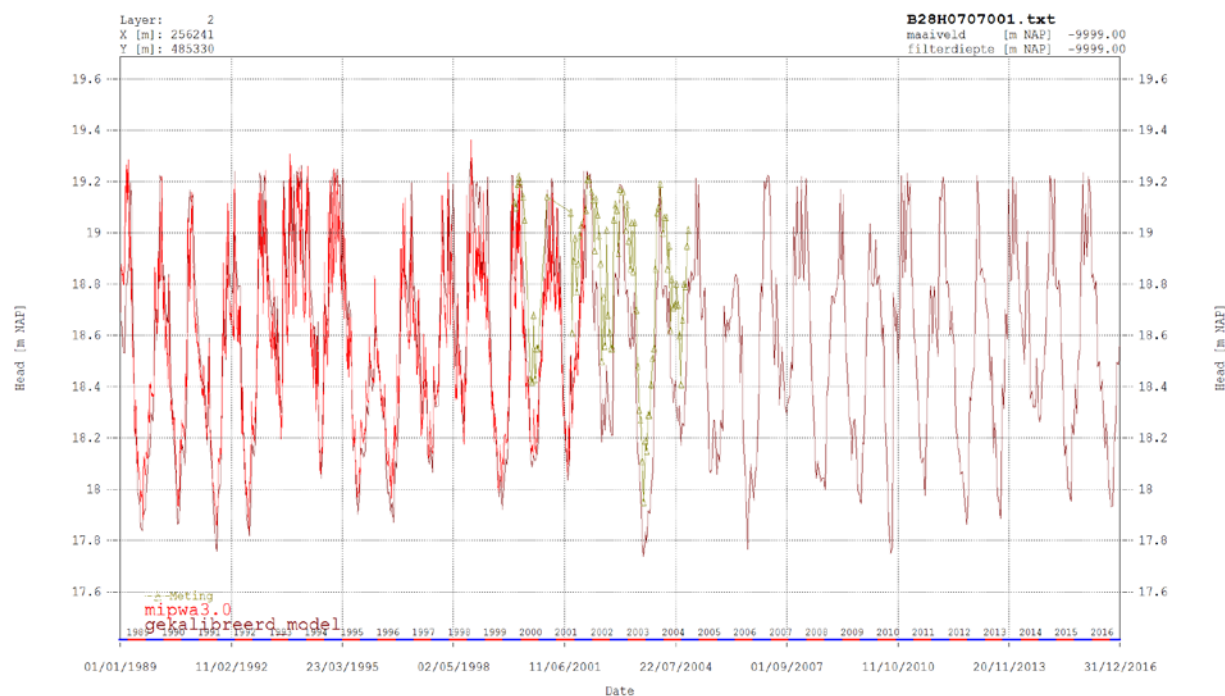
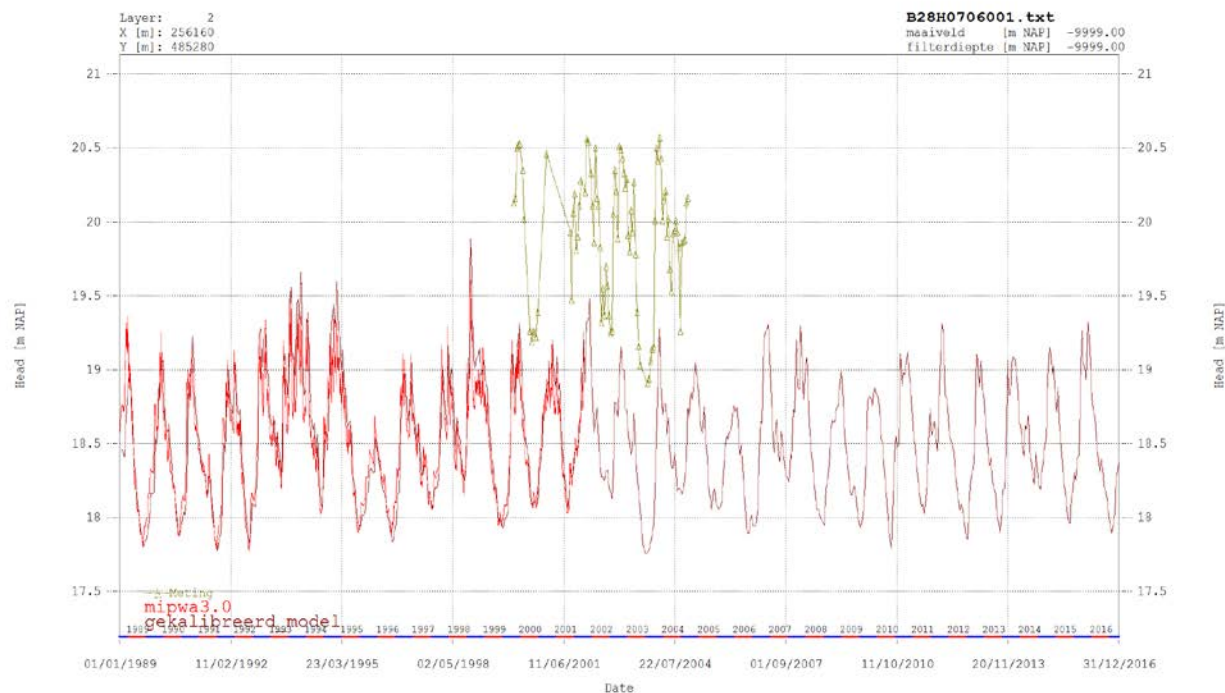
B28H0579001	vreemde waarden in de zomer. Droogval?
B28H0602001	te lage meetfrequentie
B28H0619001	droogval in de zomer
B28H0624001	gaten in meetreeks, droogval?
B28H0682001	na 1996 daling in gws. Oorzaak?
B28H0690001	maaiveld en hoogte van peilbuis kloppen niet, waardoor de grondwaterstanden niet kloppen.
B28H0697001	droogval
B28H0699001	droogval
B28H0700001	te lage meetfrequentie
B28H0700002	te lage meetfrequentie
B28H0702001	te lage meetfrequentie
B28H0705001	locatie pb klopt niet, ook niet meer te achterhalen
B28H0706001	gemeten grondwaterstanden niet plausibel, omdat deze ca 50 cm boven het maaiveld uitkomt terwijl de peilbuis op een hoger gedeelte staat.
B28H0709001	later stuk op filter gezet, maar hoogte onbekend
B28H0709002	droog val, later stuk op filter gezet, maar hoogte onbekend
B28H0712001	droogval
B28H0712002	droogval, later stuk op filter gezet, maar hoogte onbekend
B28H0716001	te lage meetfrequentie
B28H0717001	later stuk op filter gezet, maar hoogte onbekend
B28H0717002	droogval
B28H0718001	later stuk op filter gezet, maar hoogte onbekend
B28H0718002	droogval
B28H0719001	later stuk op filter gezet, maar hoogte onbekend
B28H0719002	droogval
B28H0720001	later stuk op filter gezet, maar hoogte onbekend
B28H0720002	droogval
B28H0721001	later stuk op filter gezet, maar hoogte onbekend
B28H0721002	droogval
B28H0722001	droogval, te korte meetreeks

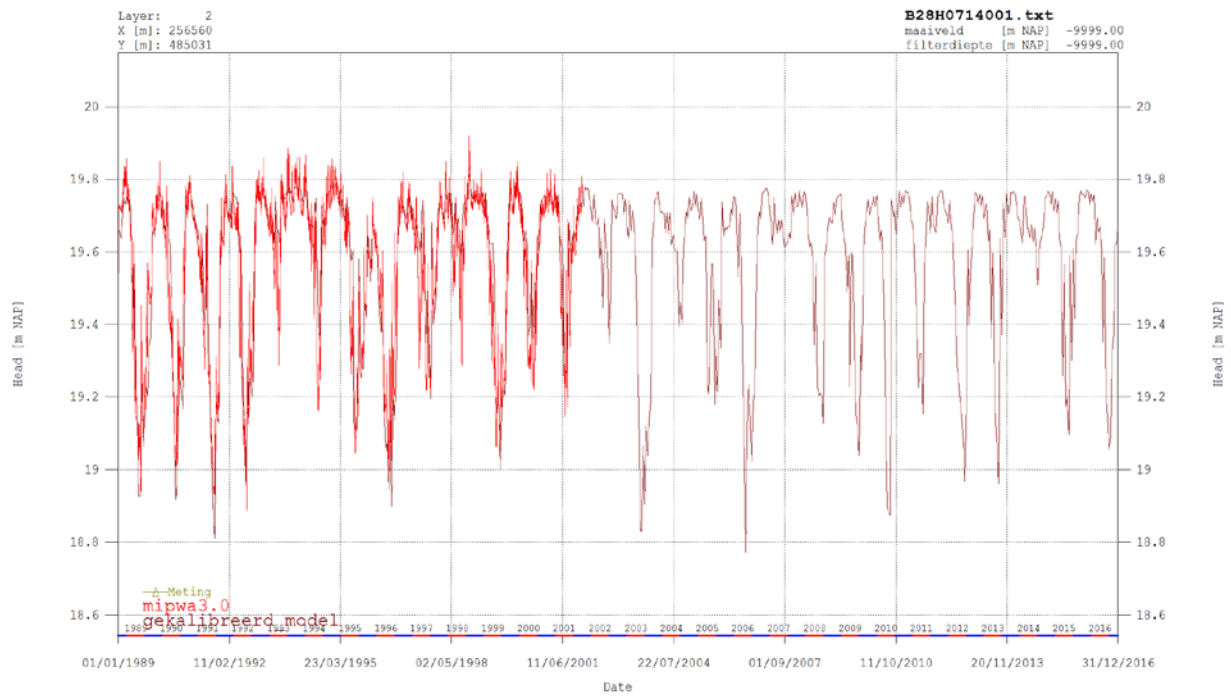
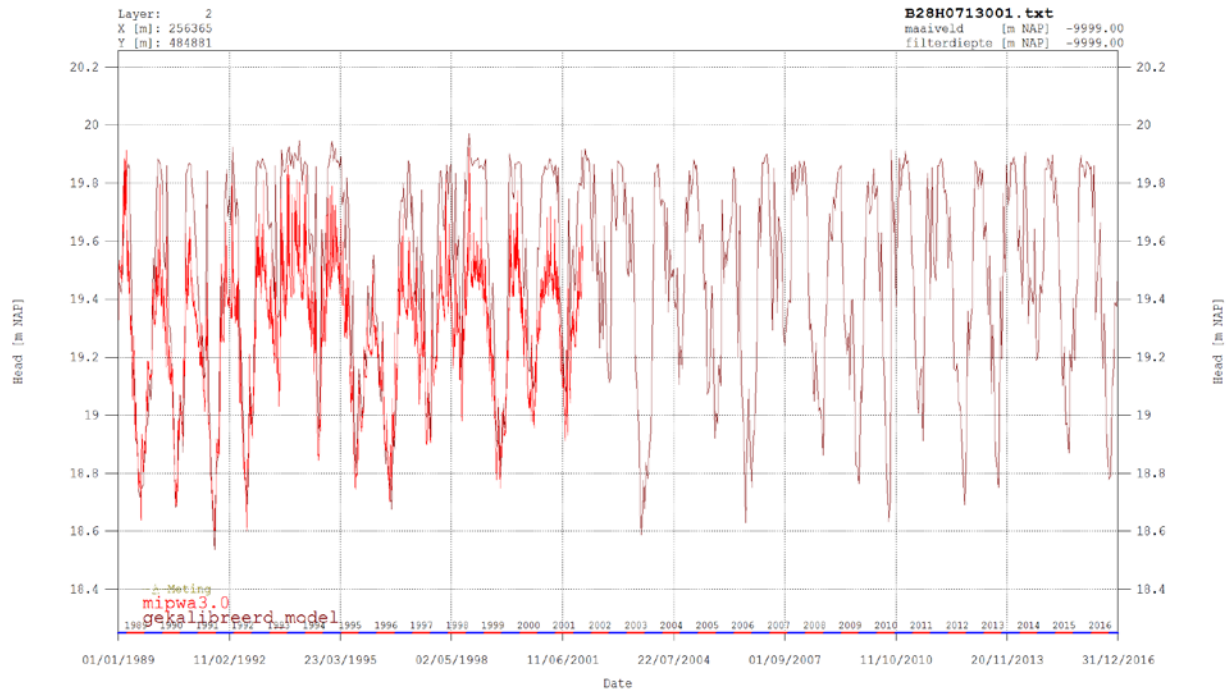
B28H0726001	te lage meetfrequentie
B28H0726002	te lage meetfrequentie
B28H0727001	ZIE HULLENAAR
B28H0727002	ZIE HULLENAAR
B28H0782001	gaten meetreeks
B28H1721001	te korte meetreeks
B28H0571001	vreemd meetpatroon

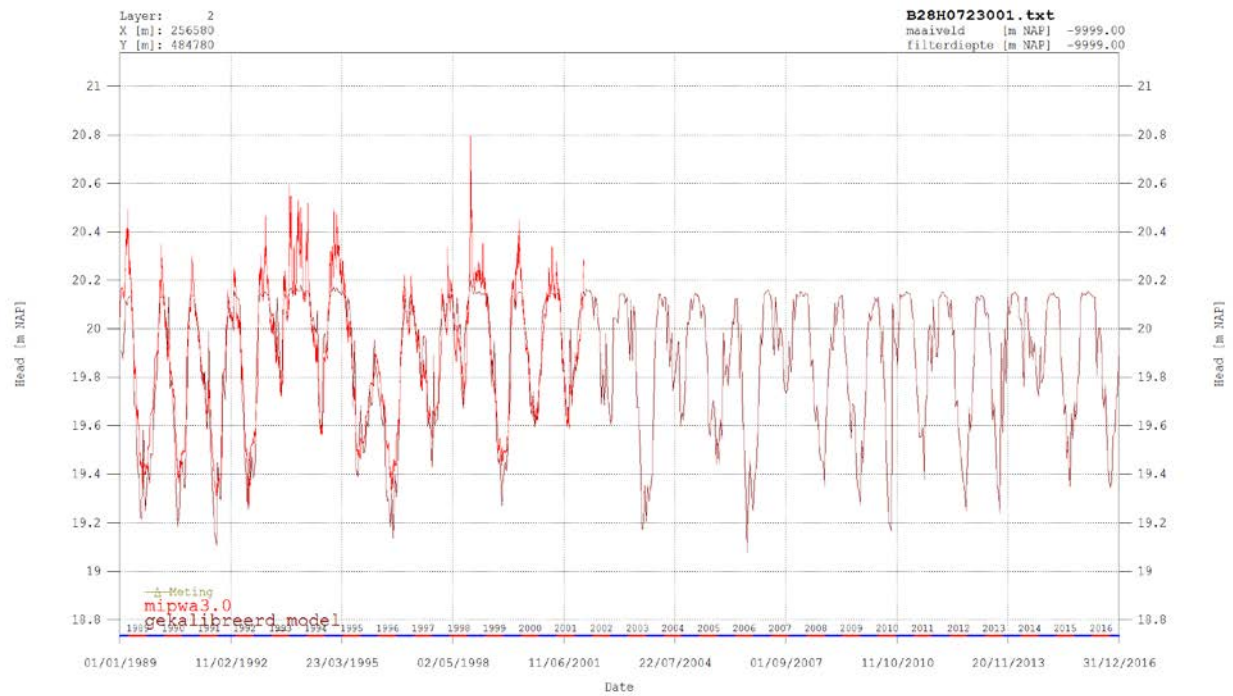
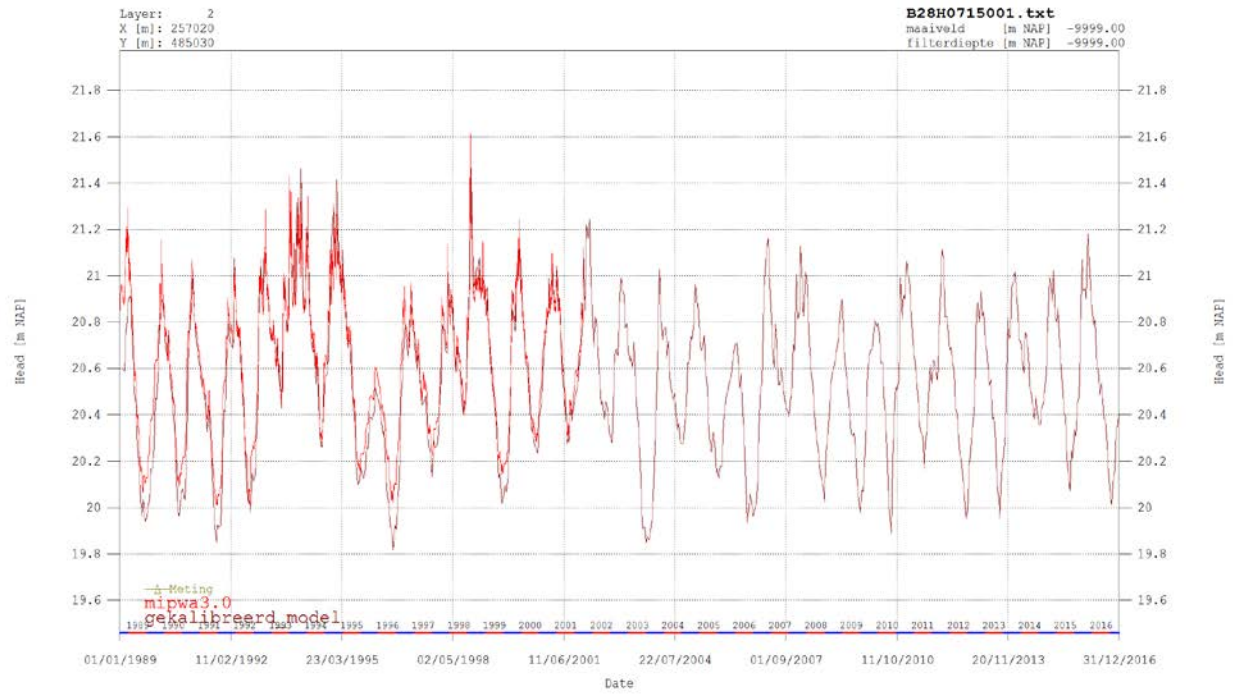
Bijlage

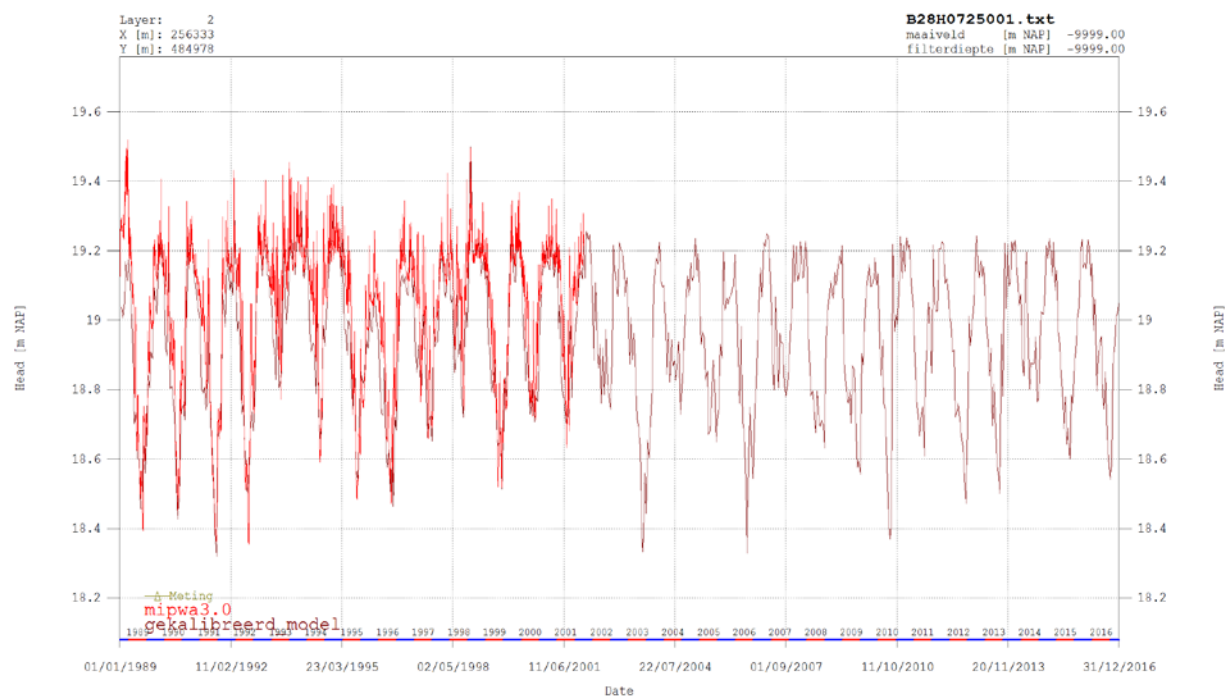
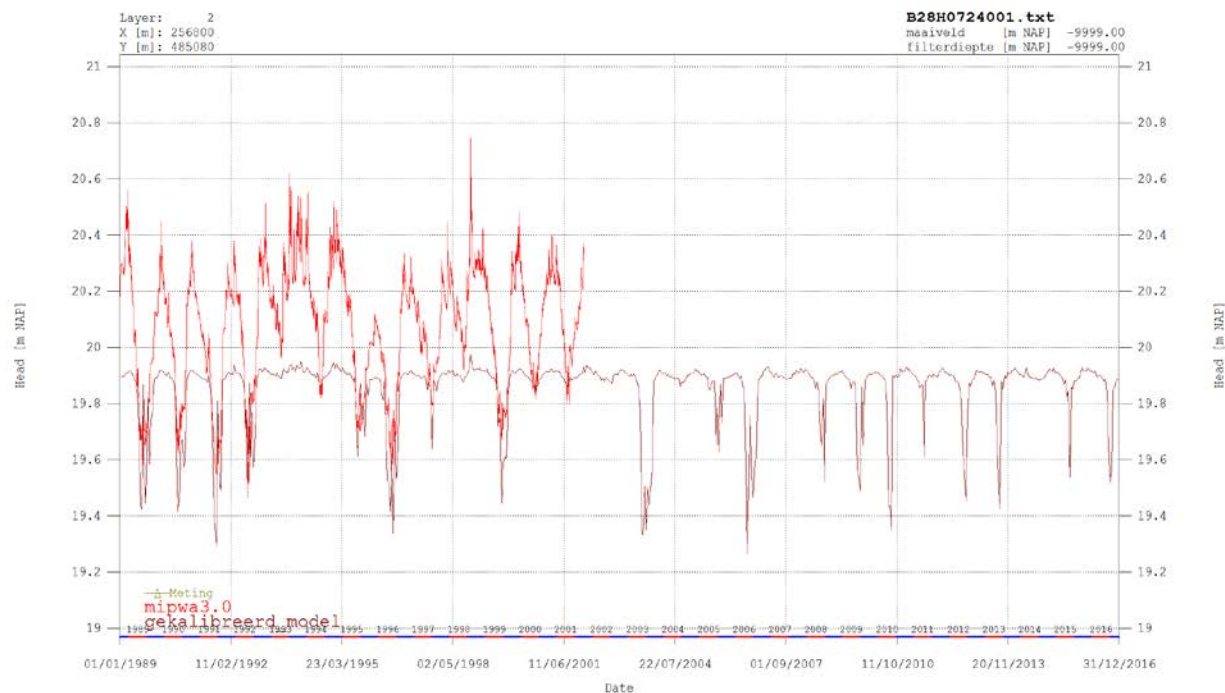
6

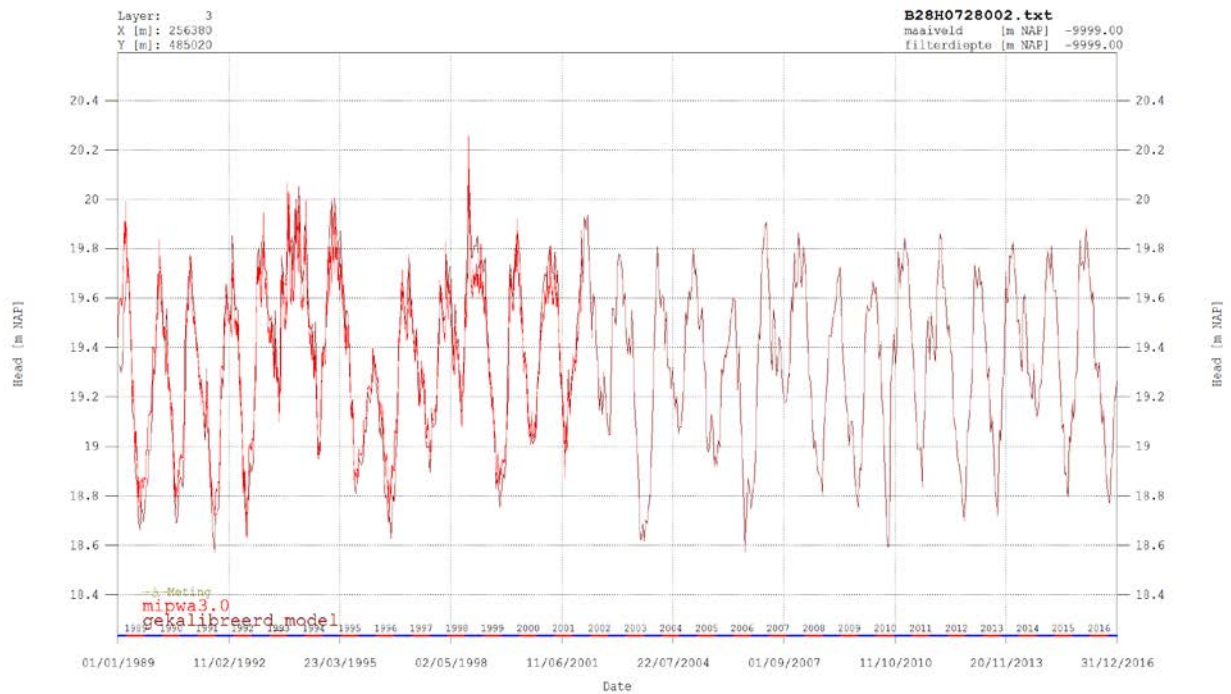
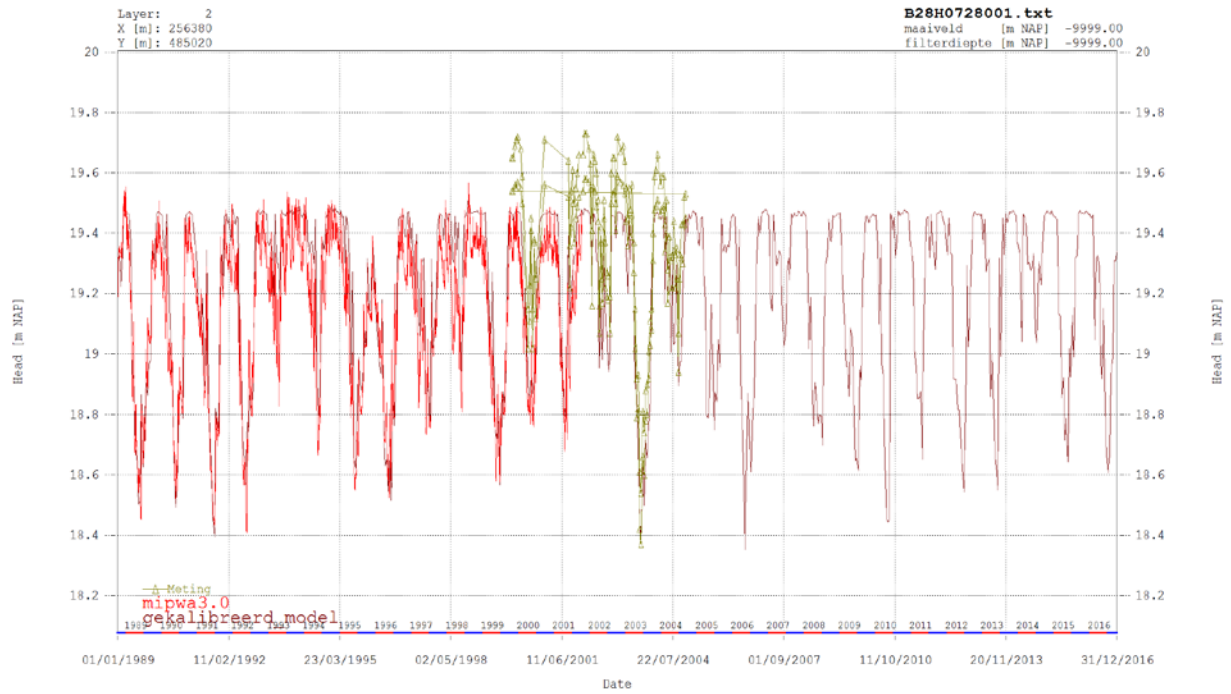
Tijdstijghoogtelijnen

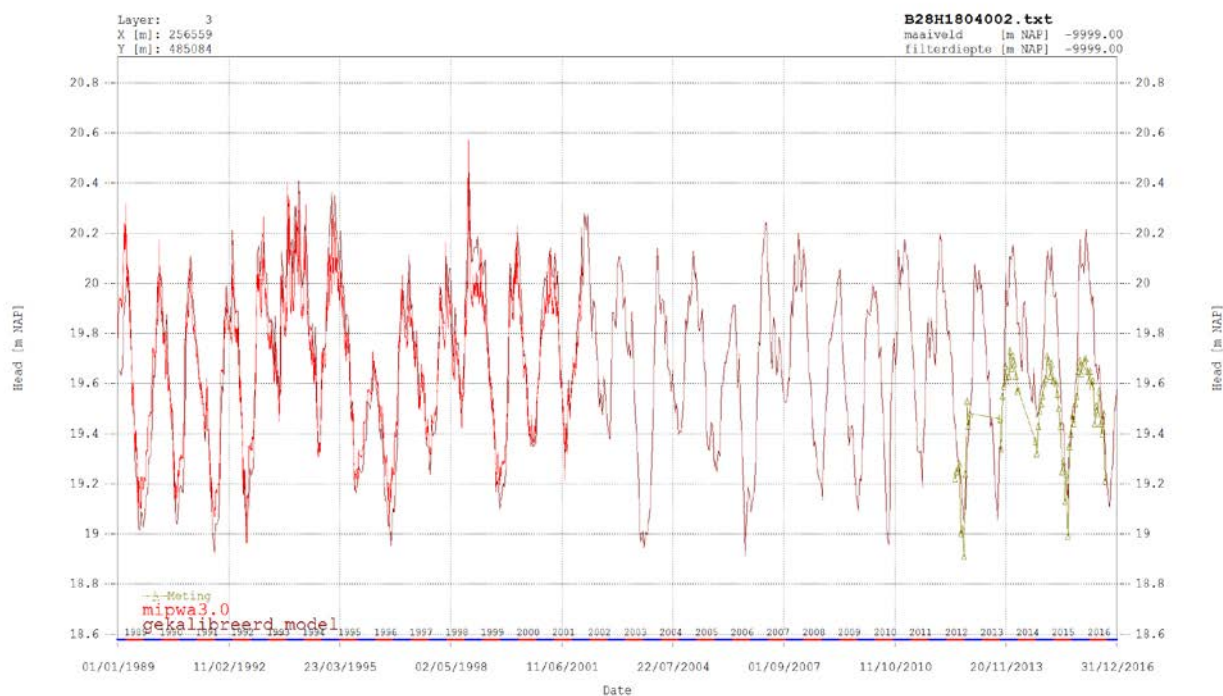
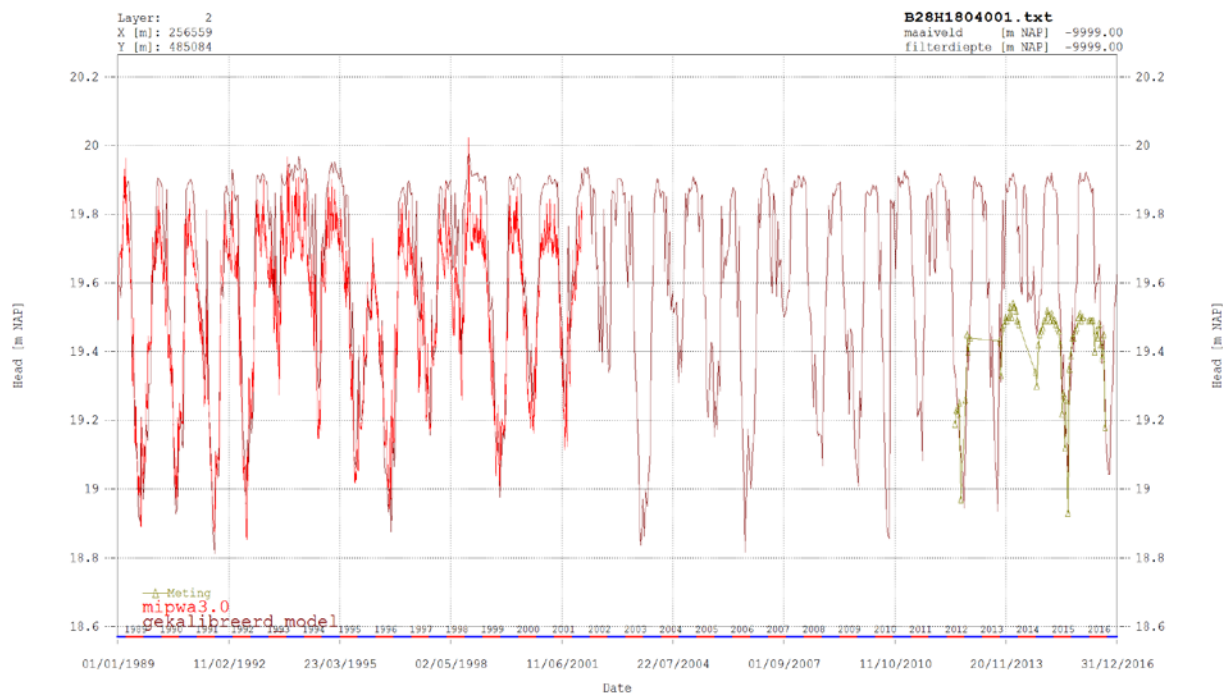


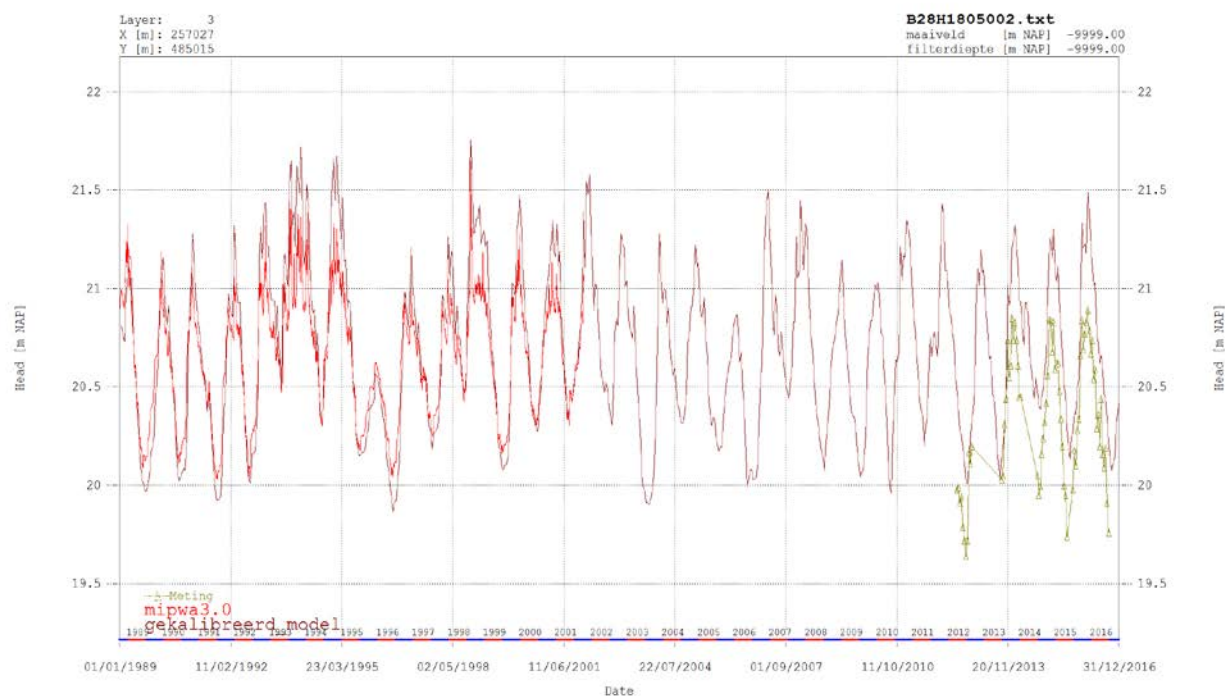
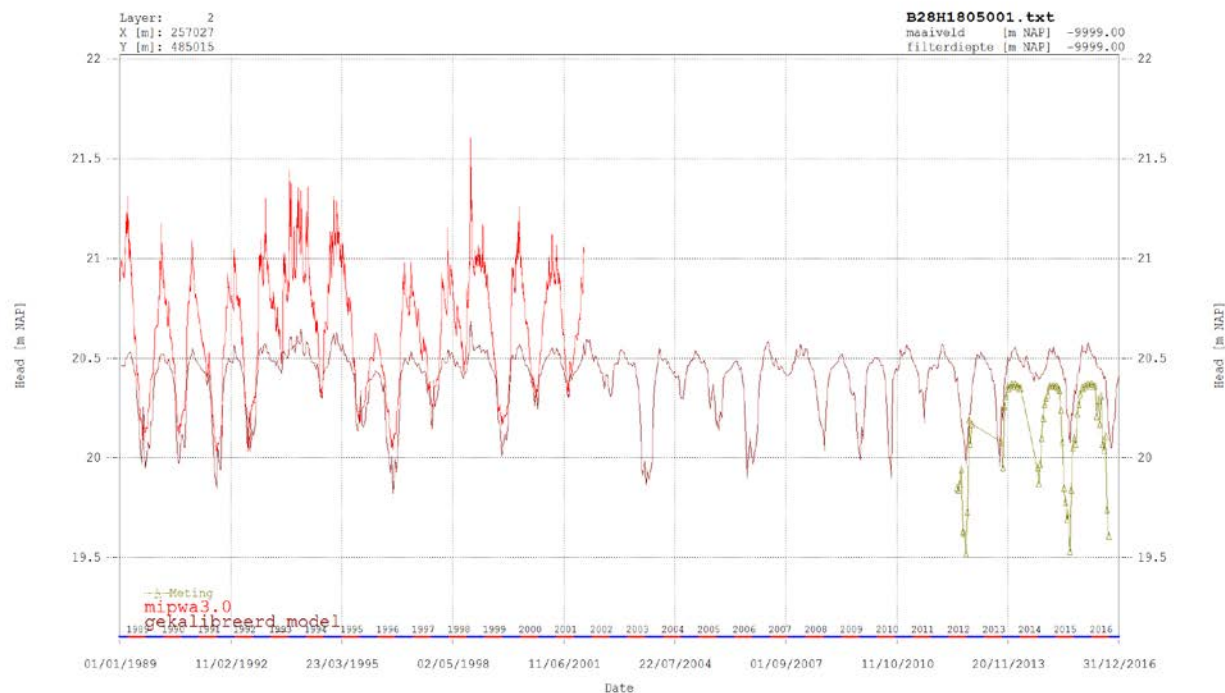


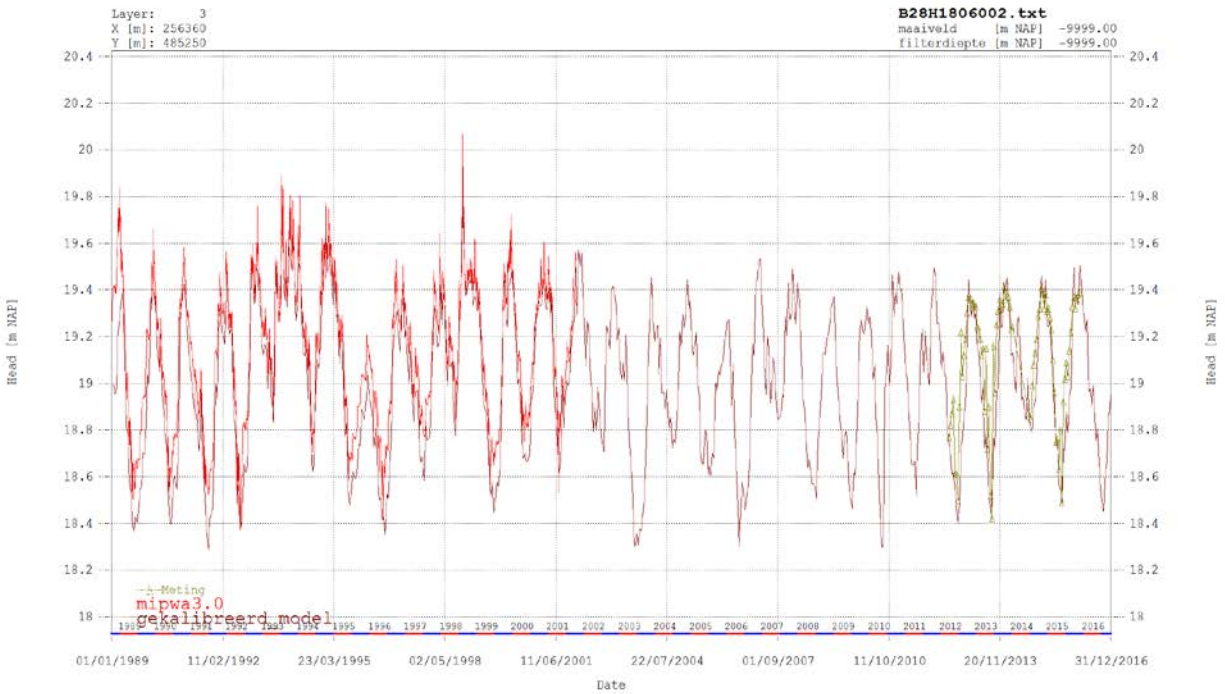
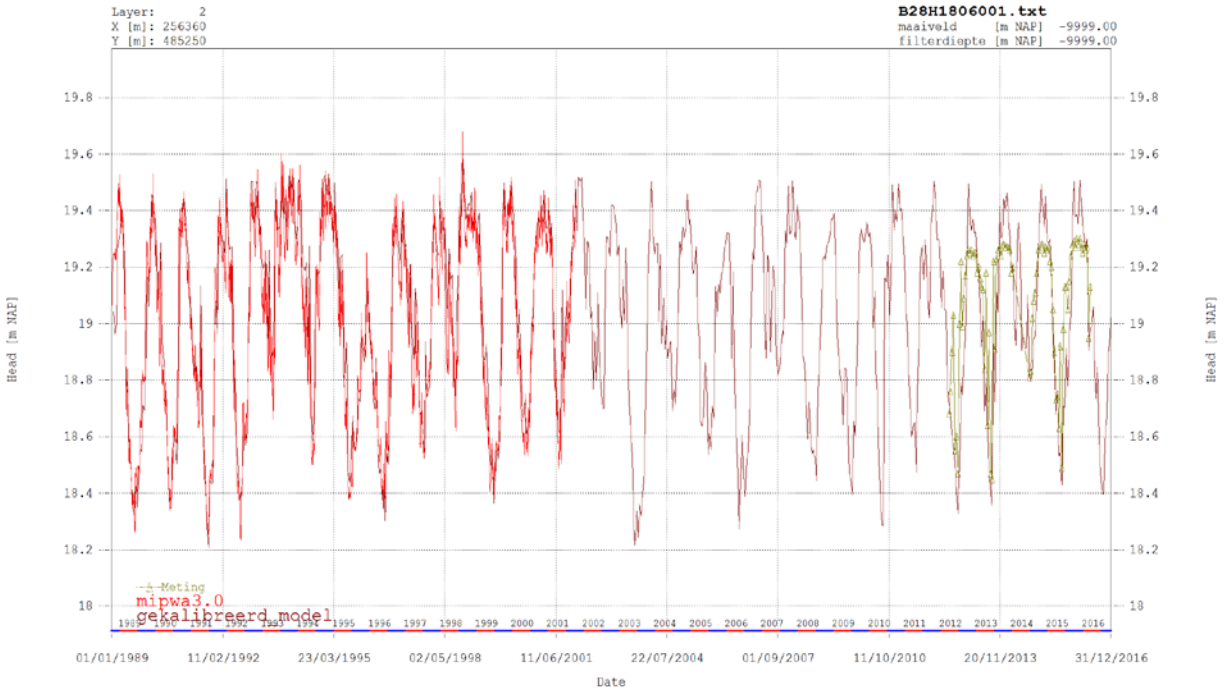


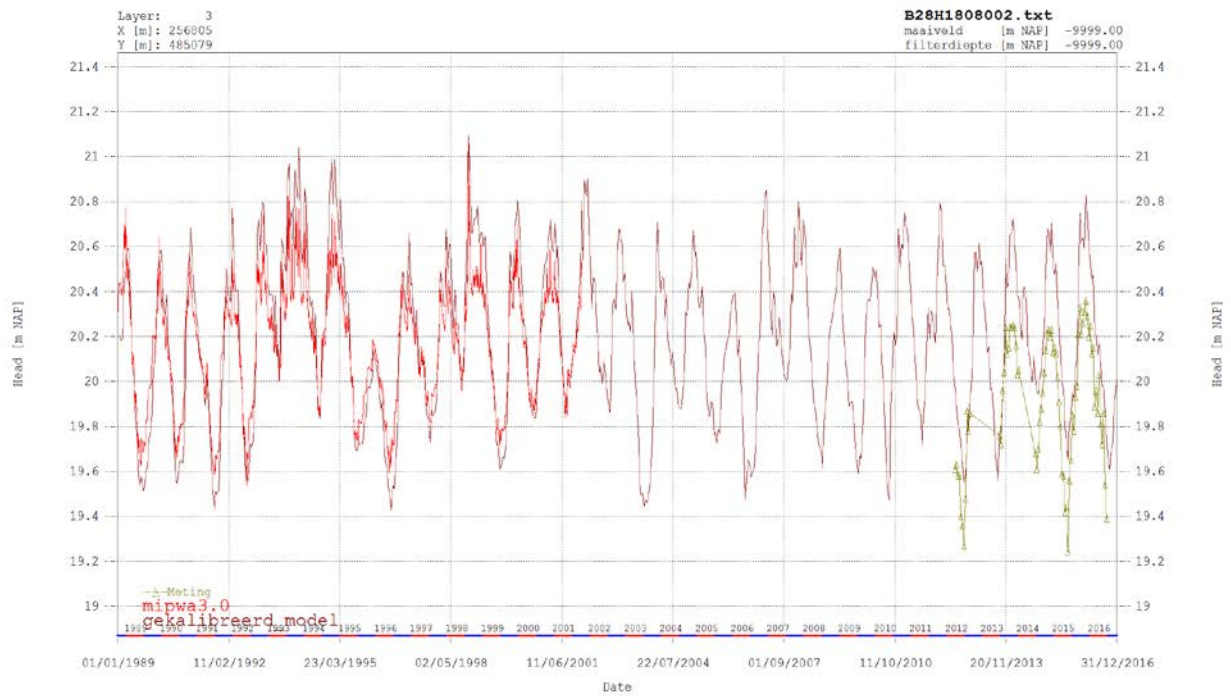
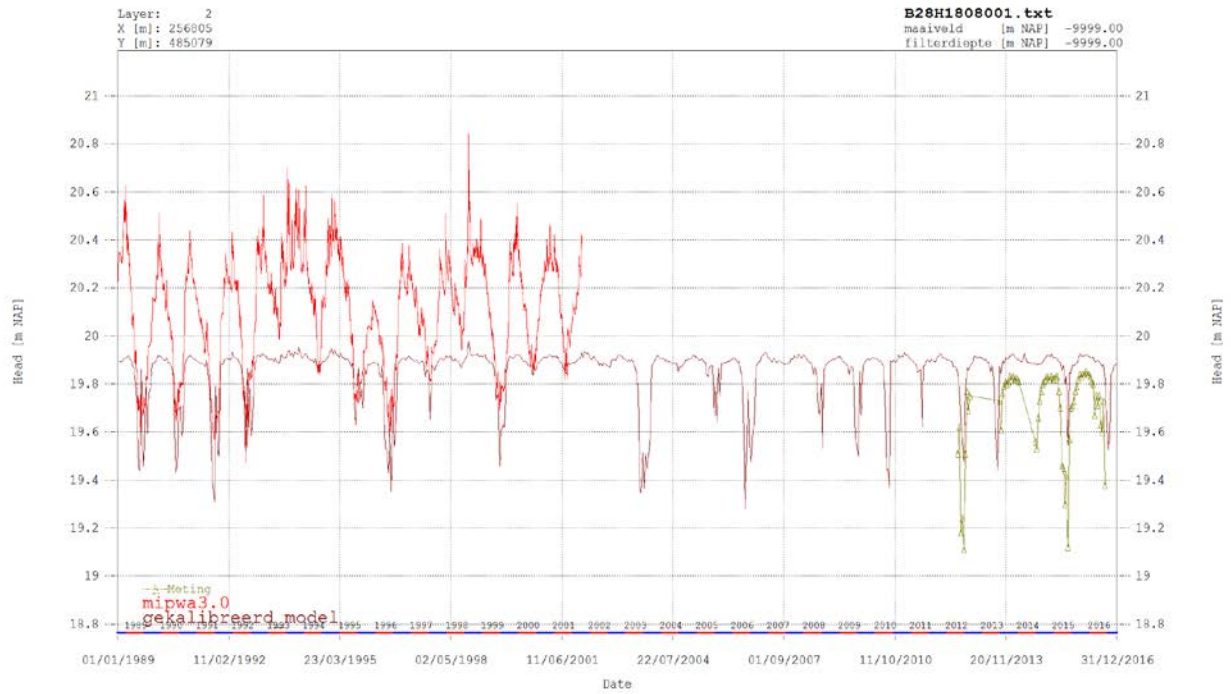


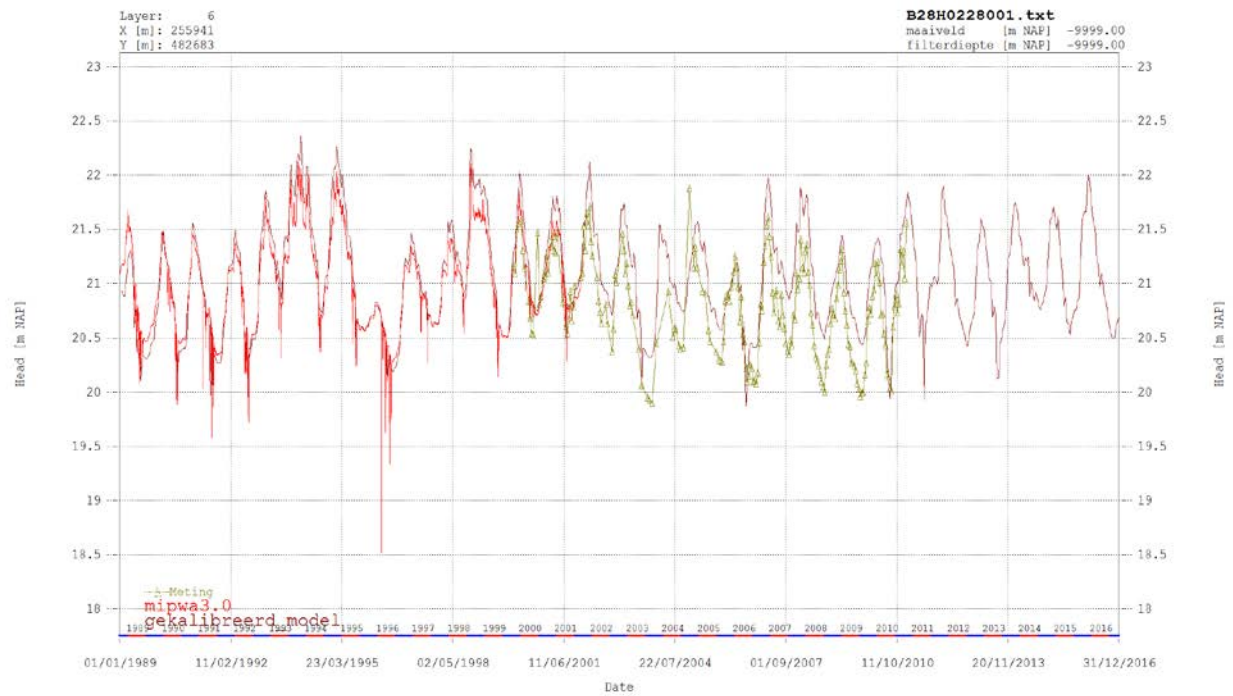
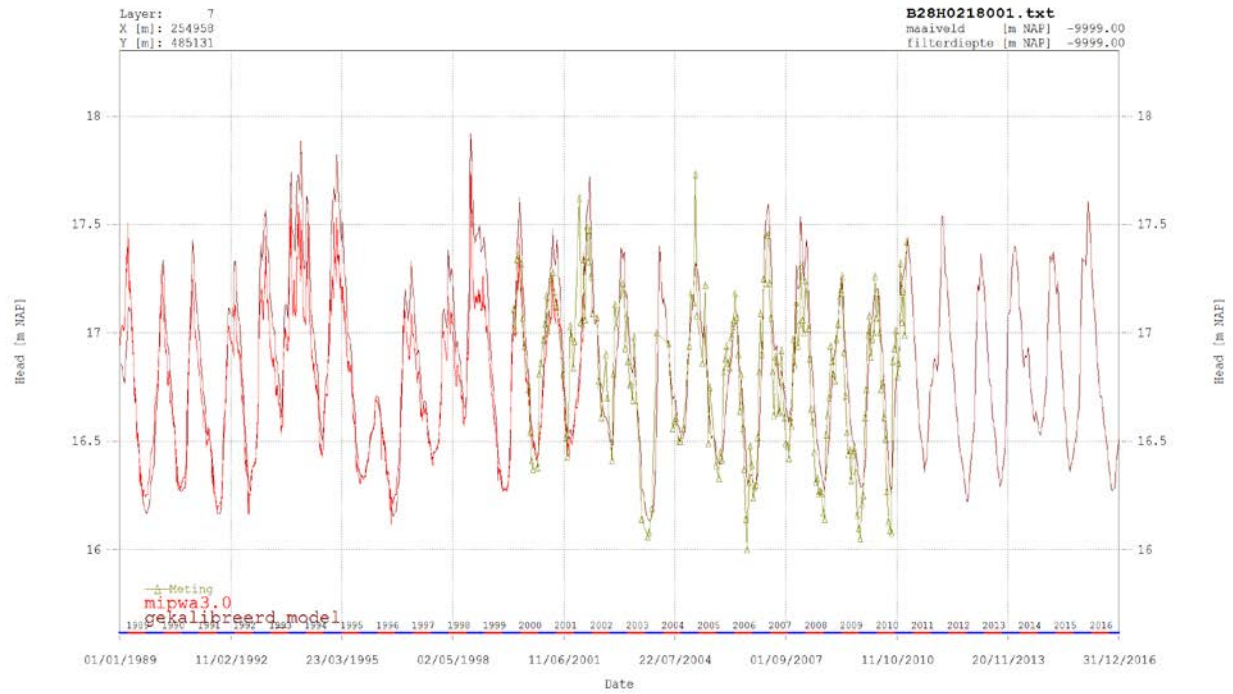


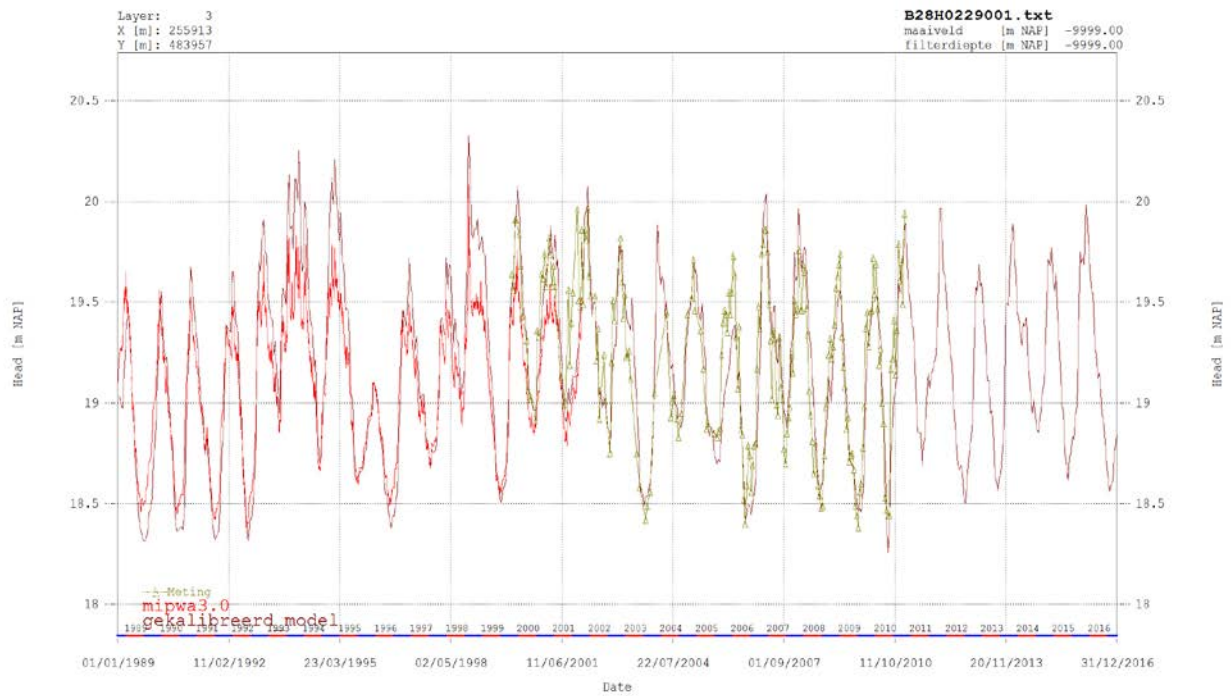
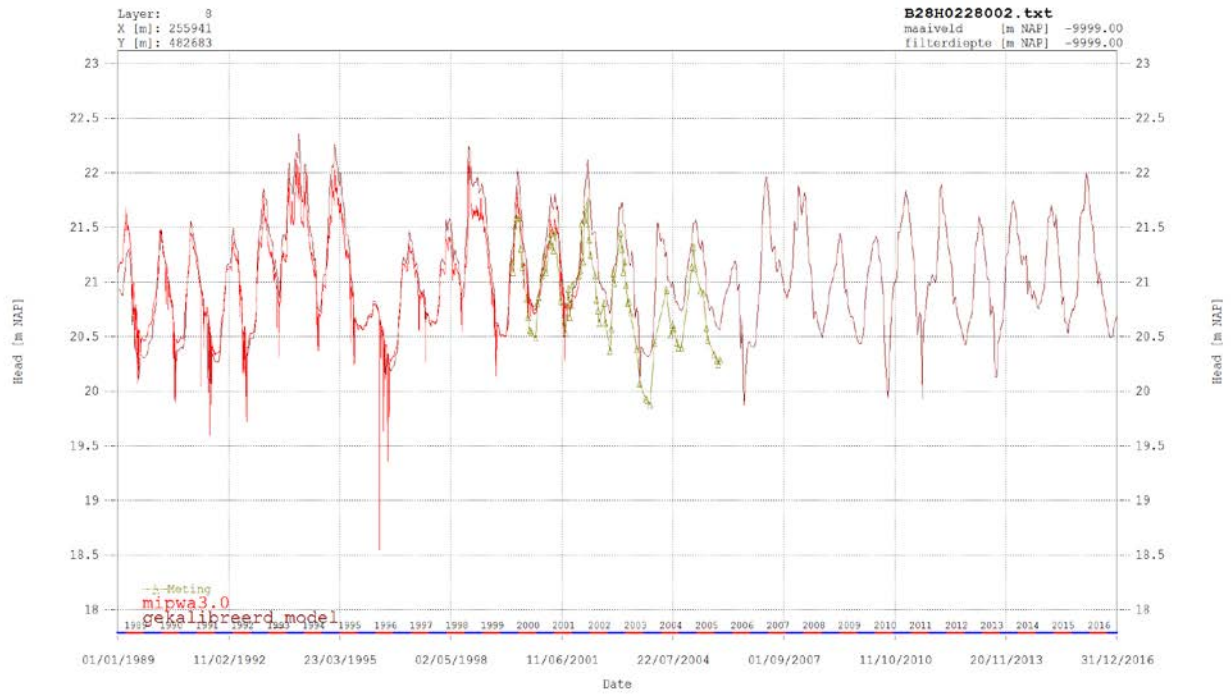


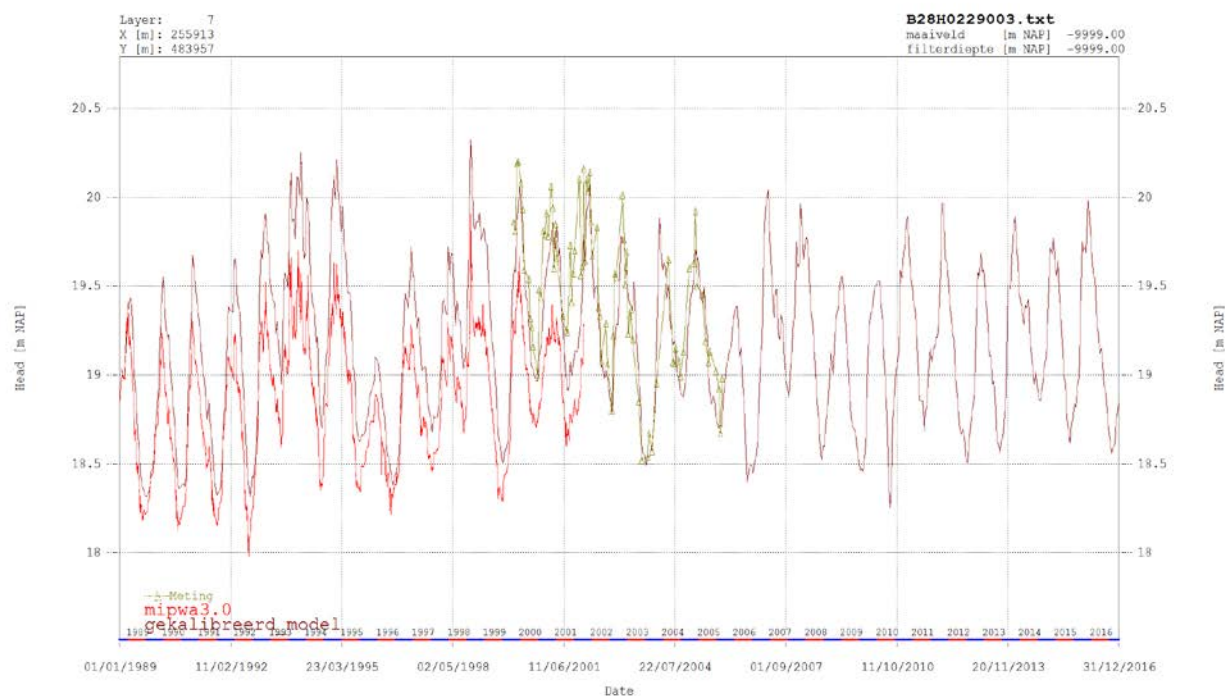
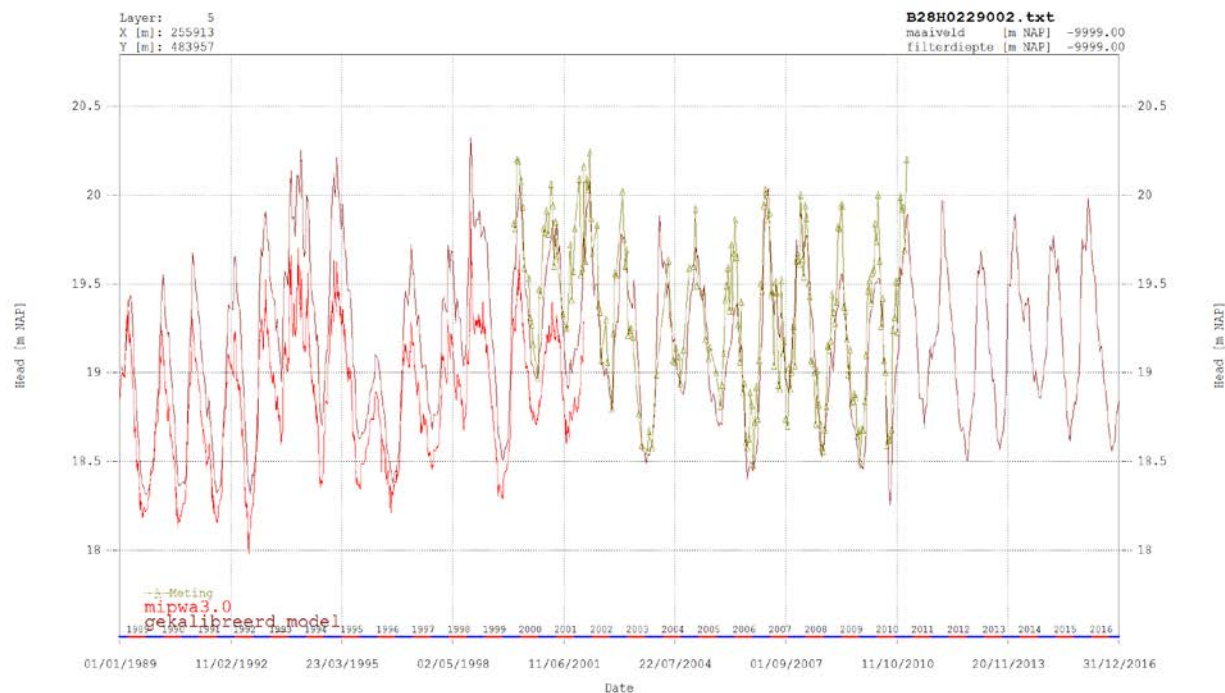


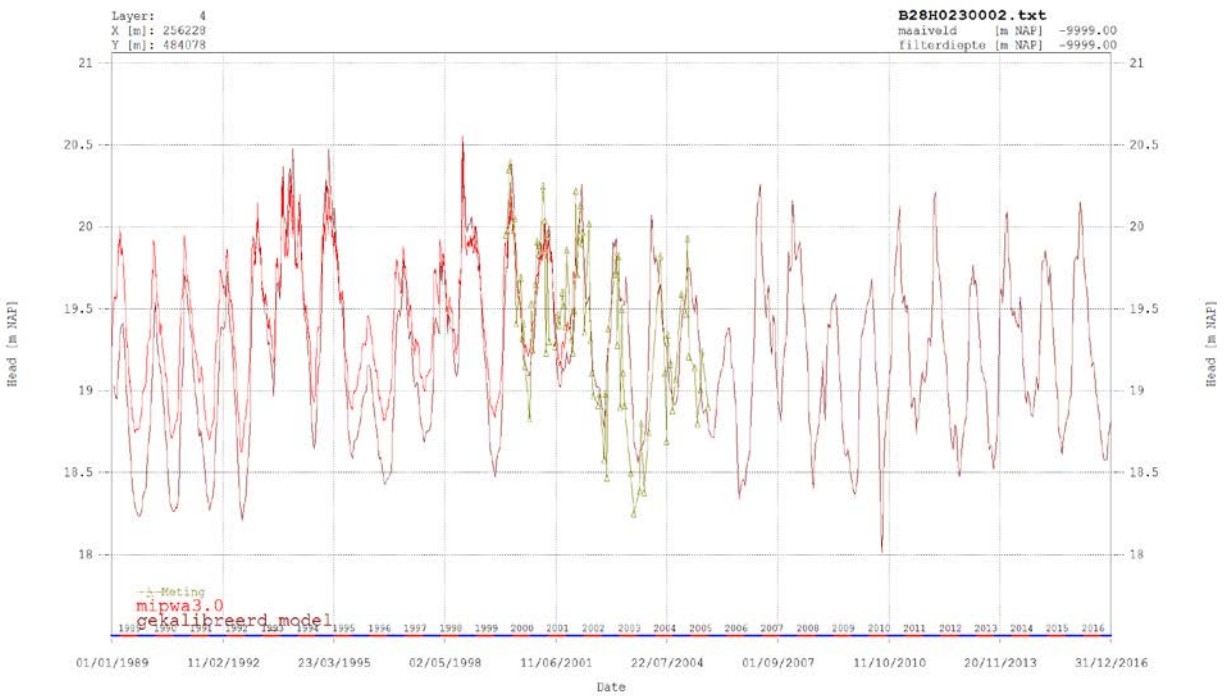
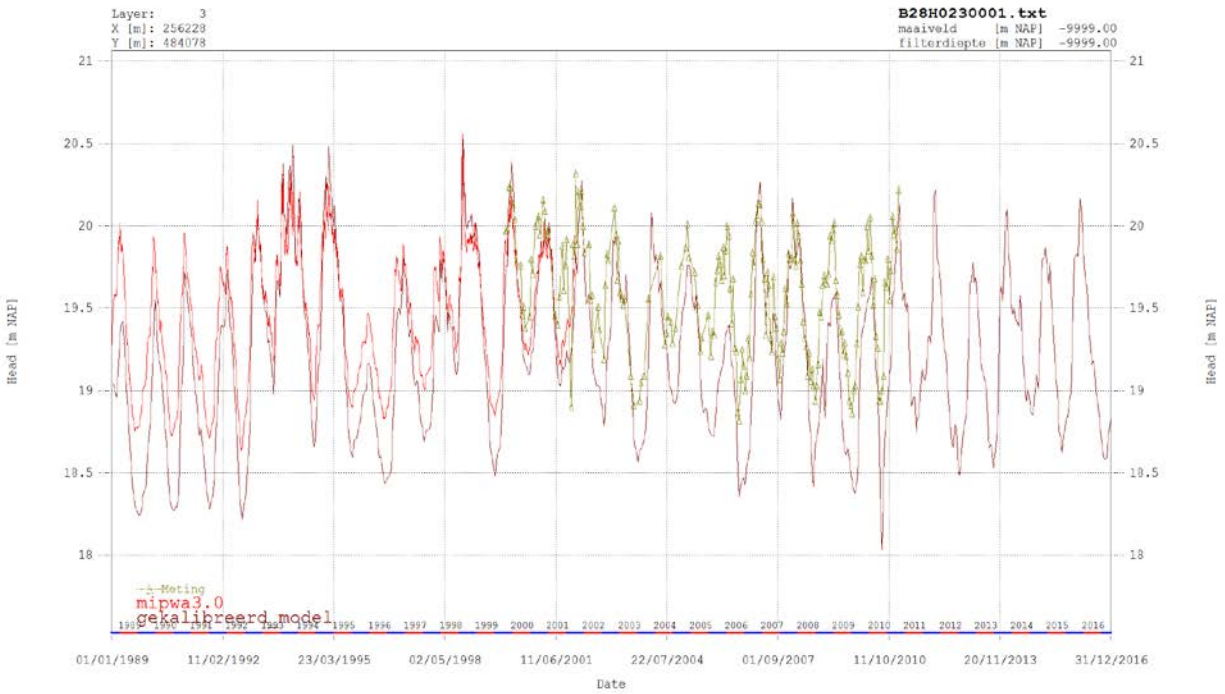


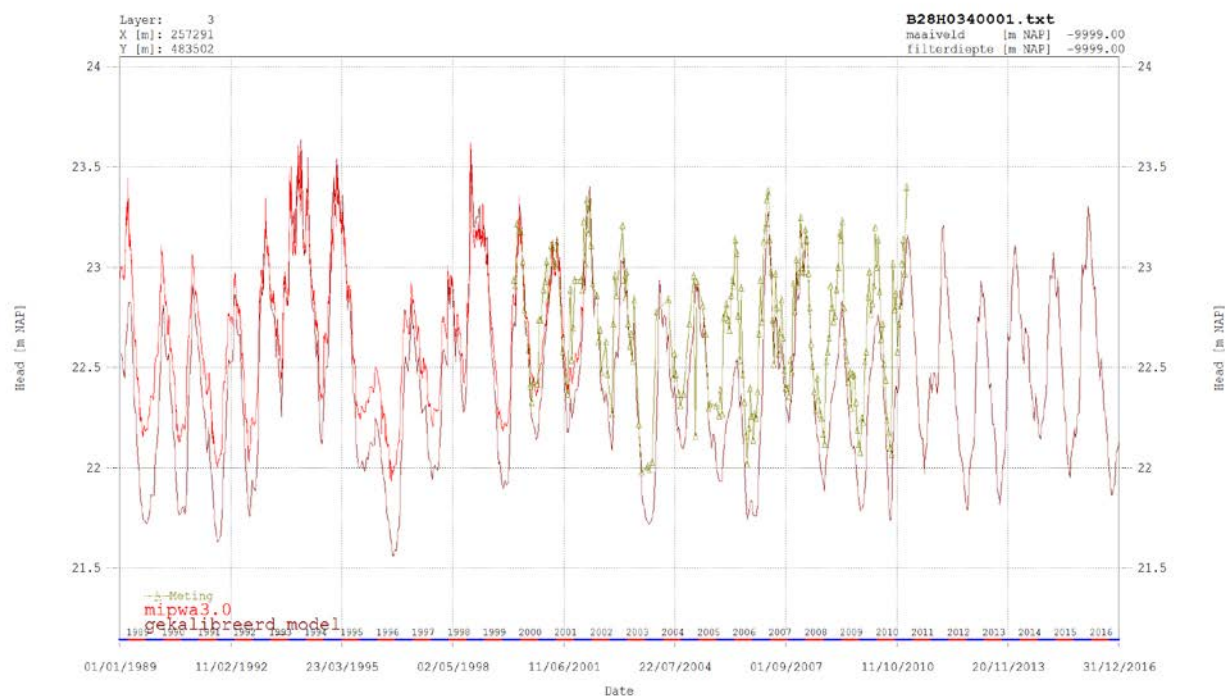
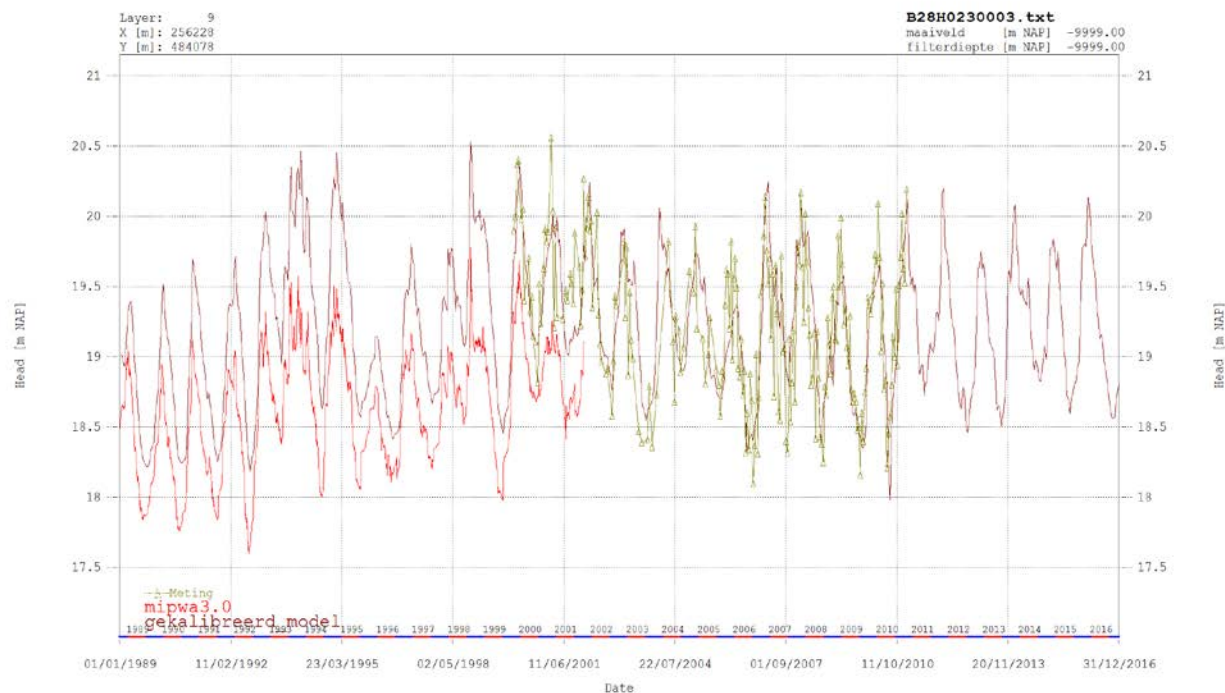


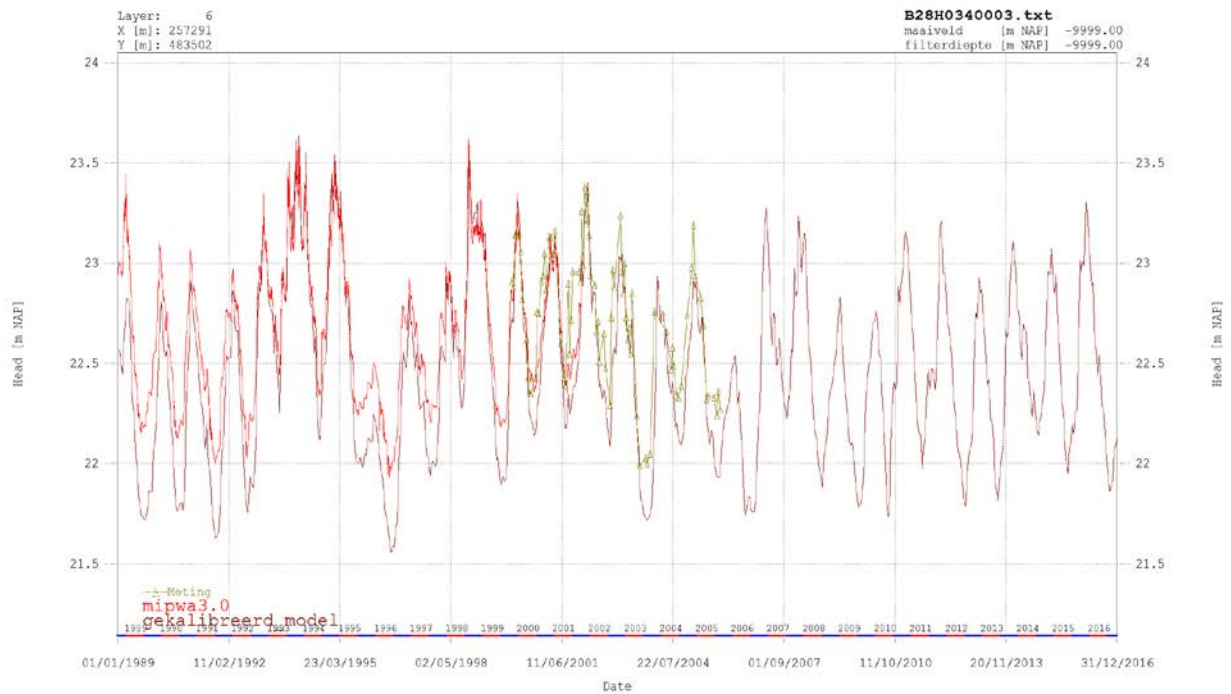
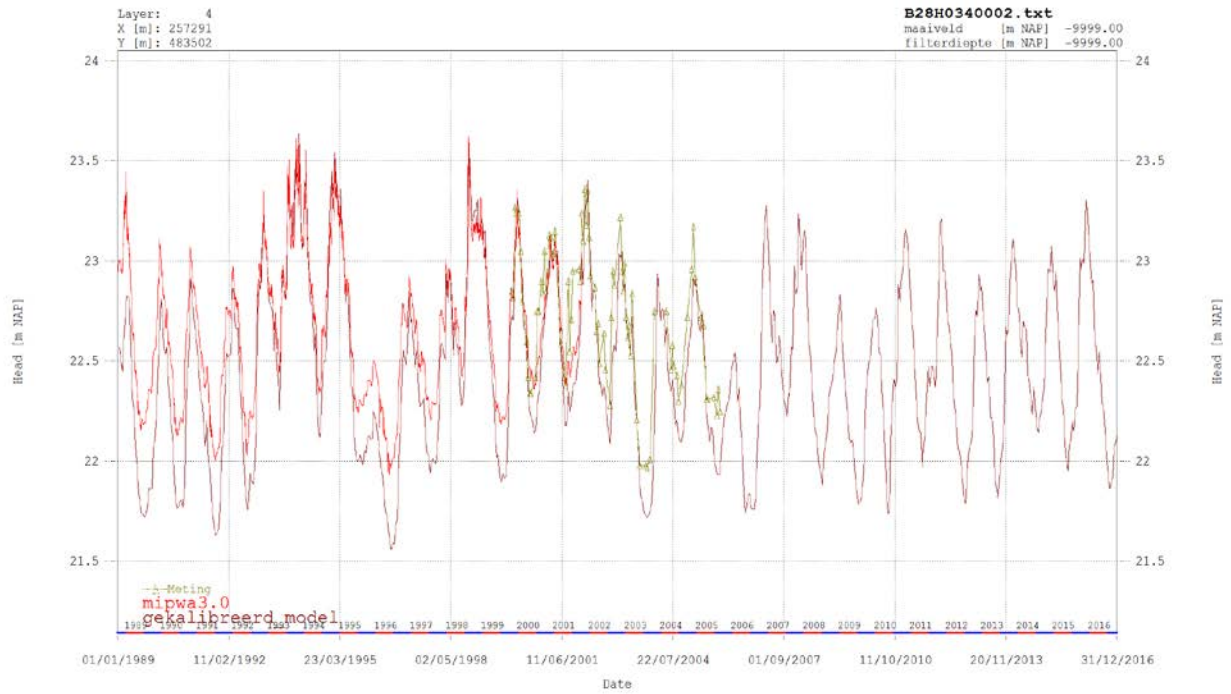


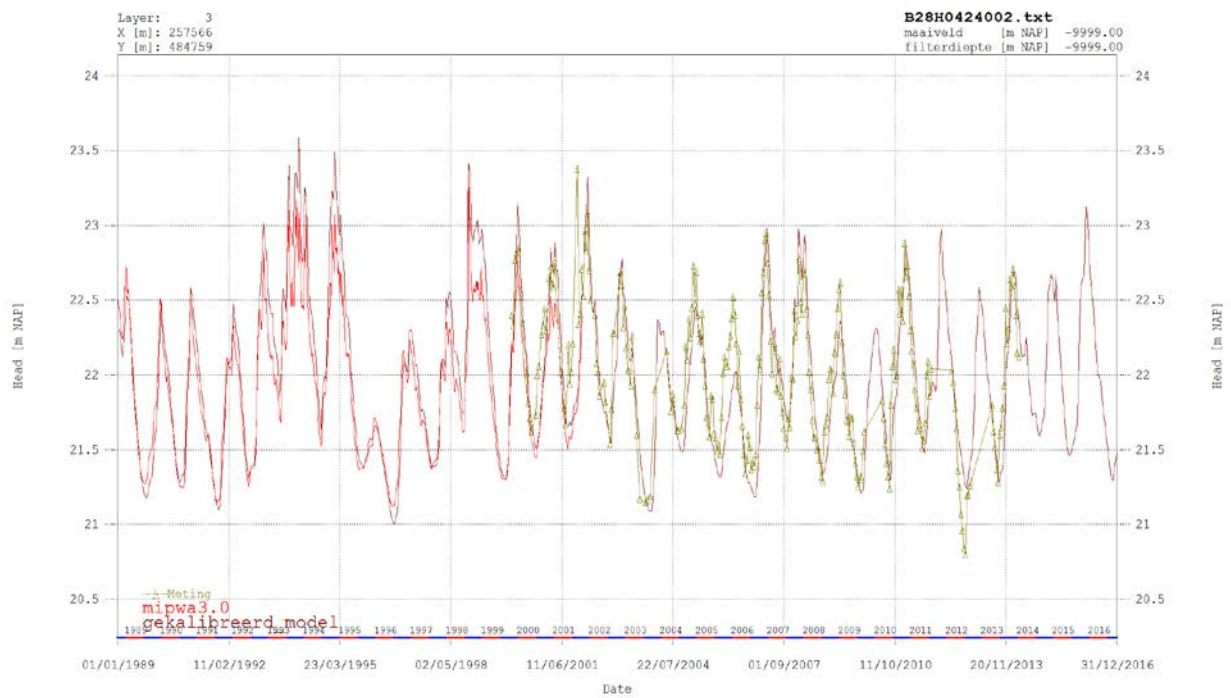
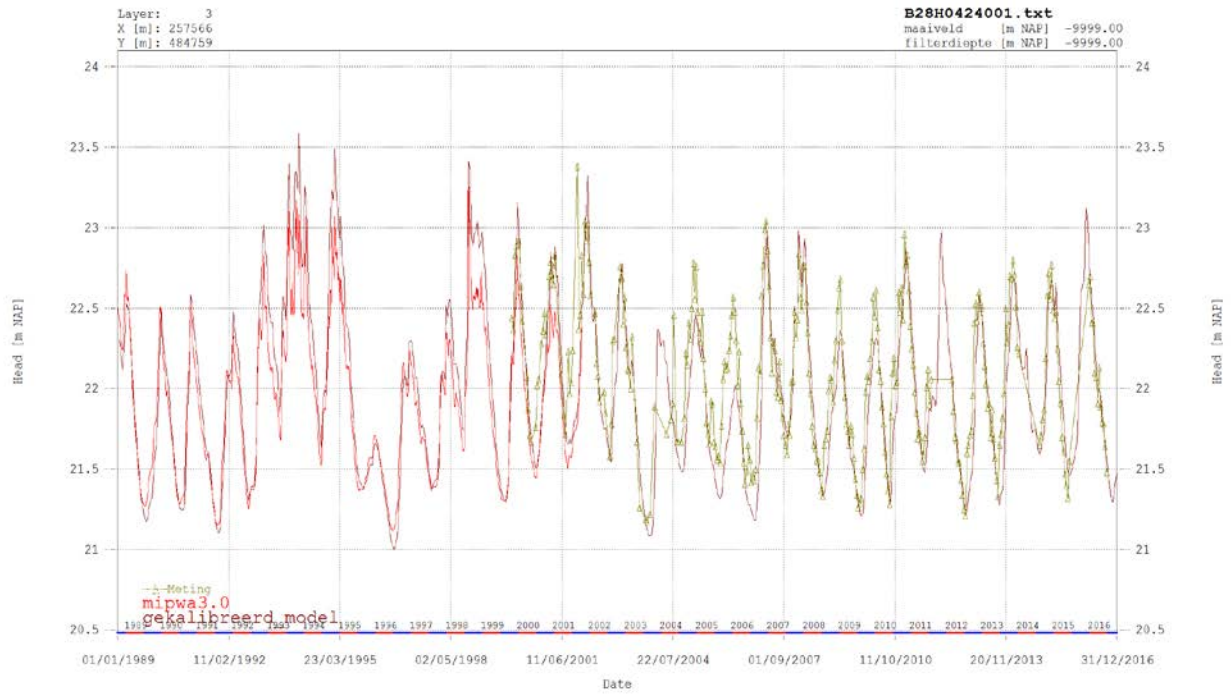


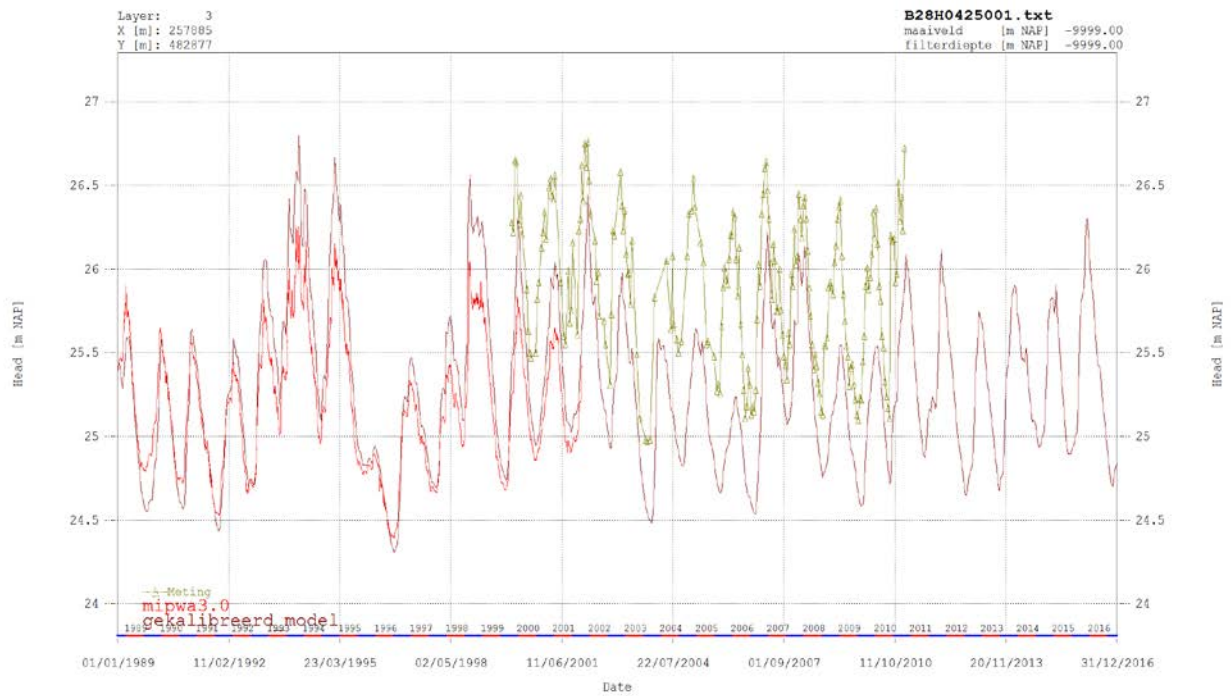
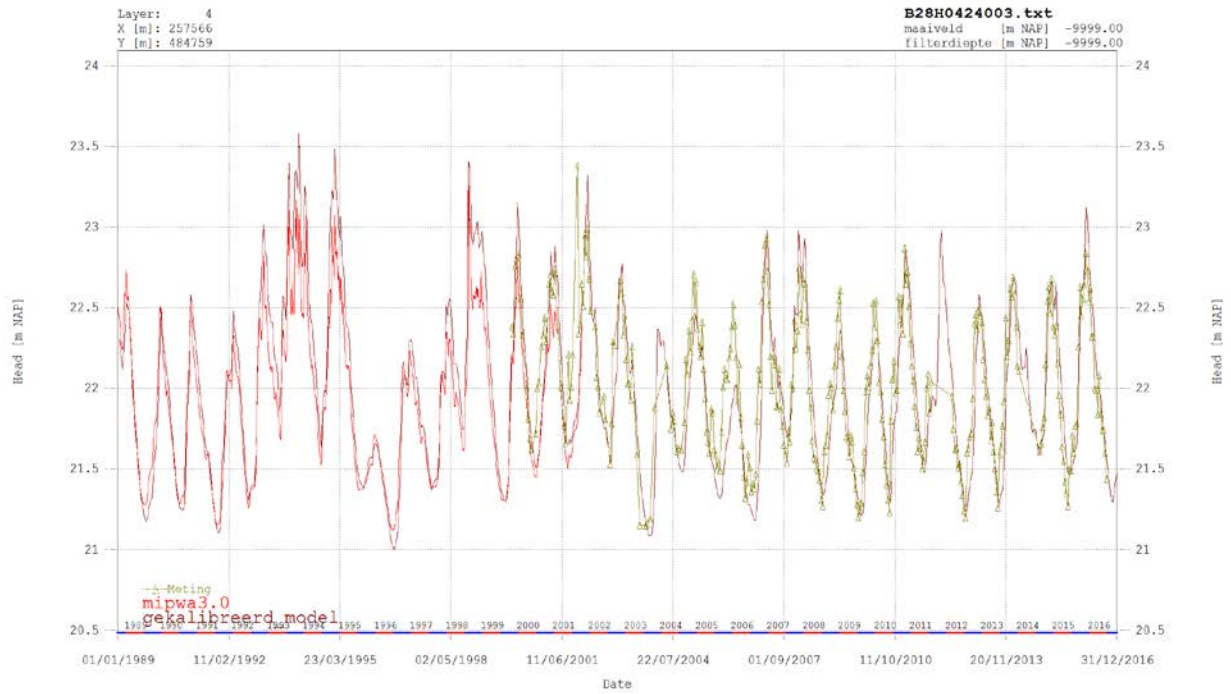


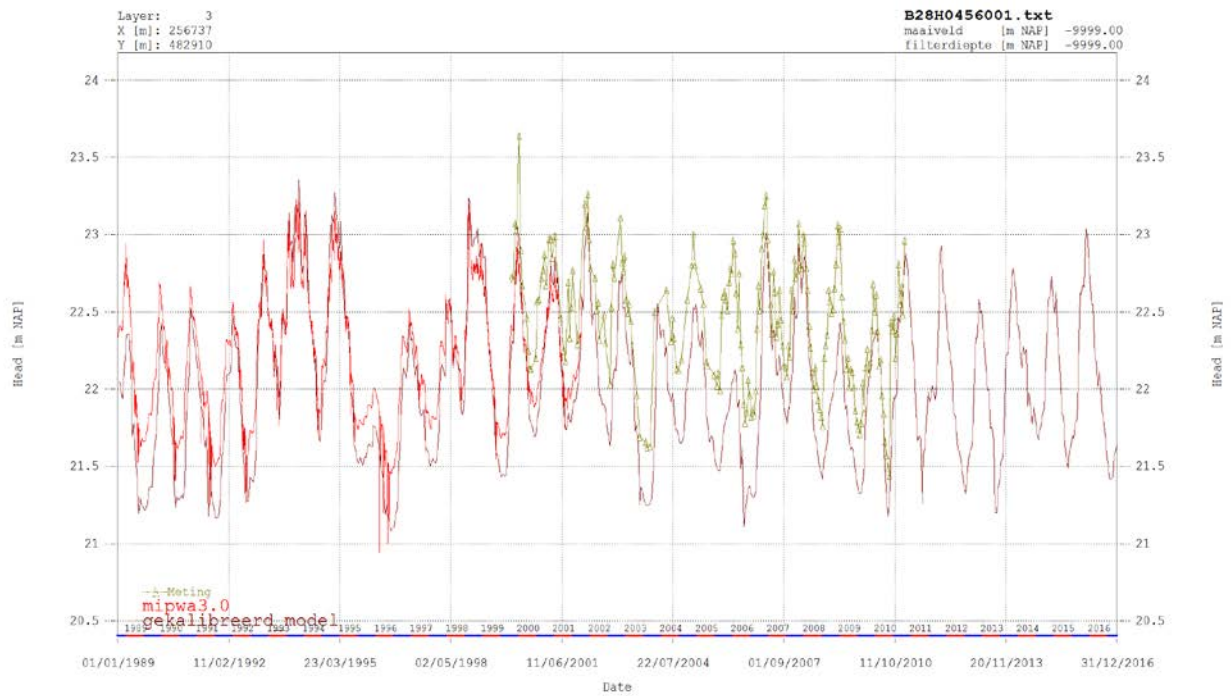
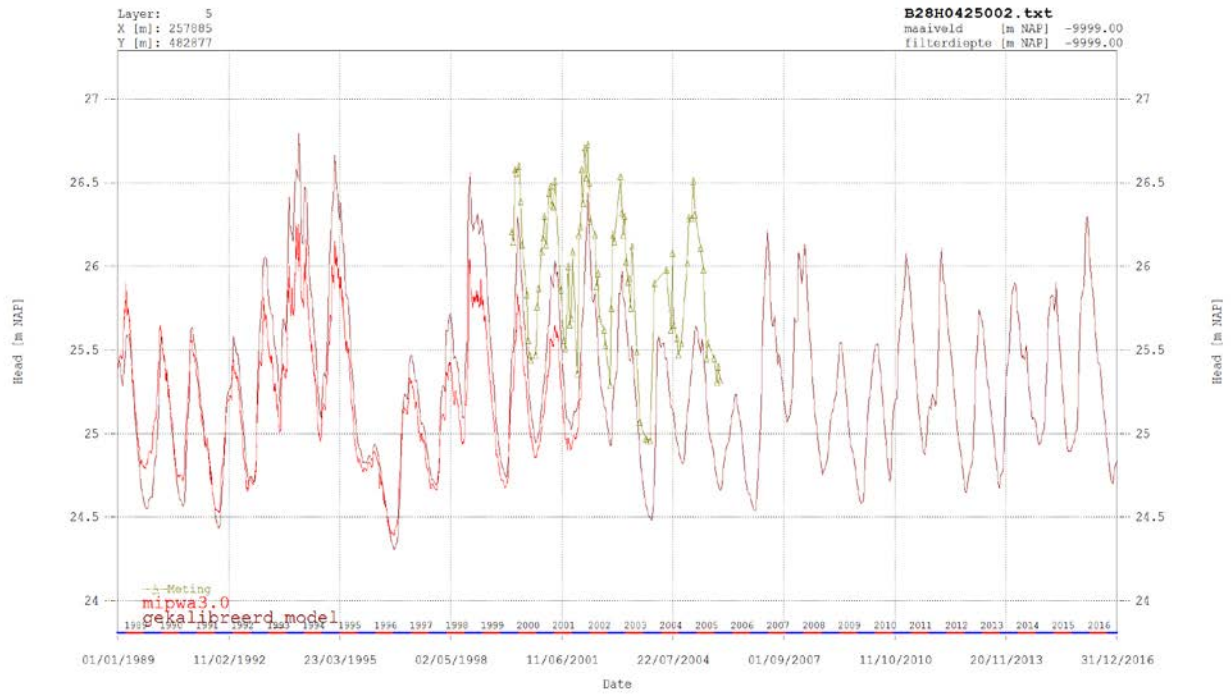


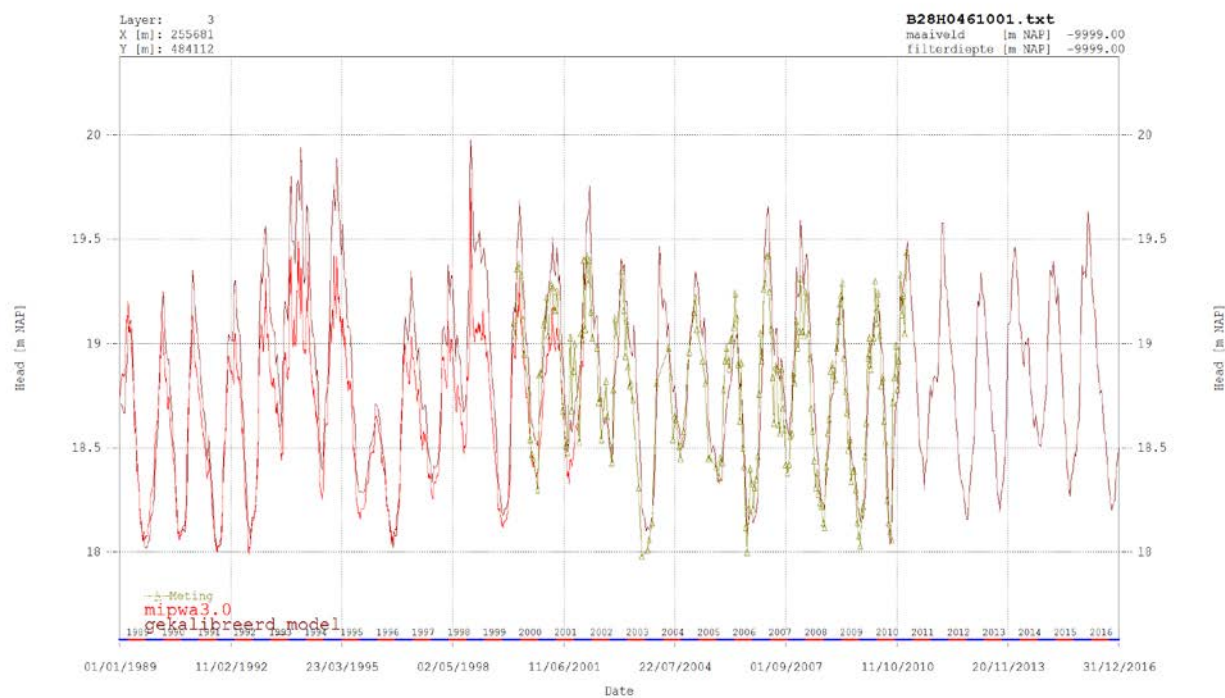
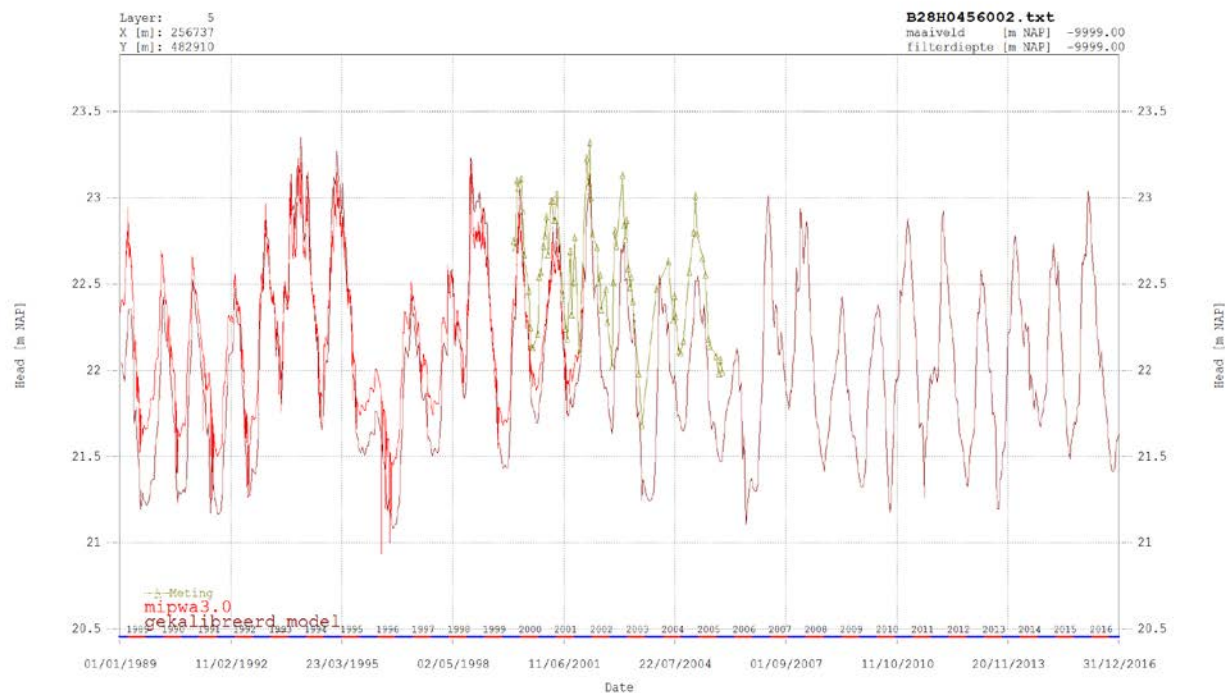


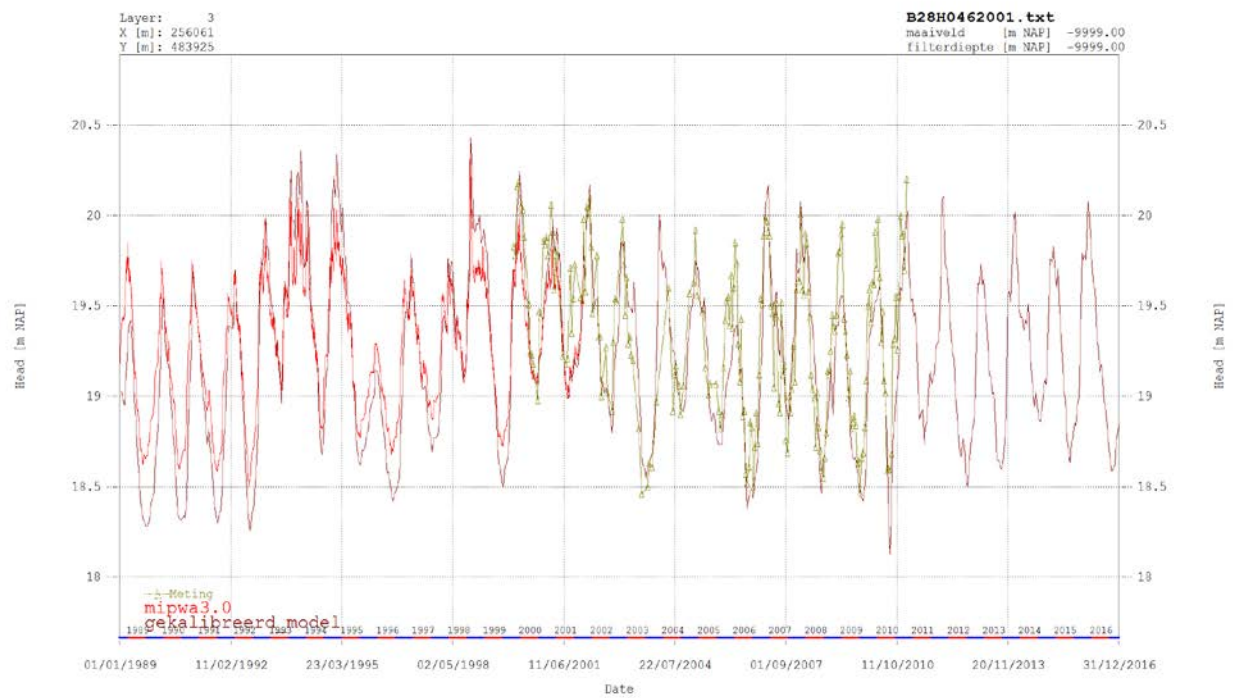
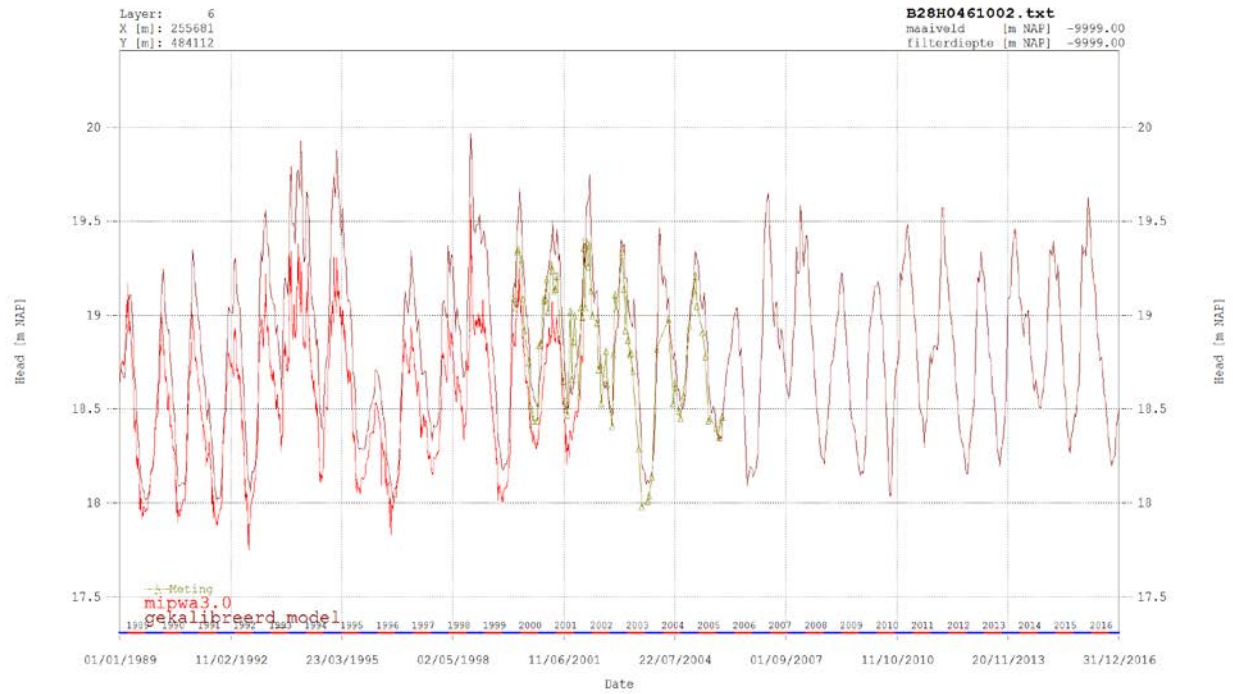


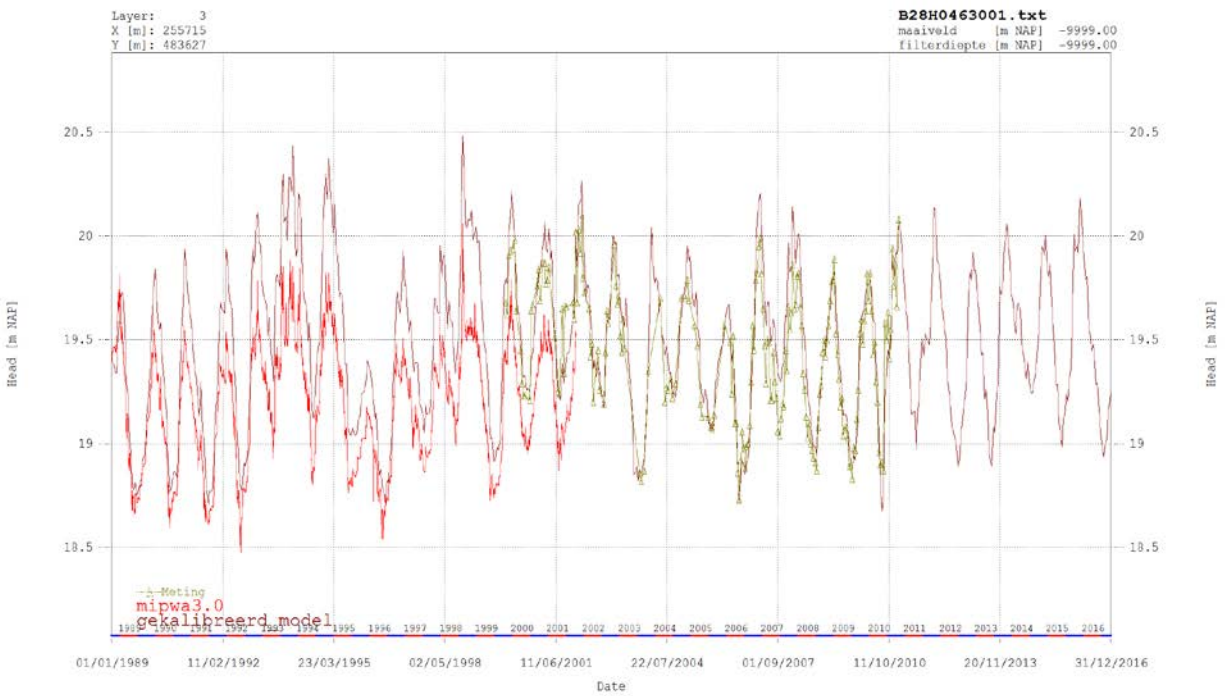
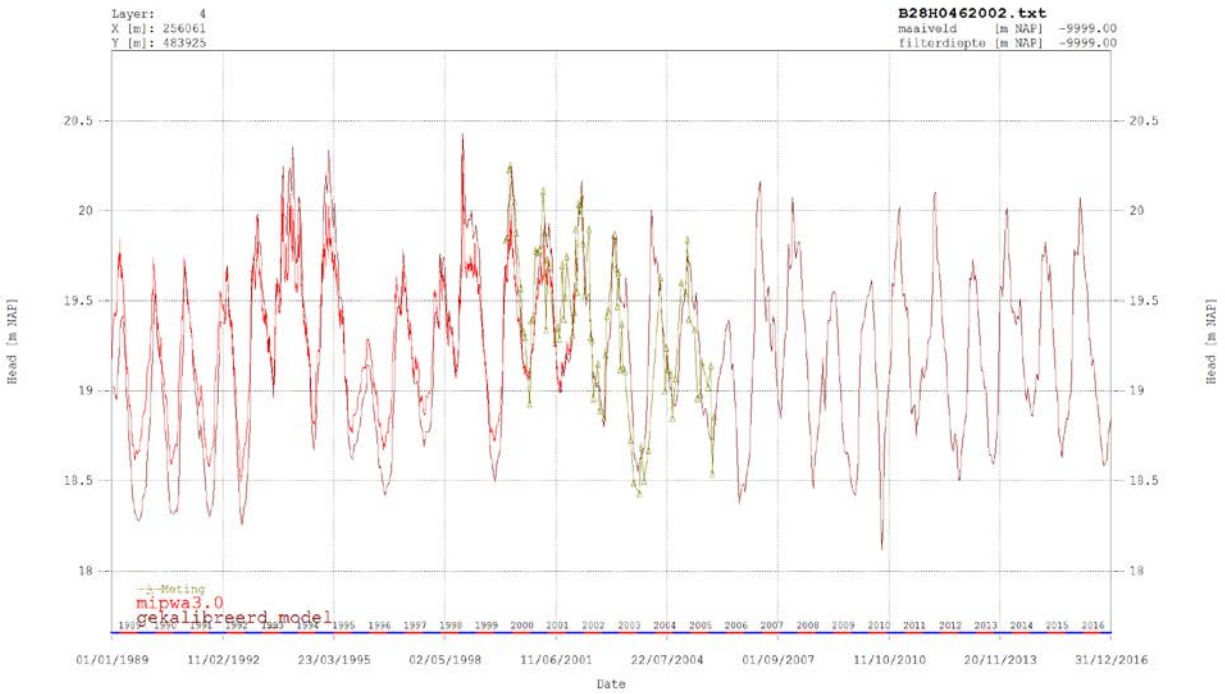


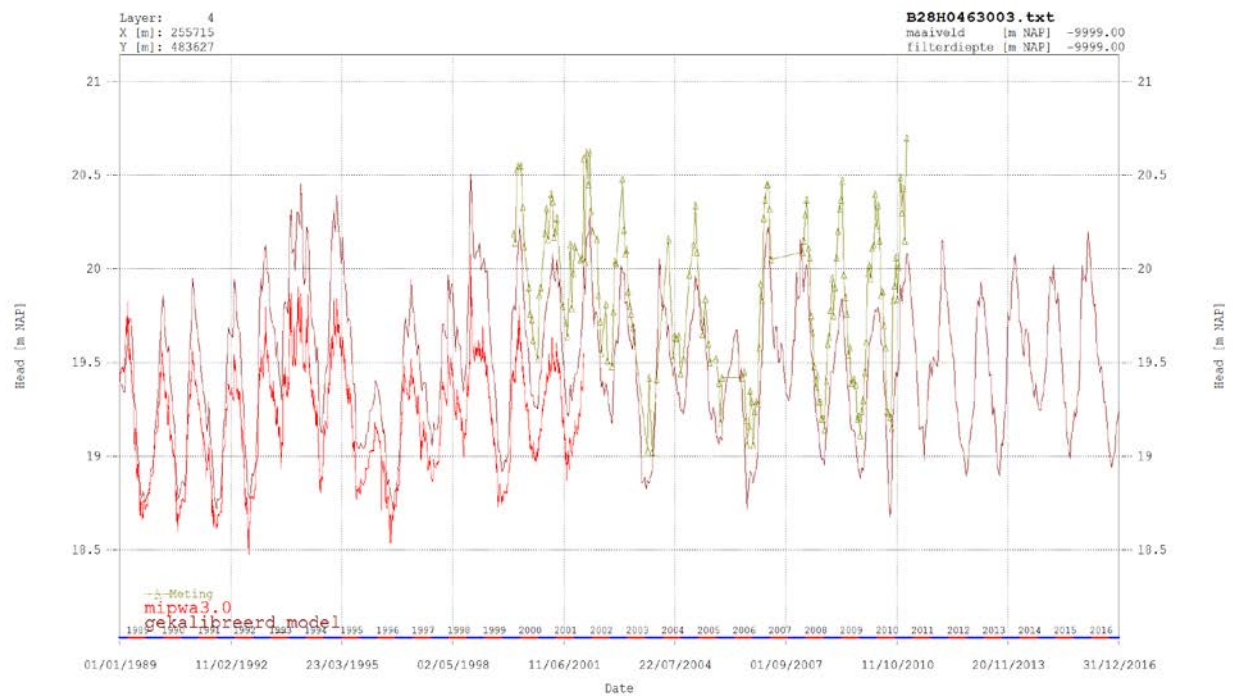
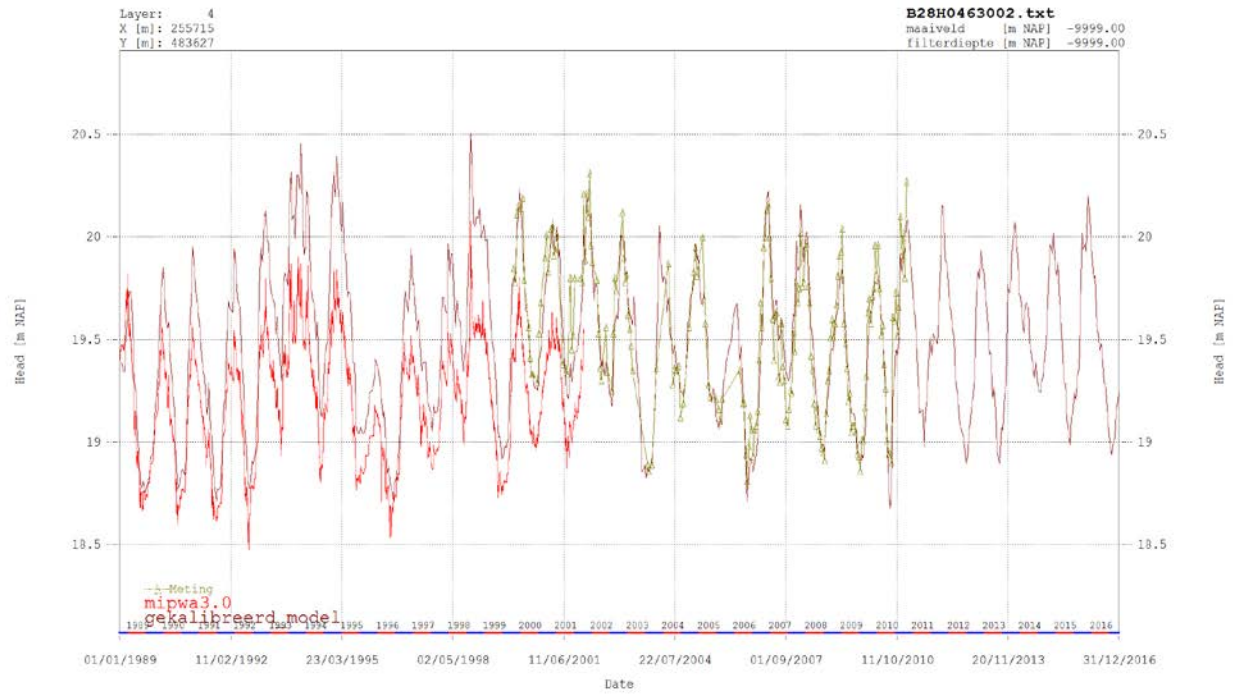


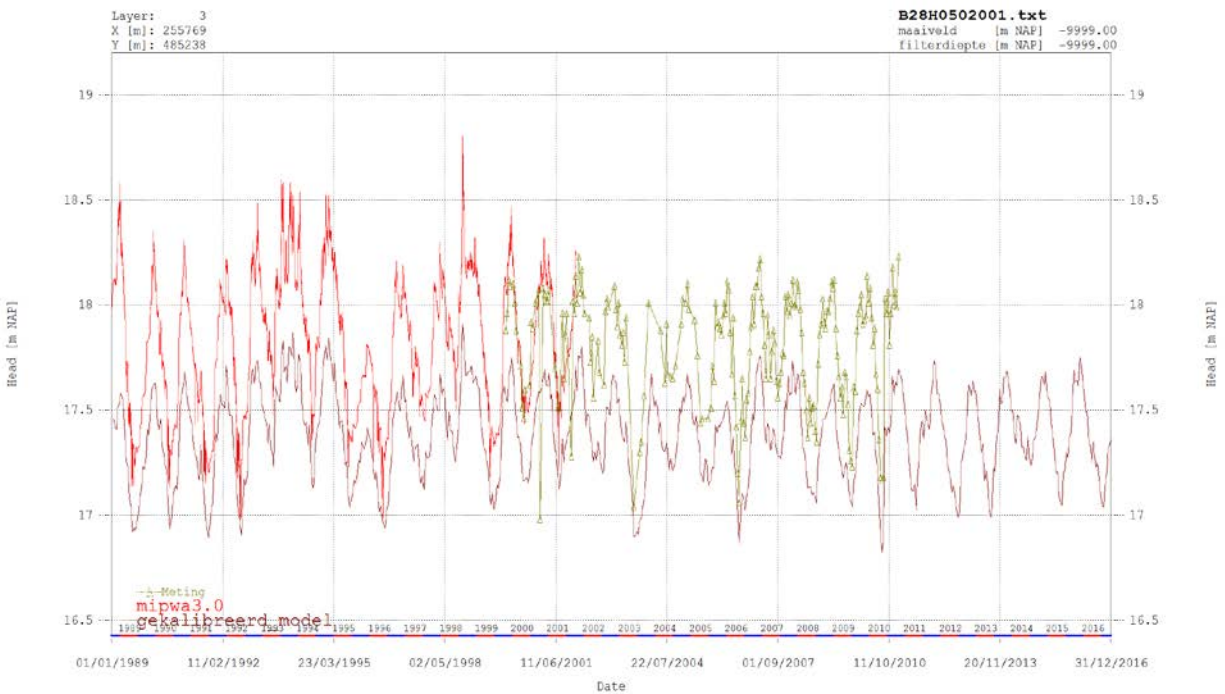
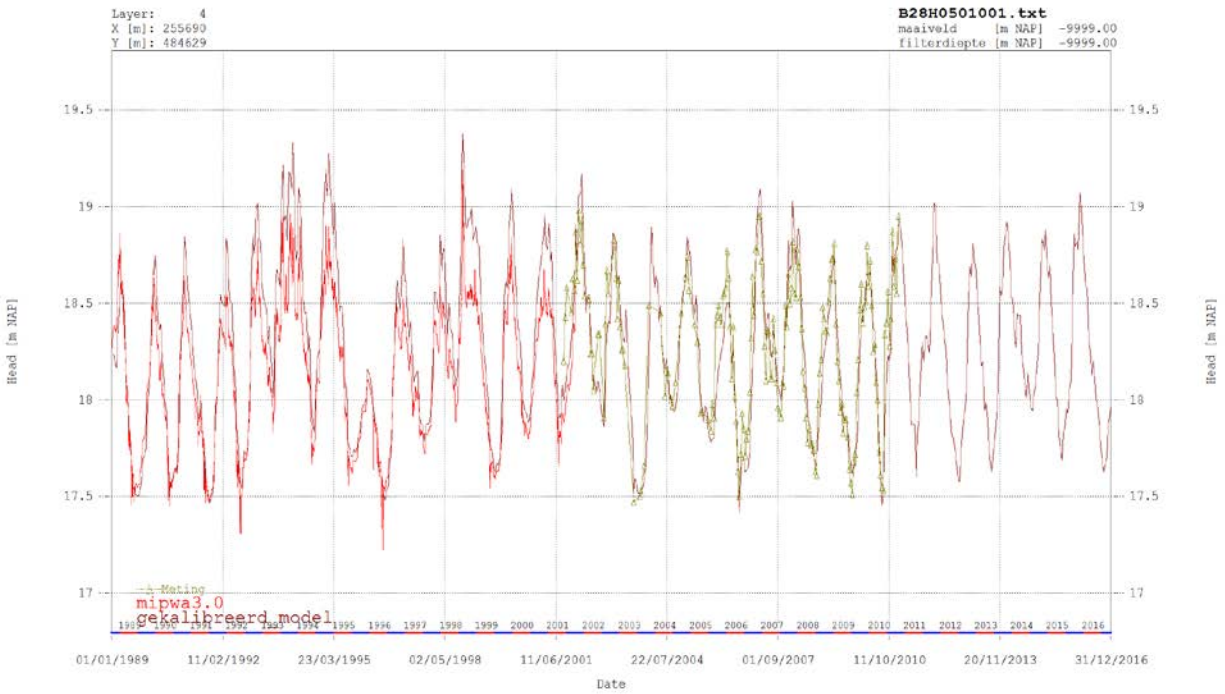


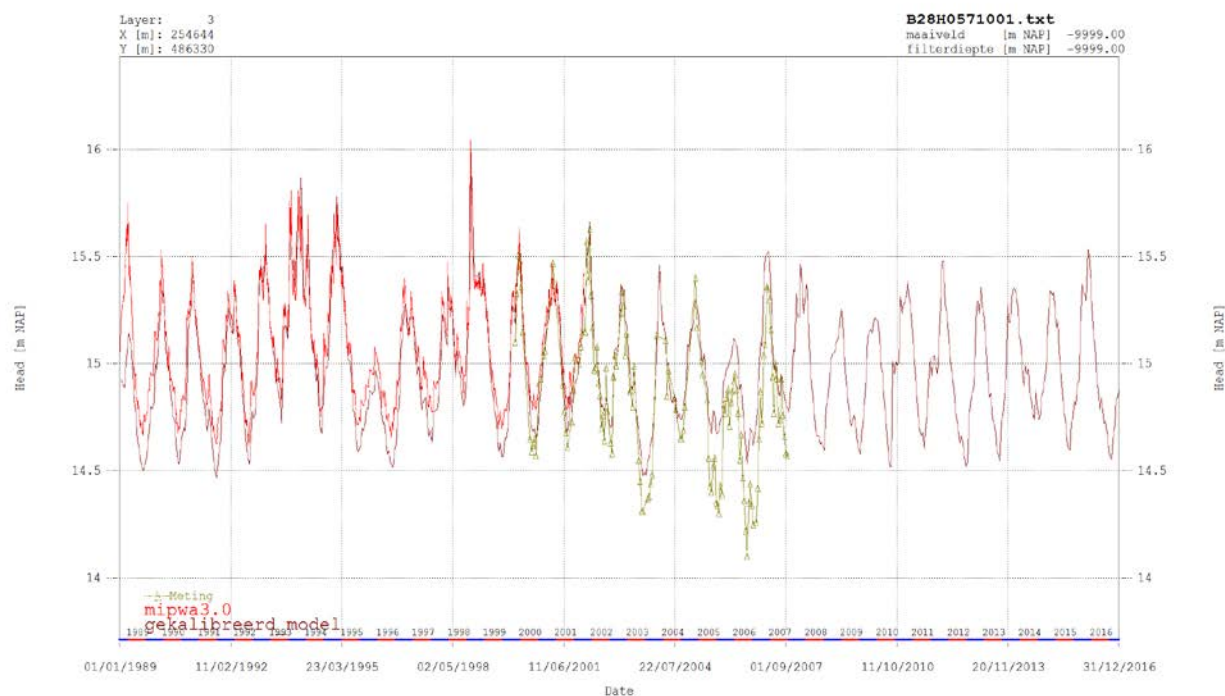
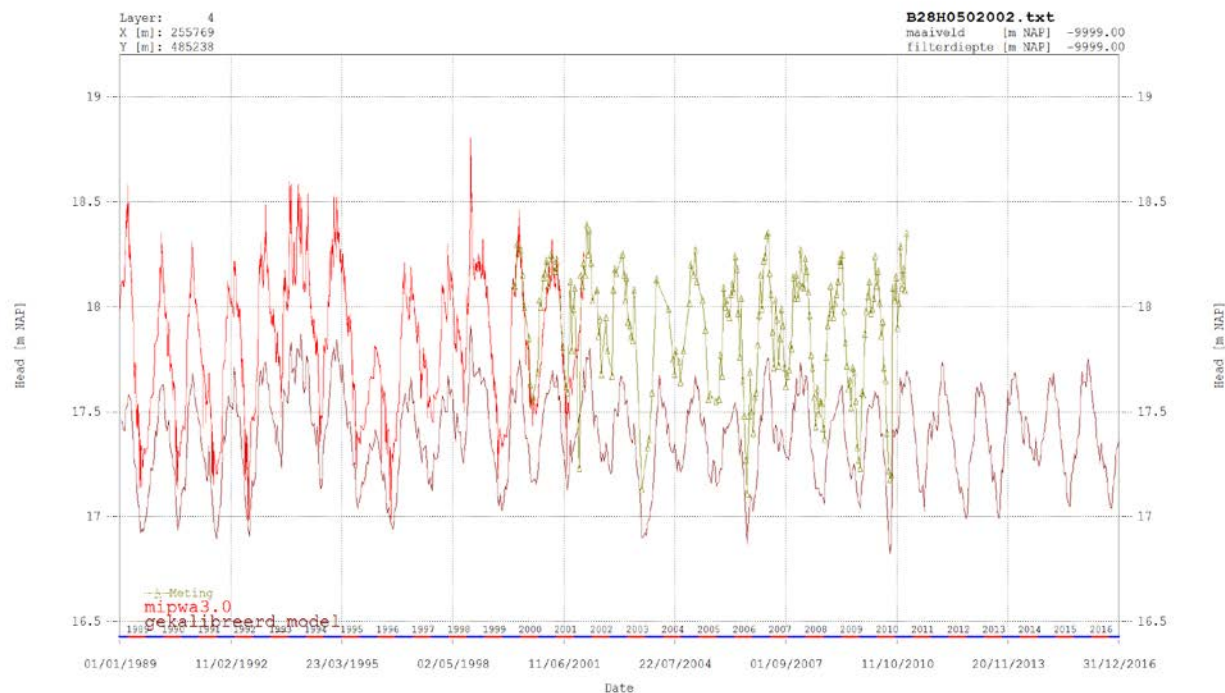


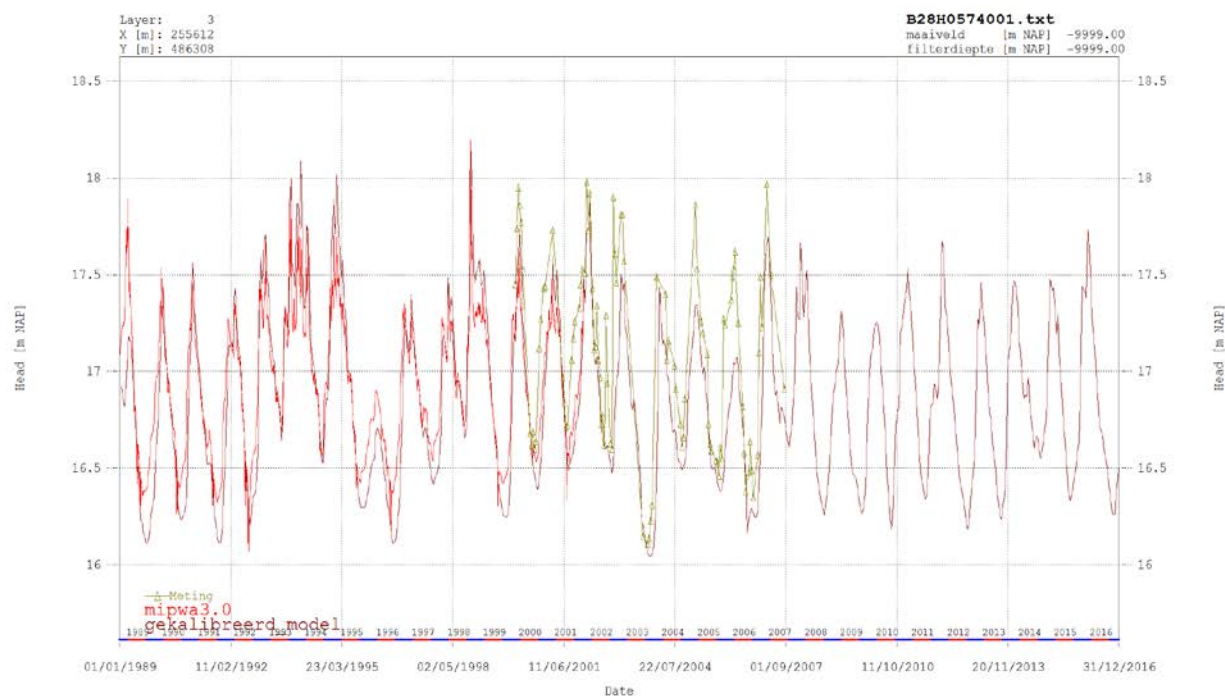
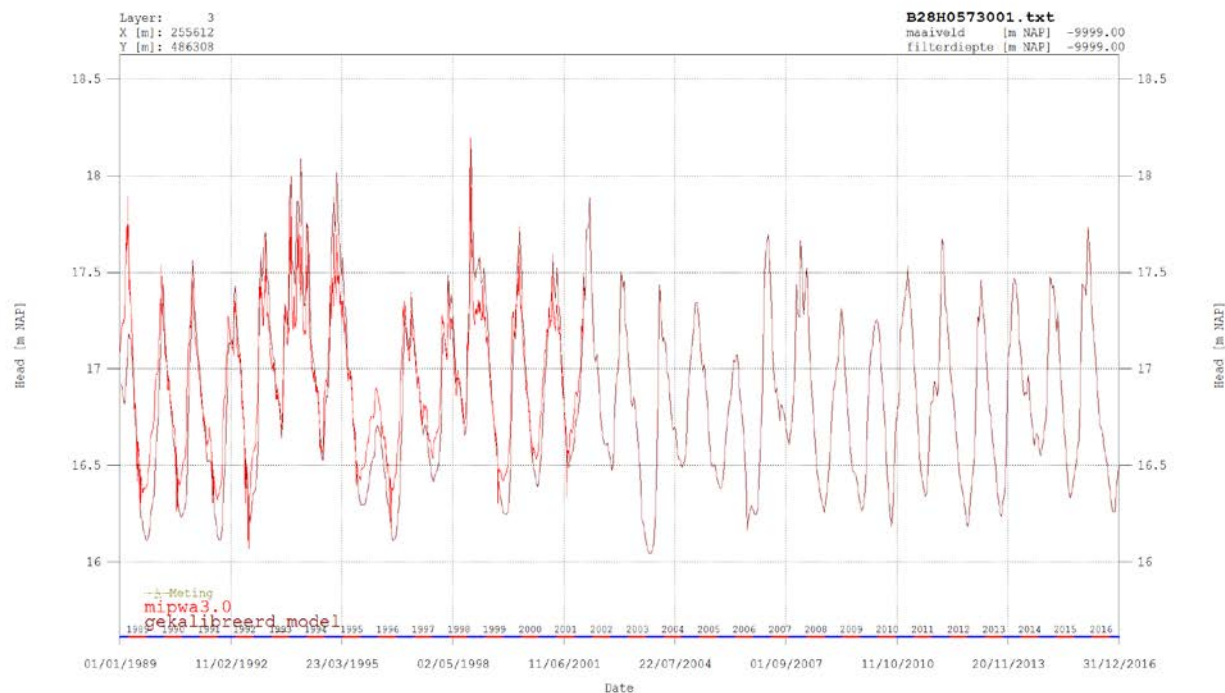


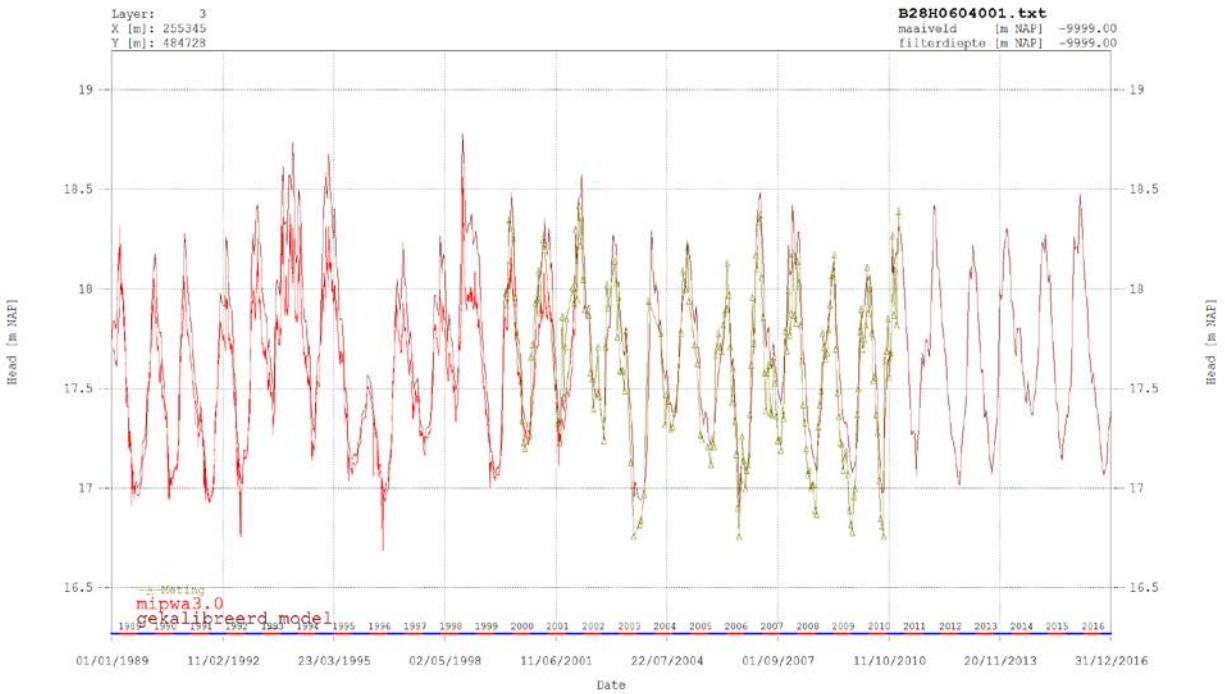
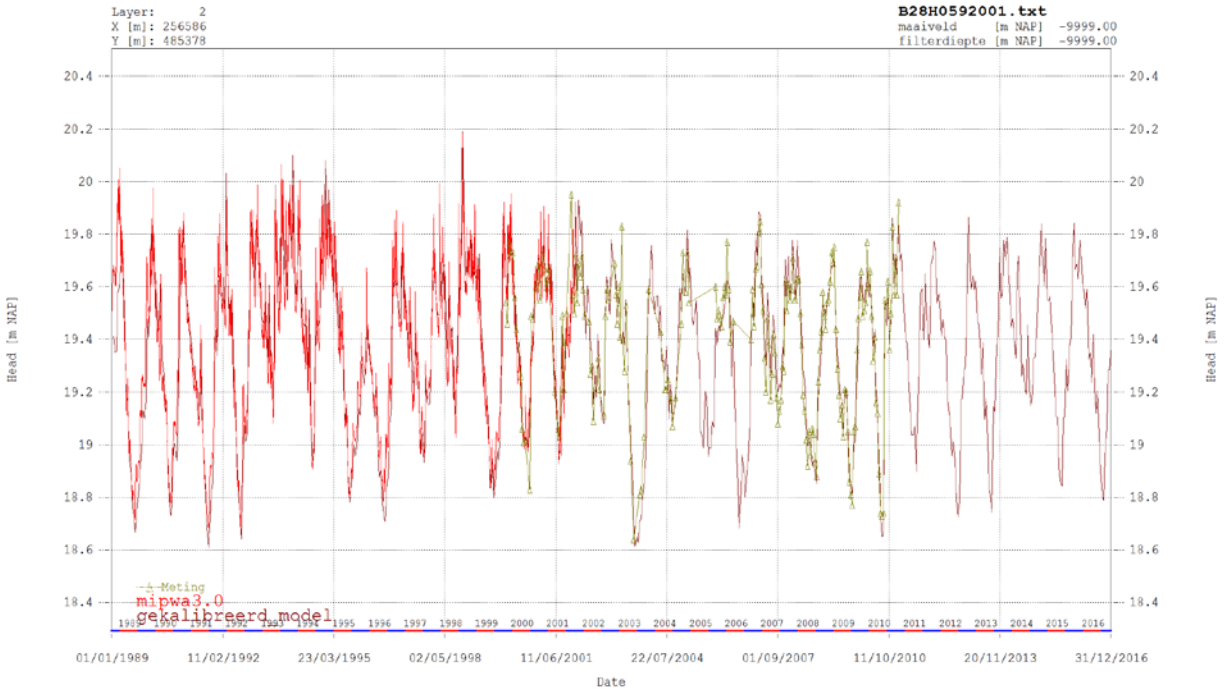


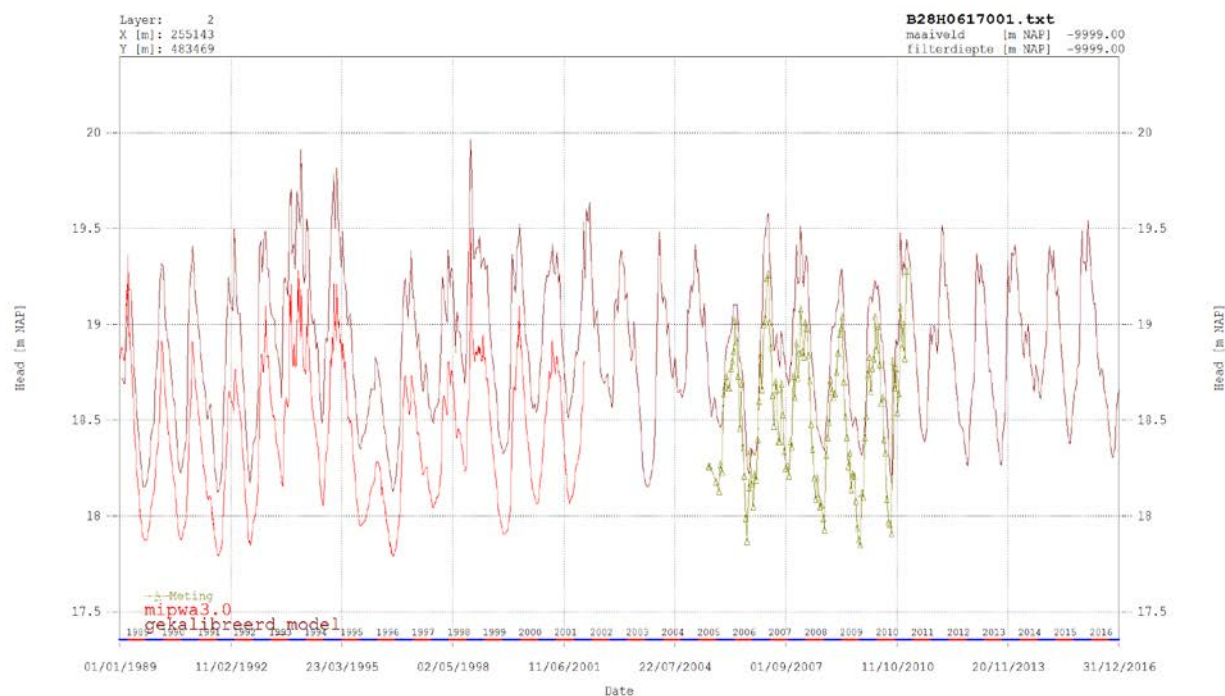
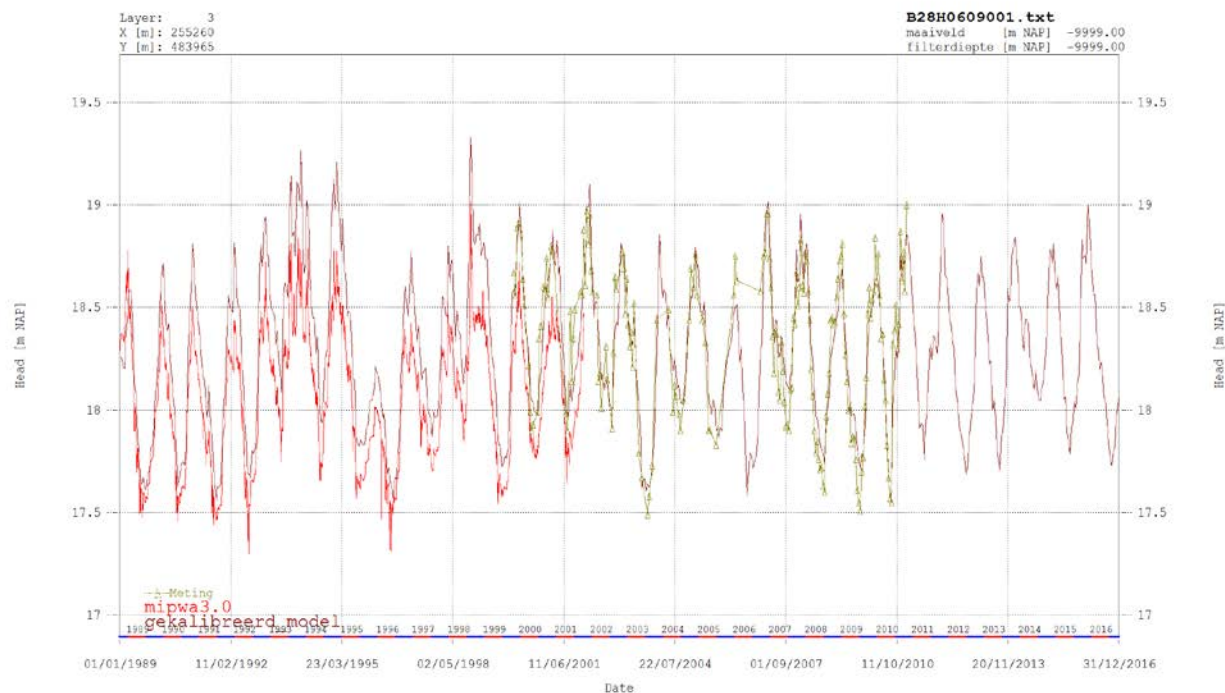


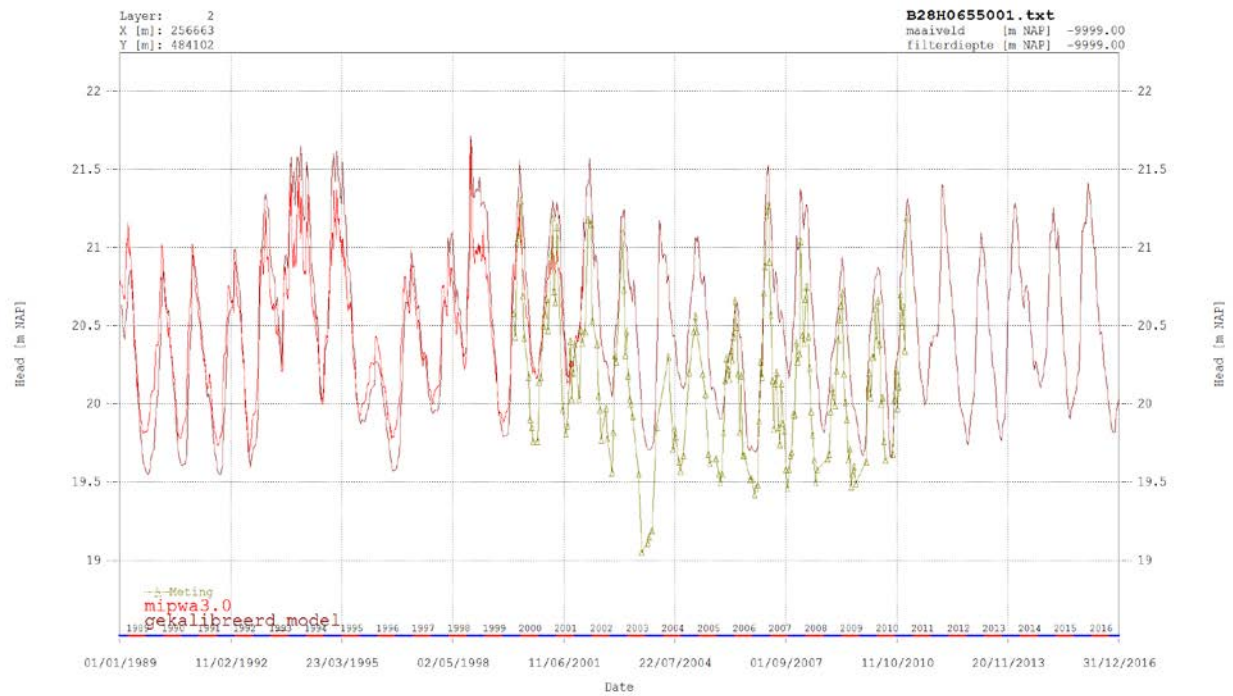
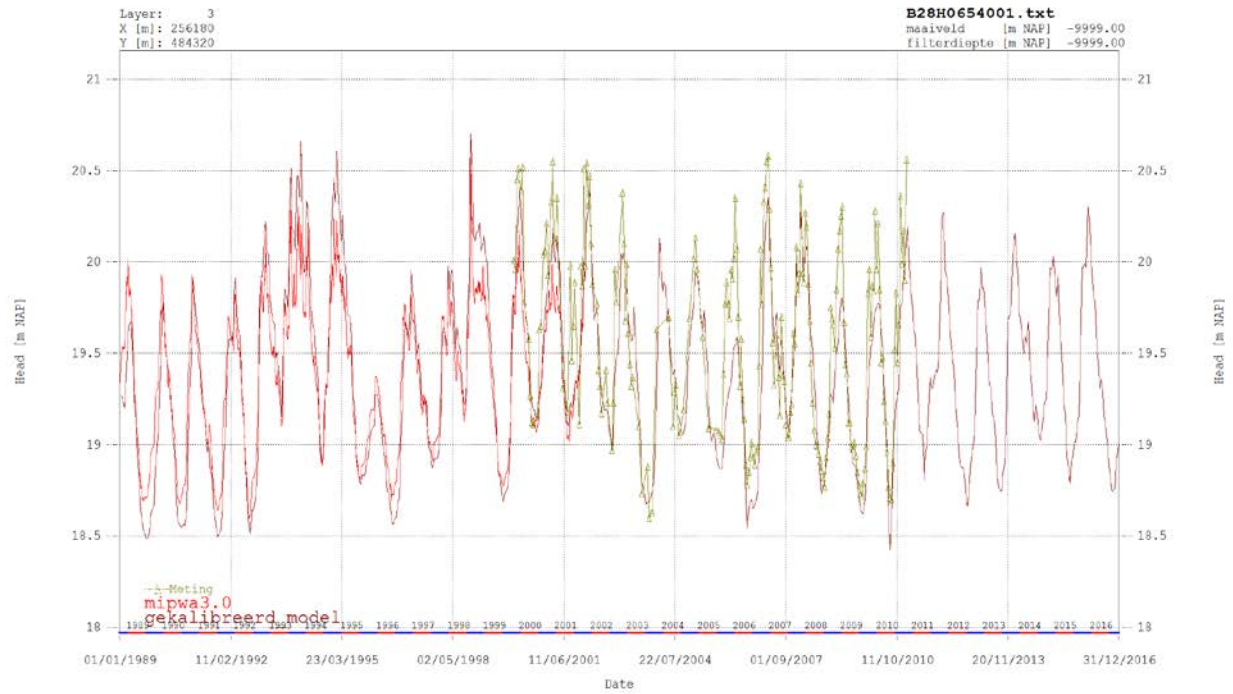


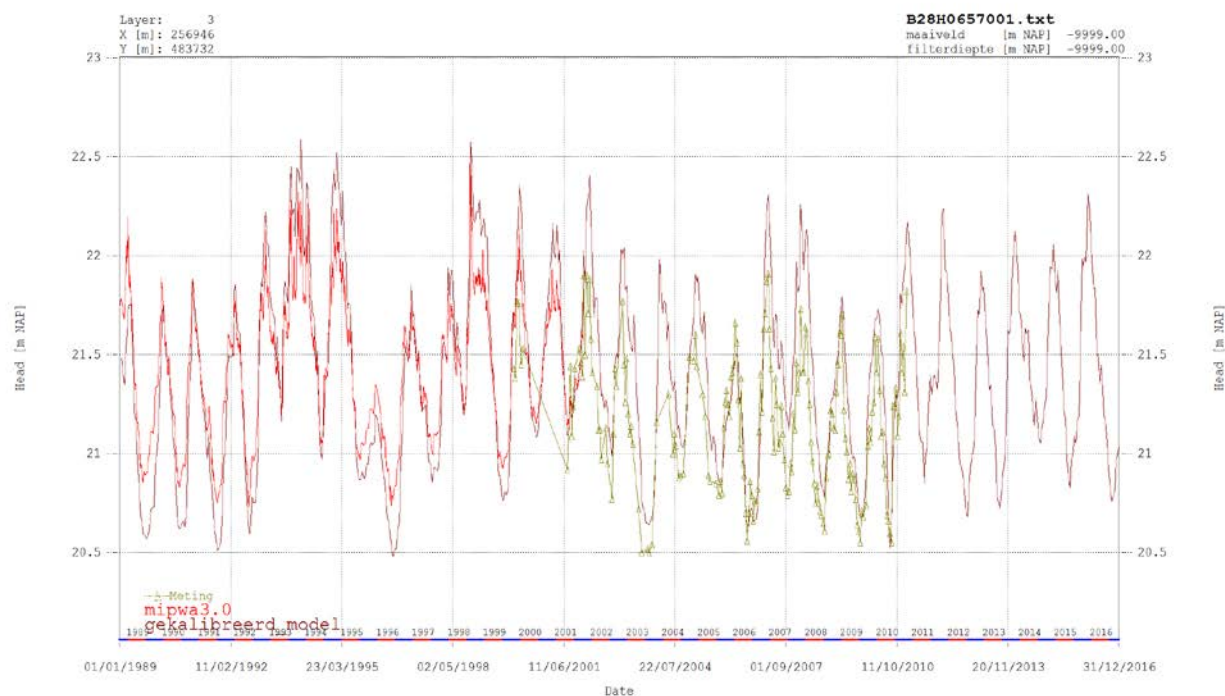
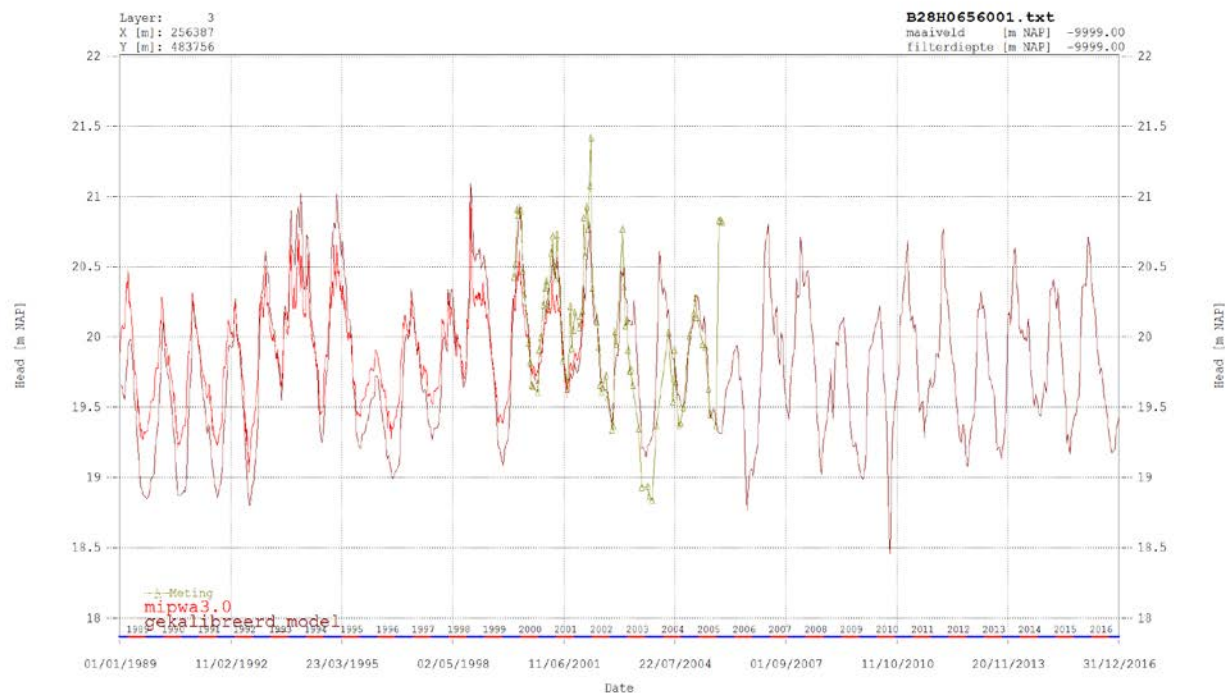


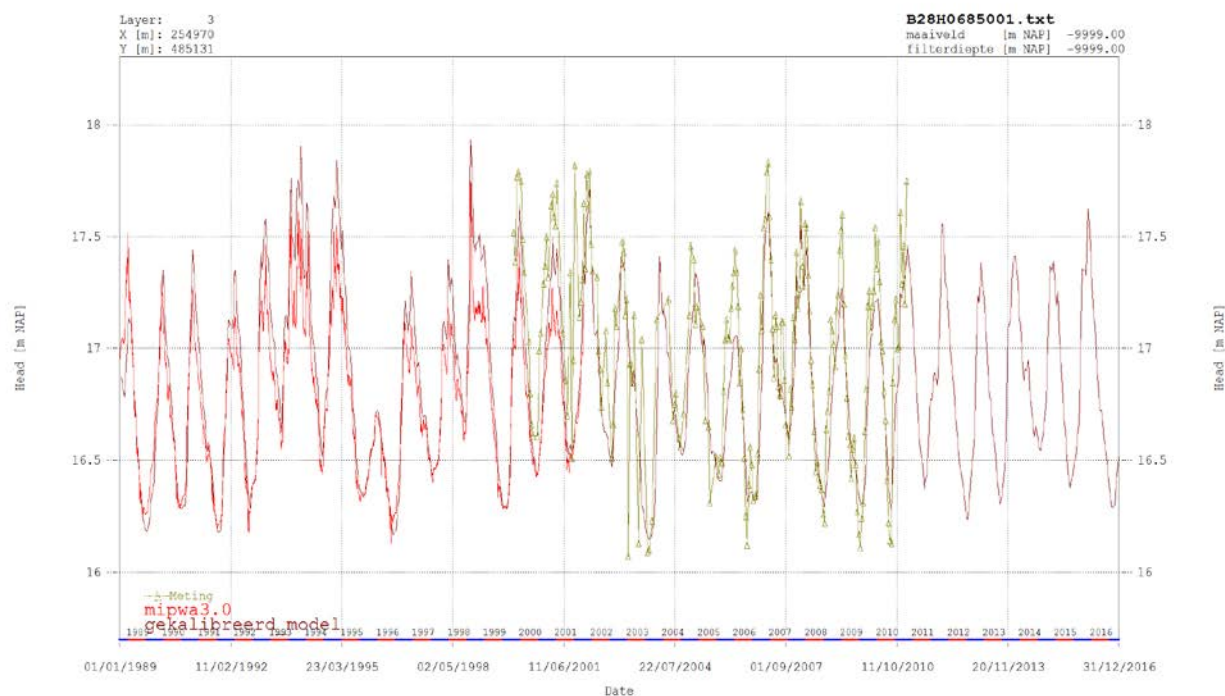
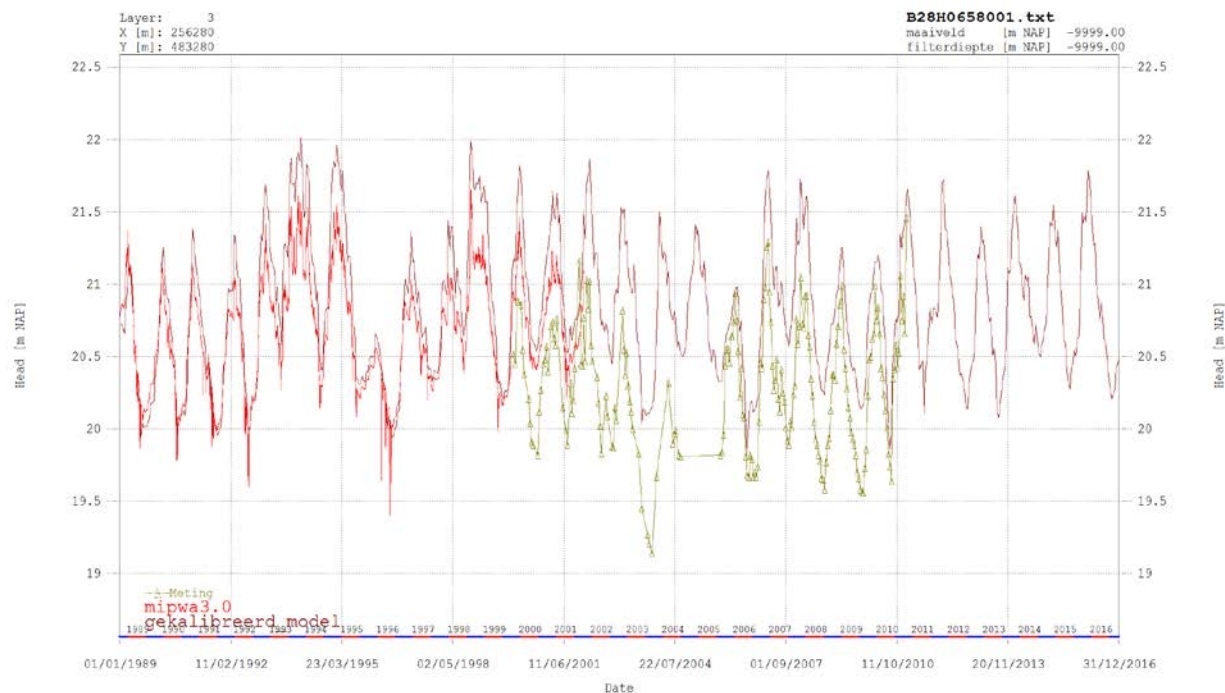


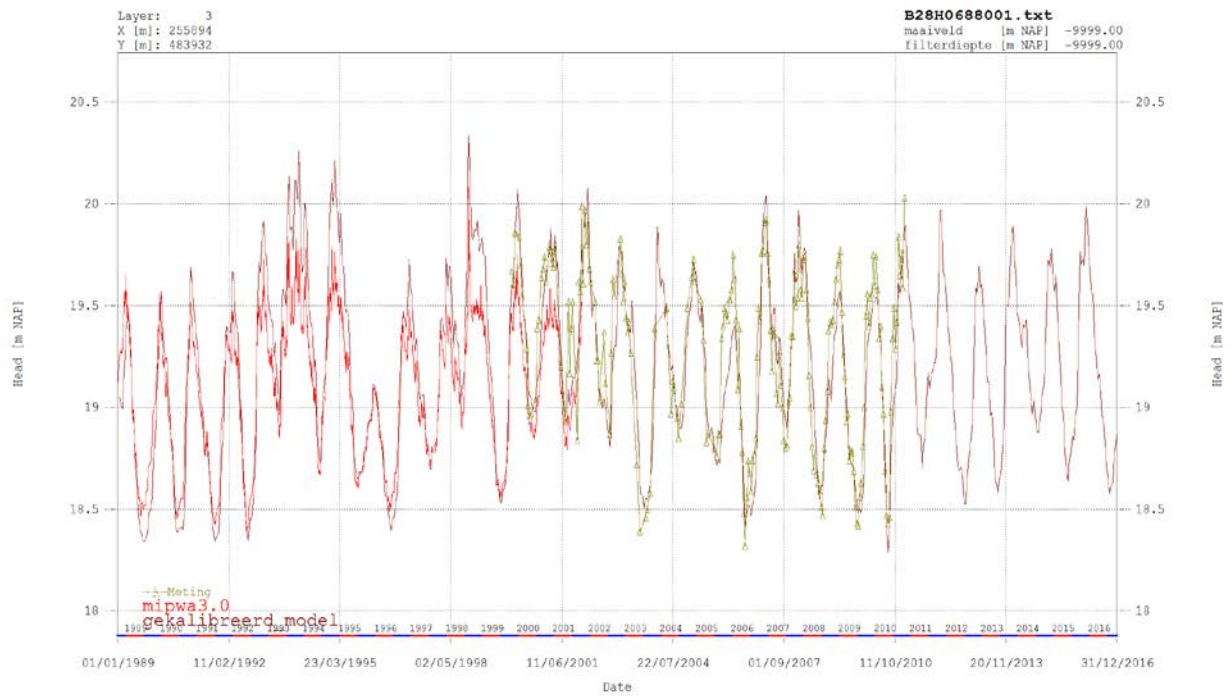
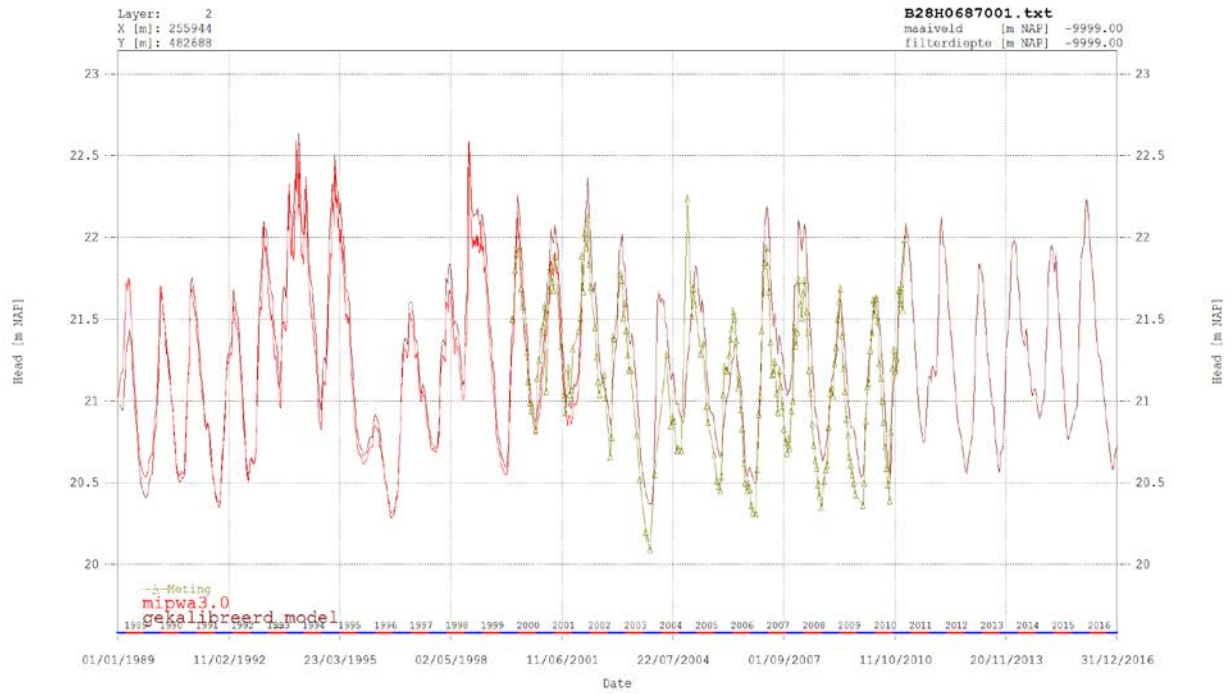


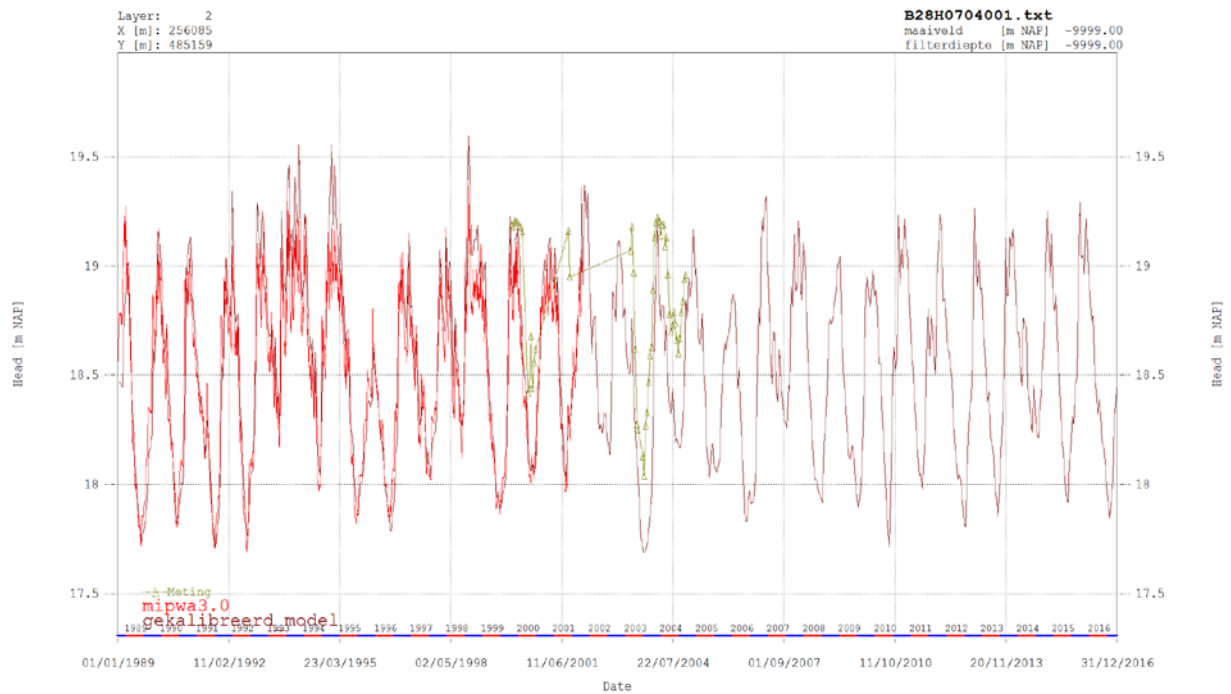
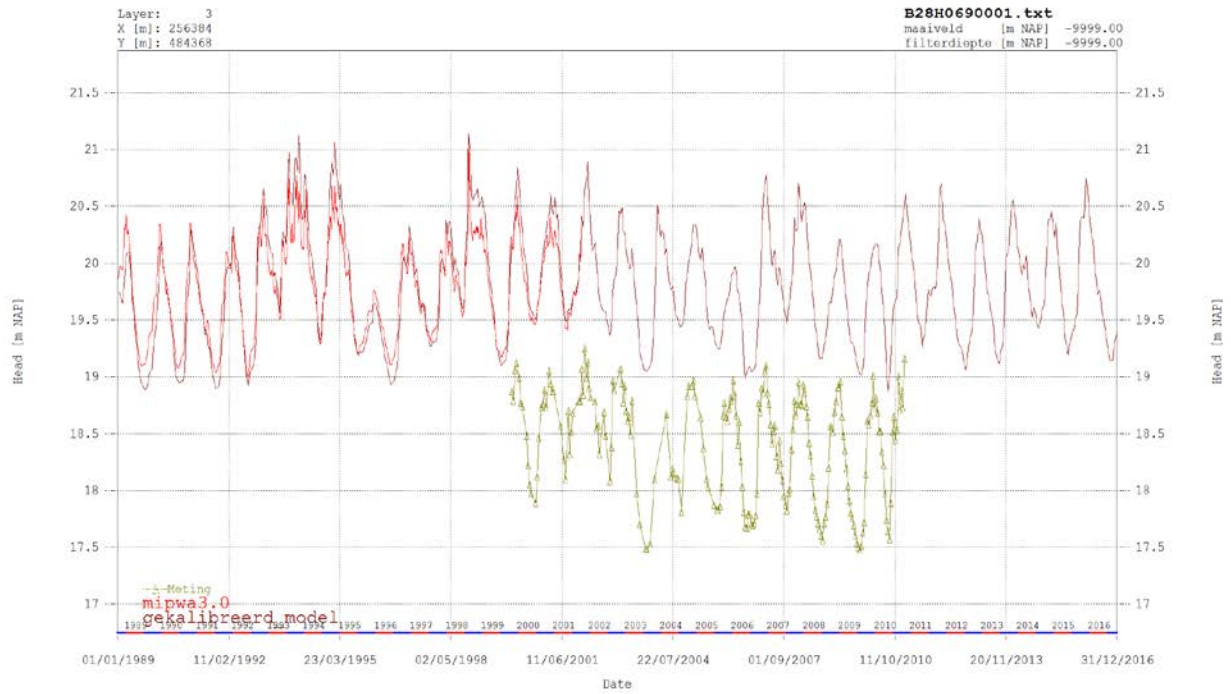








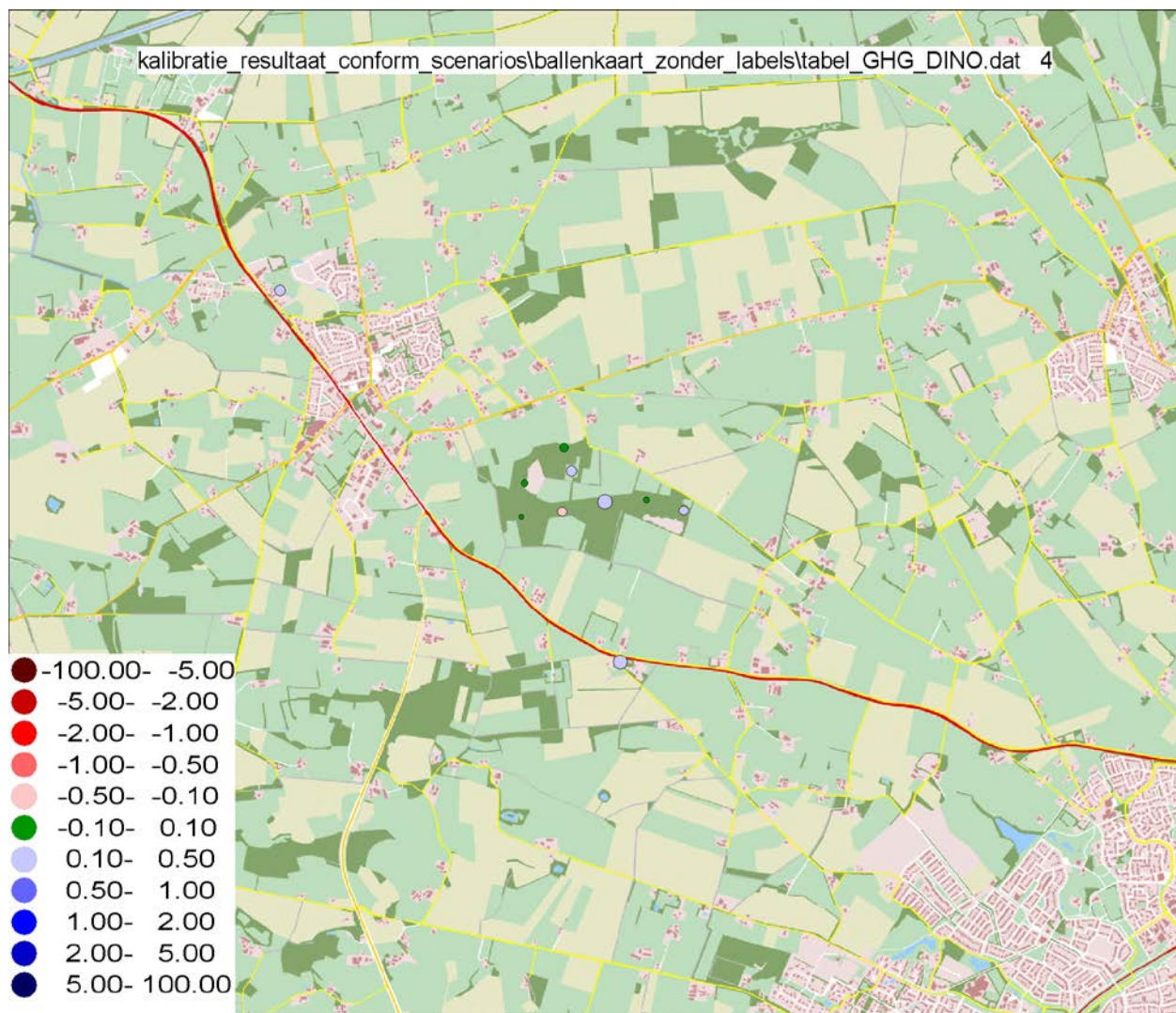




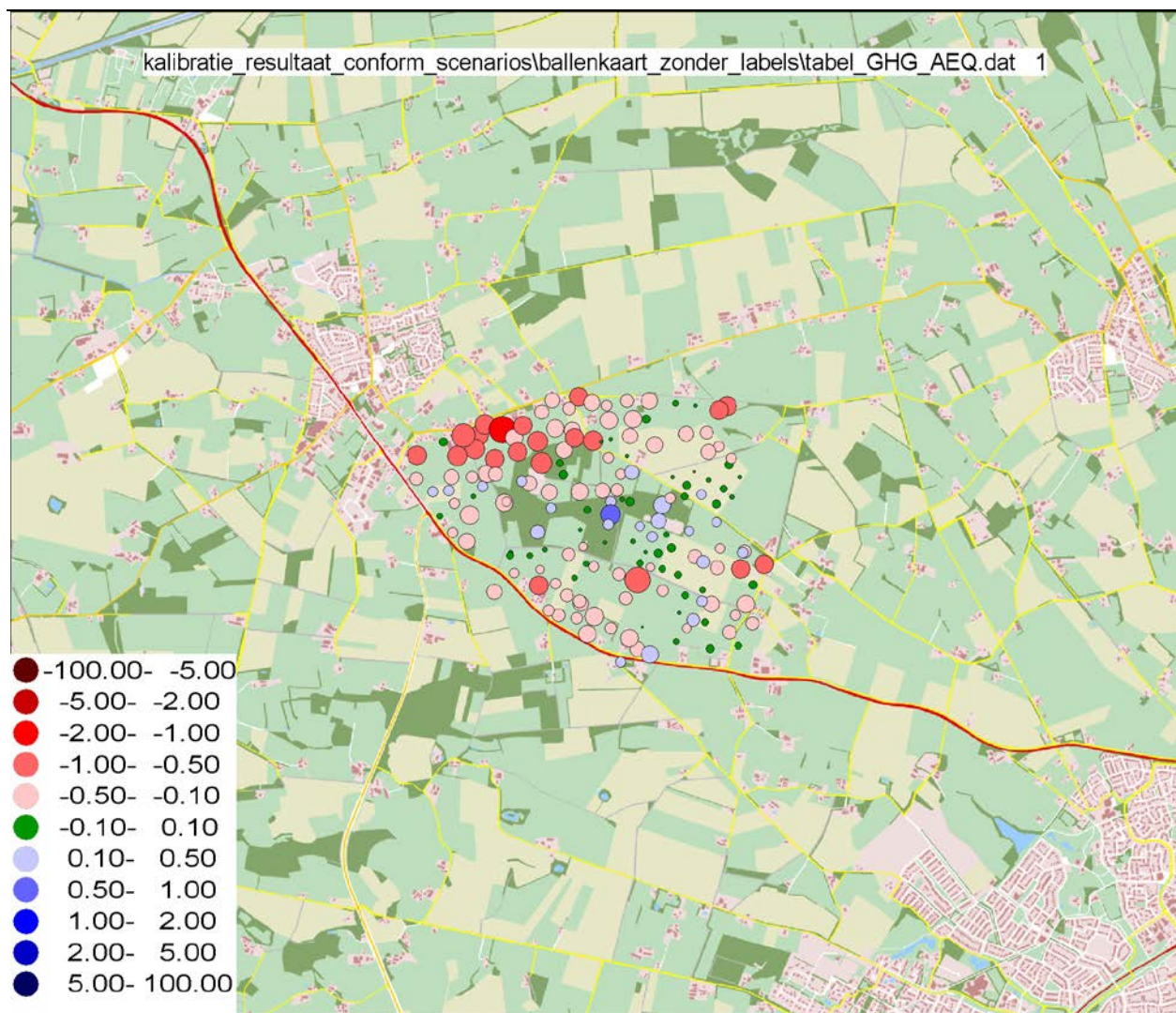
Bijlage

7

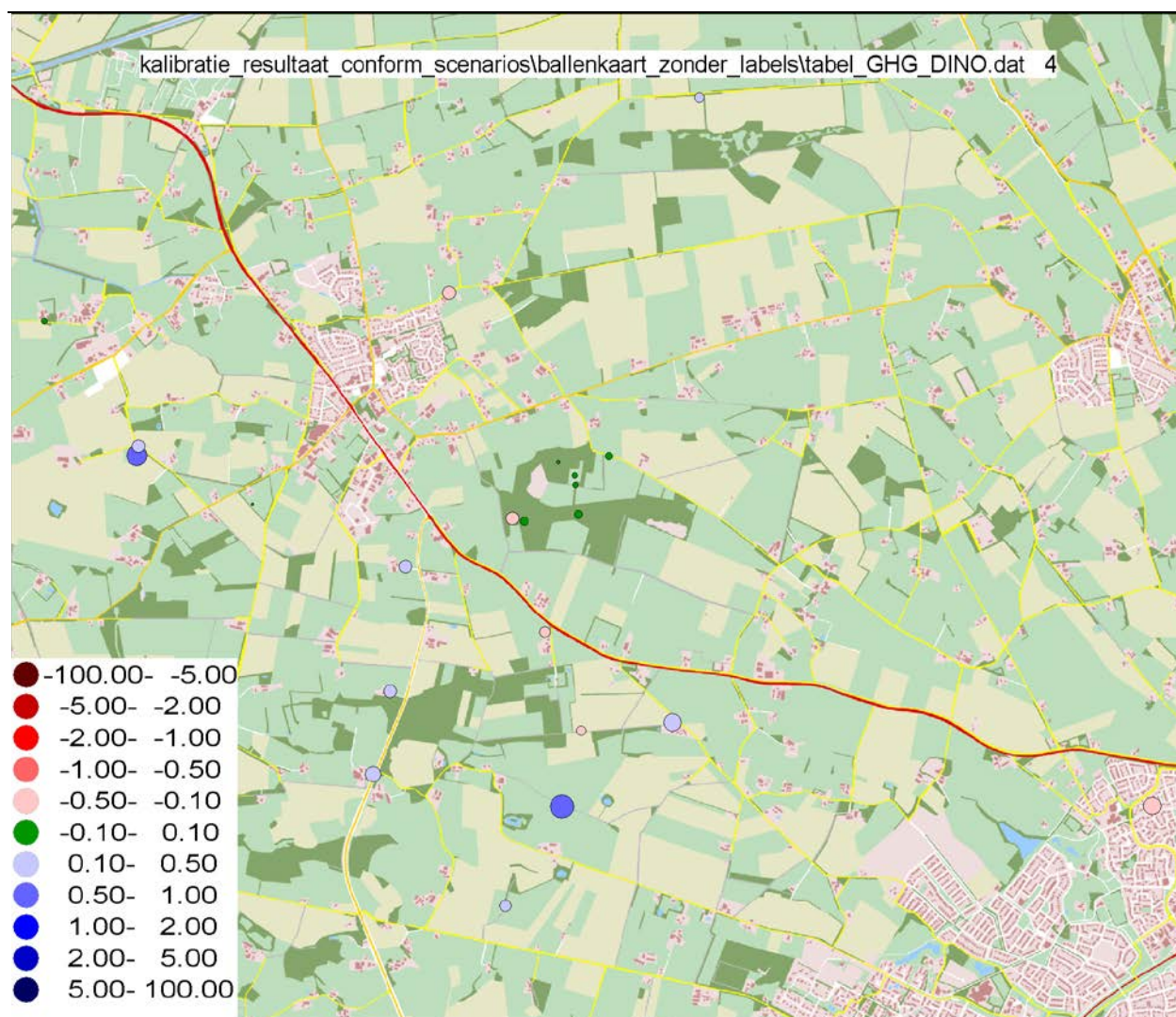
Residu



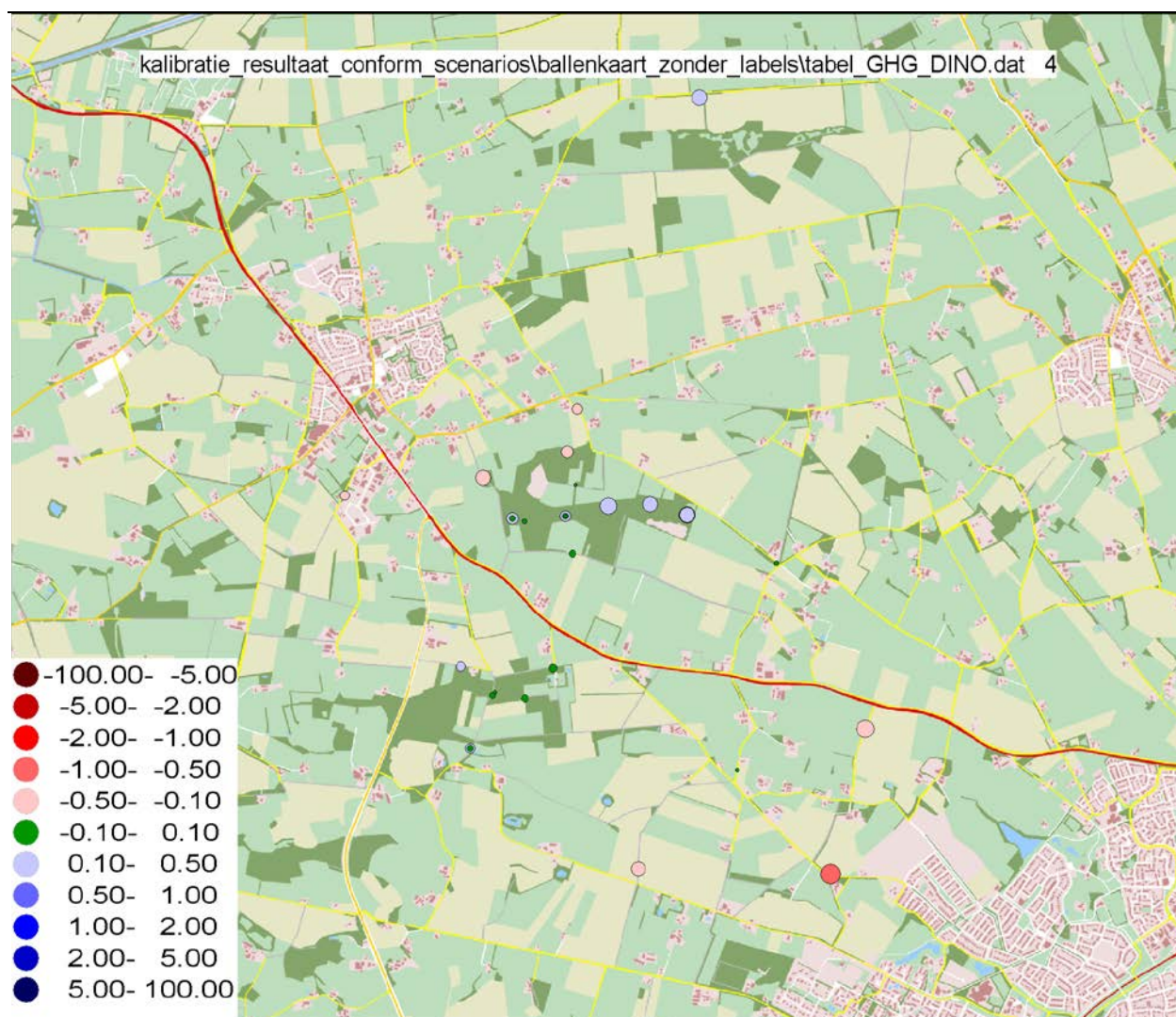
Figuur b7.1 Residuen GHG van de peilbuizen in modellaag 1



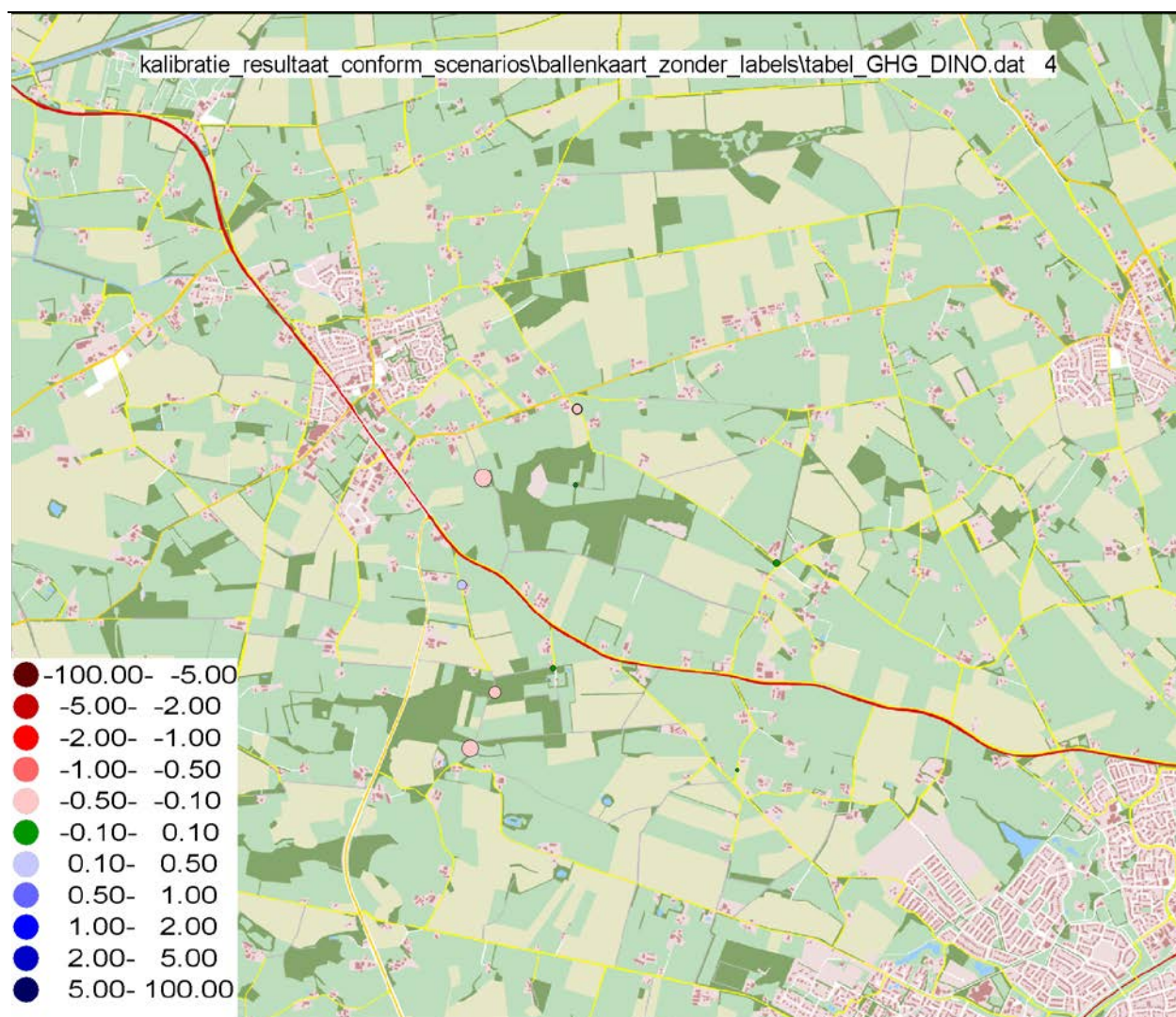
Figuur b7.2 Residuen GHG van de Aequator boringen in modellaag 1



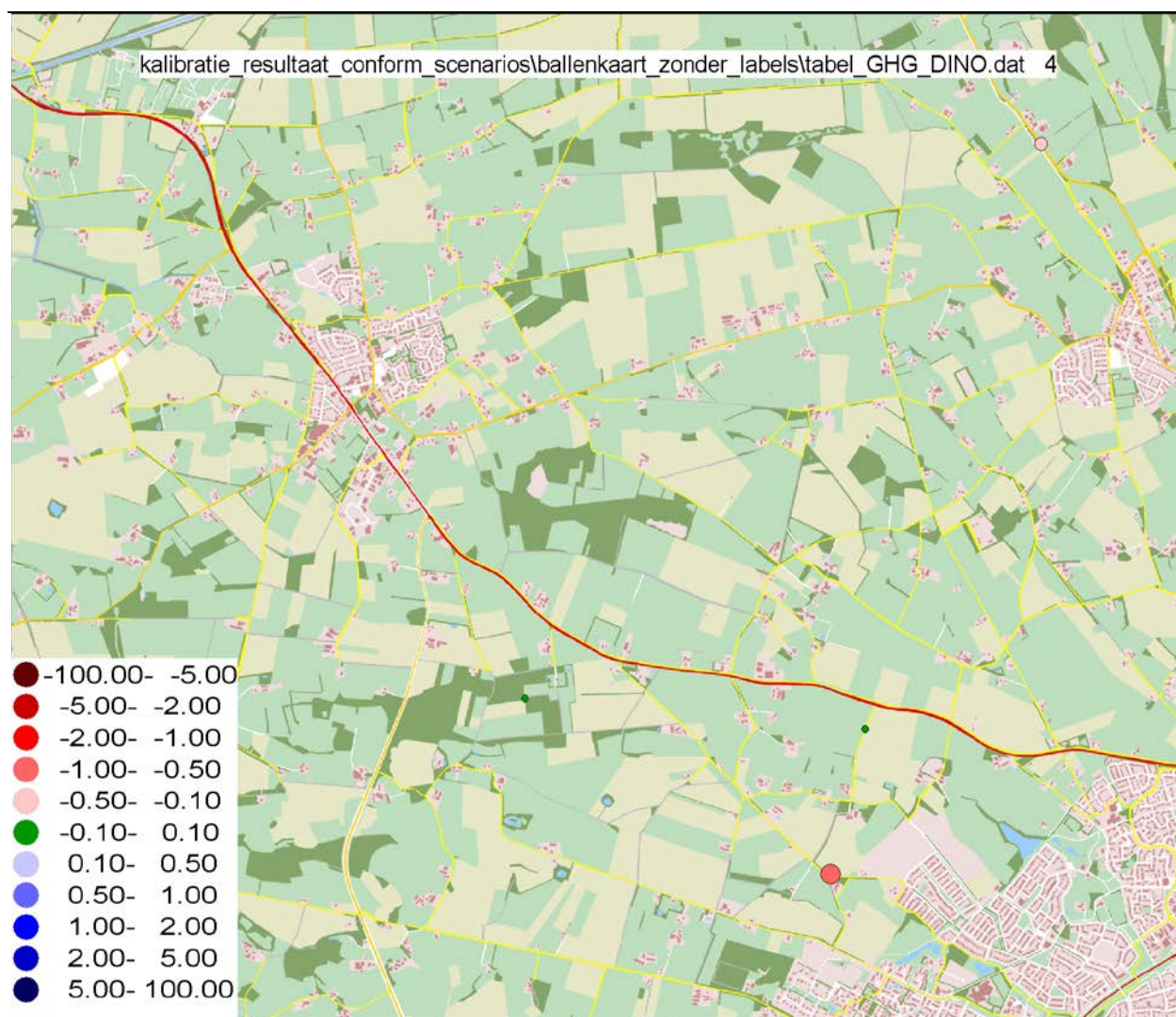
Figuur b7.3 Residuen GHG van de peilbuizen in modellaag 2



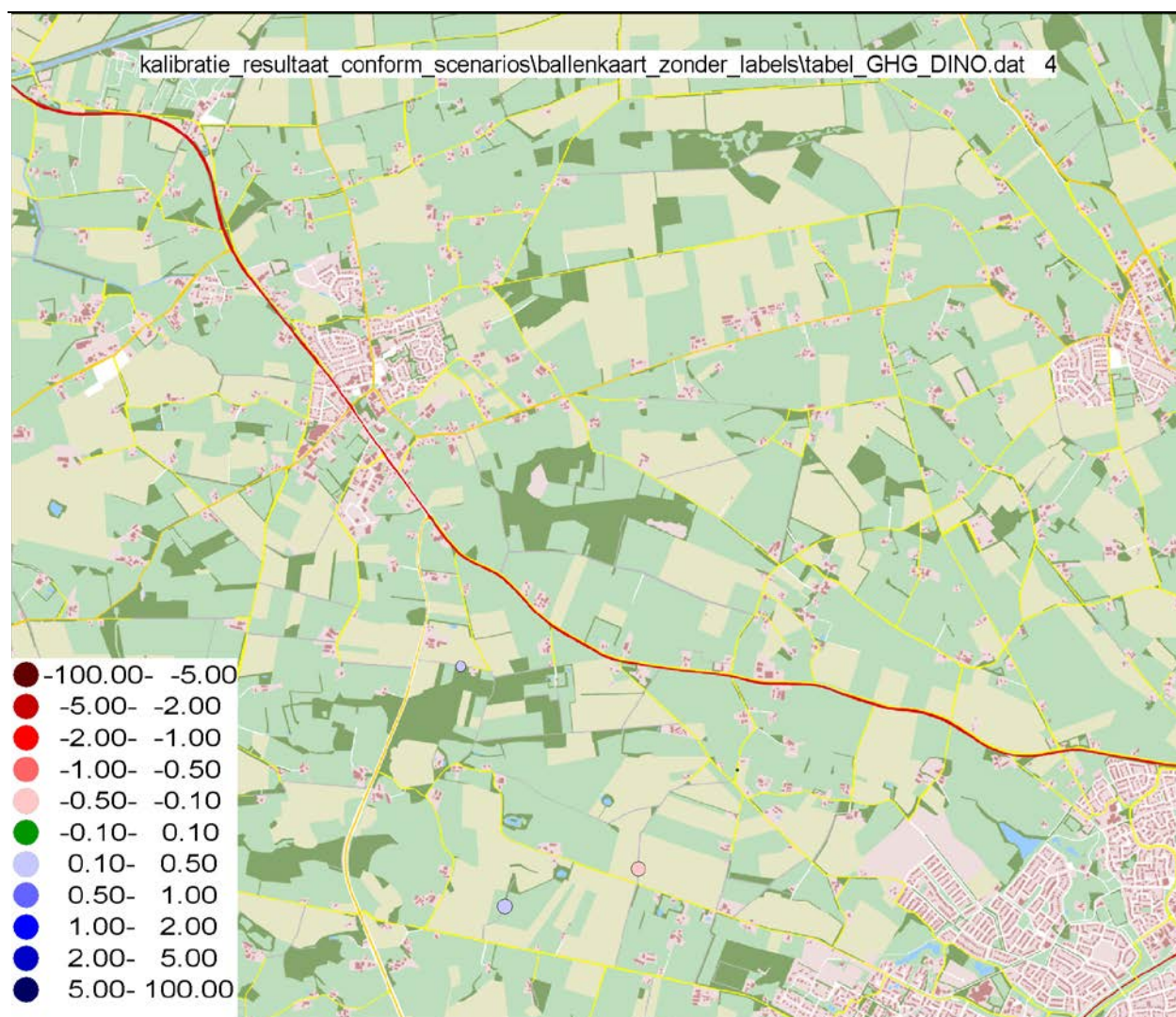
Figuur b7.4 Residuen GHG van de peilbuizen in modellaag 3



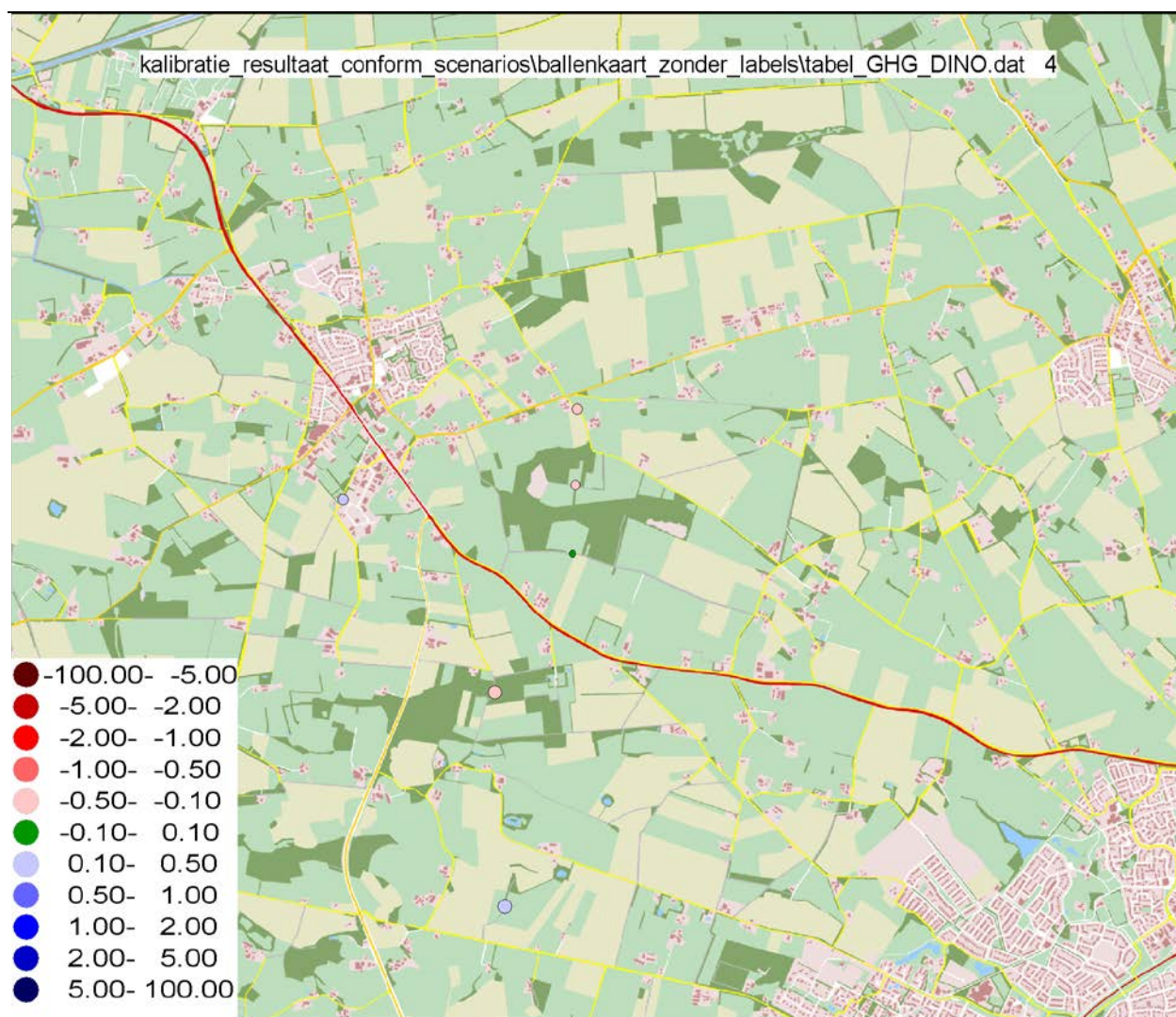
Figuur b7.5 Residuen GHG van de peilbuizen in modellaag 4



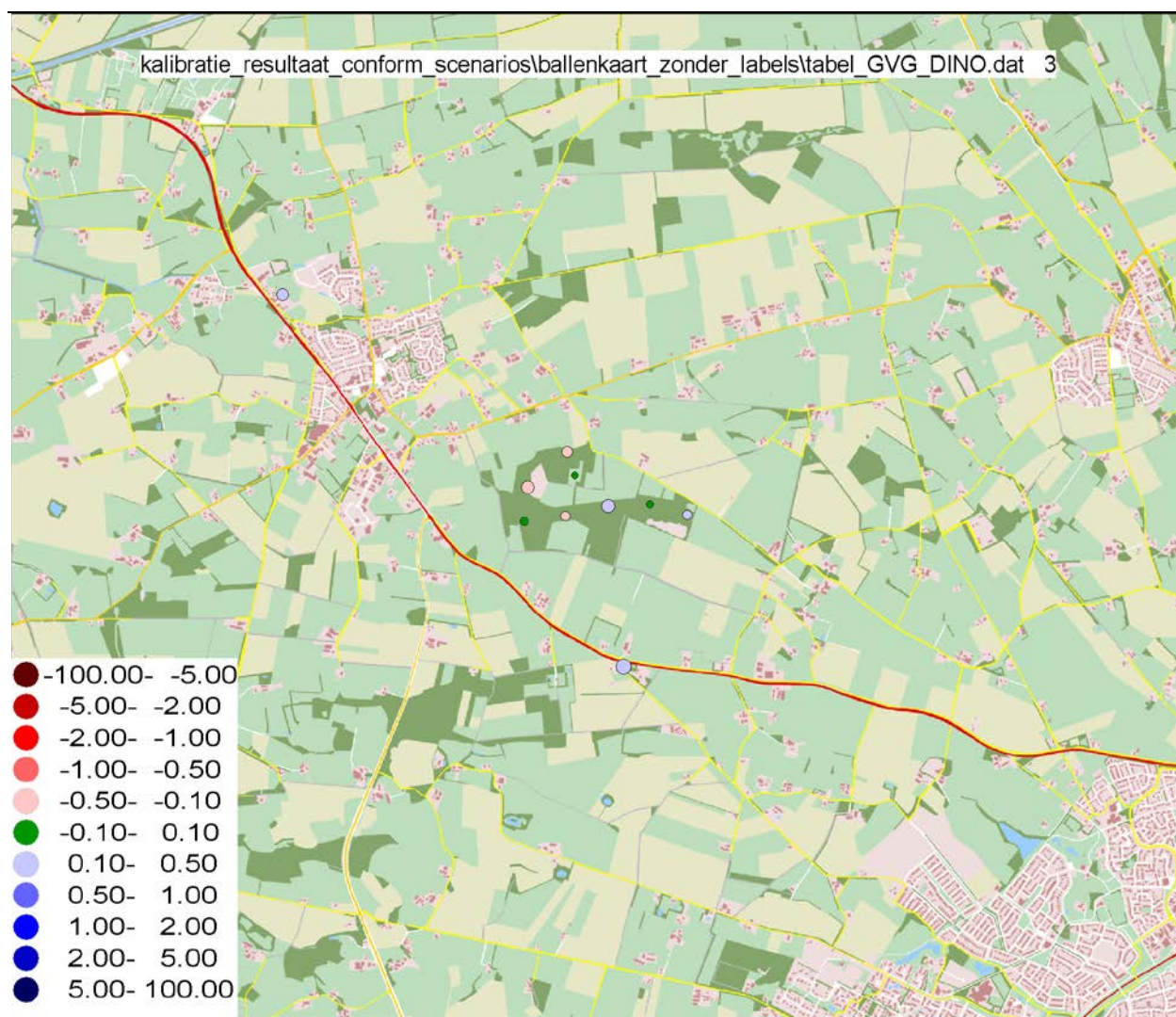
Figuur b7.6 Residuen GHG van de peilbuizen in modellaag 5



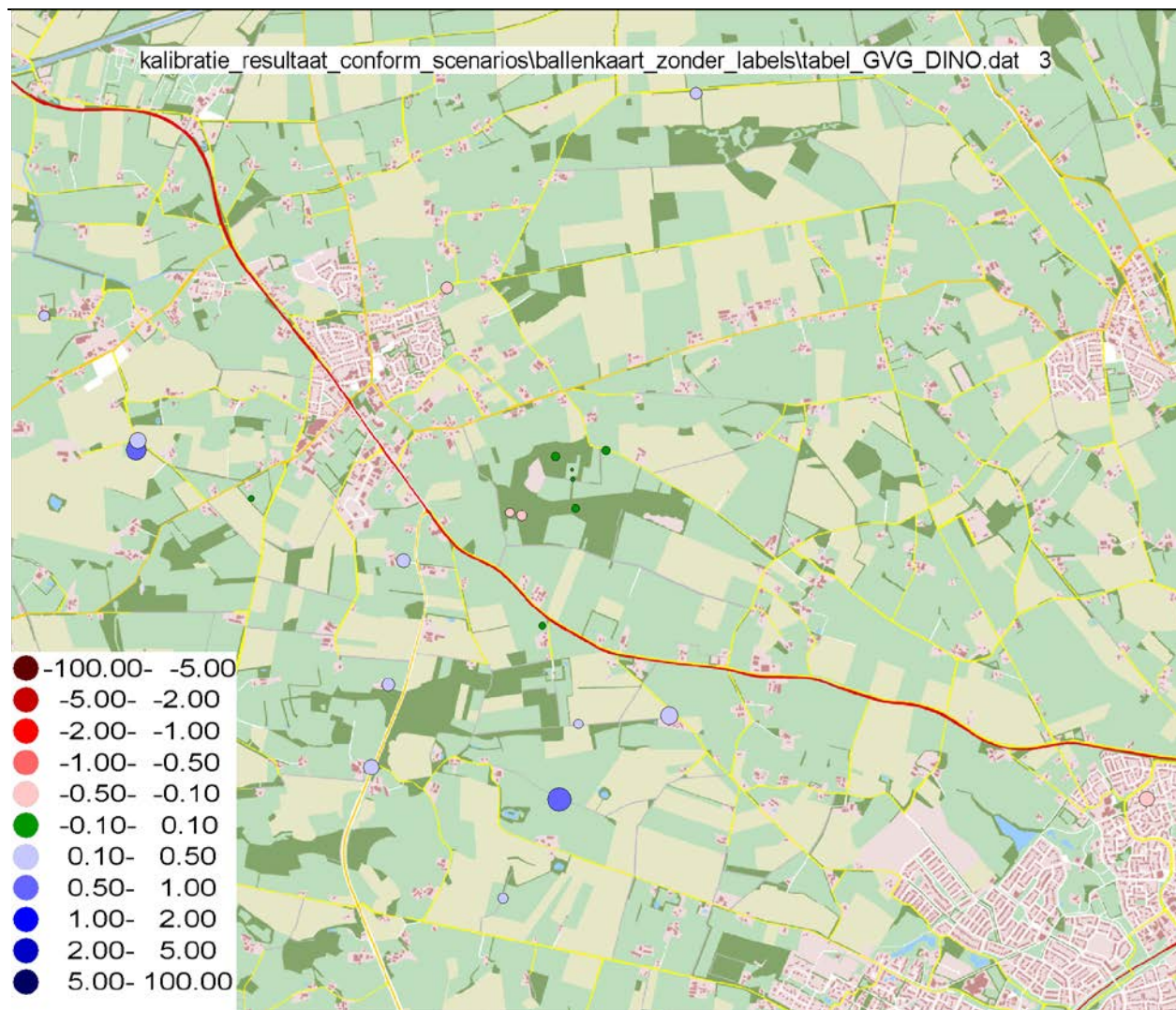
Figuur b7.7 Residuen GHG van de peilbuizen in modellaag 6



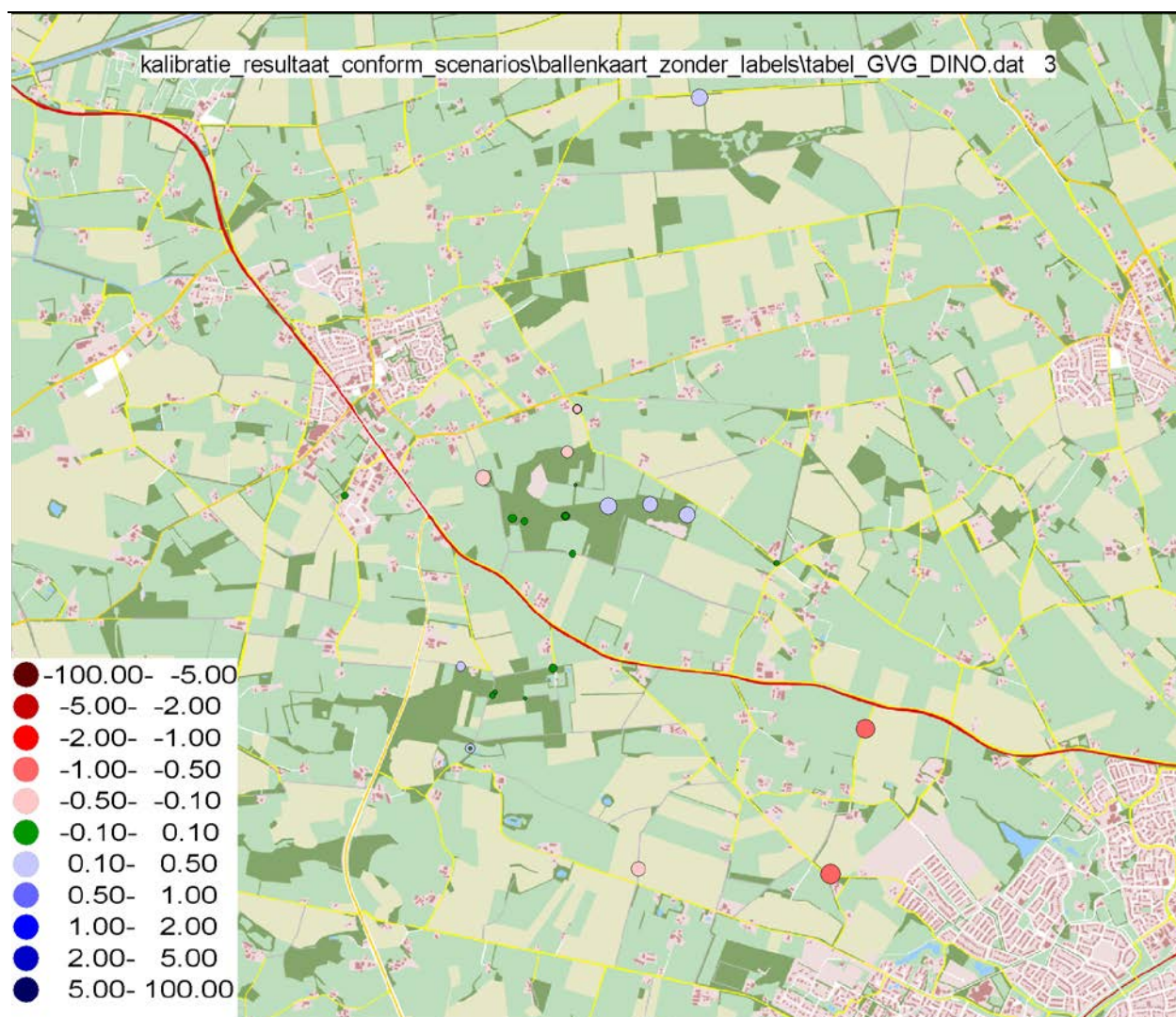
Figuur b7.8 Residuen GHG van de peilbuizen in modellaag 7



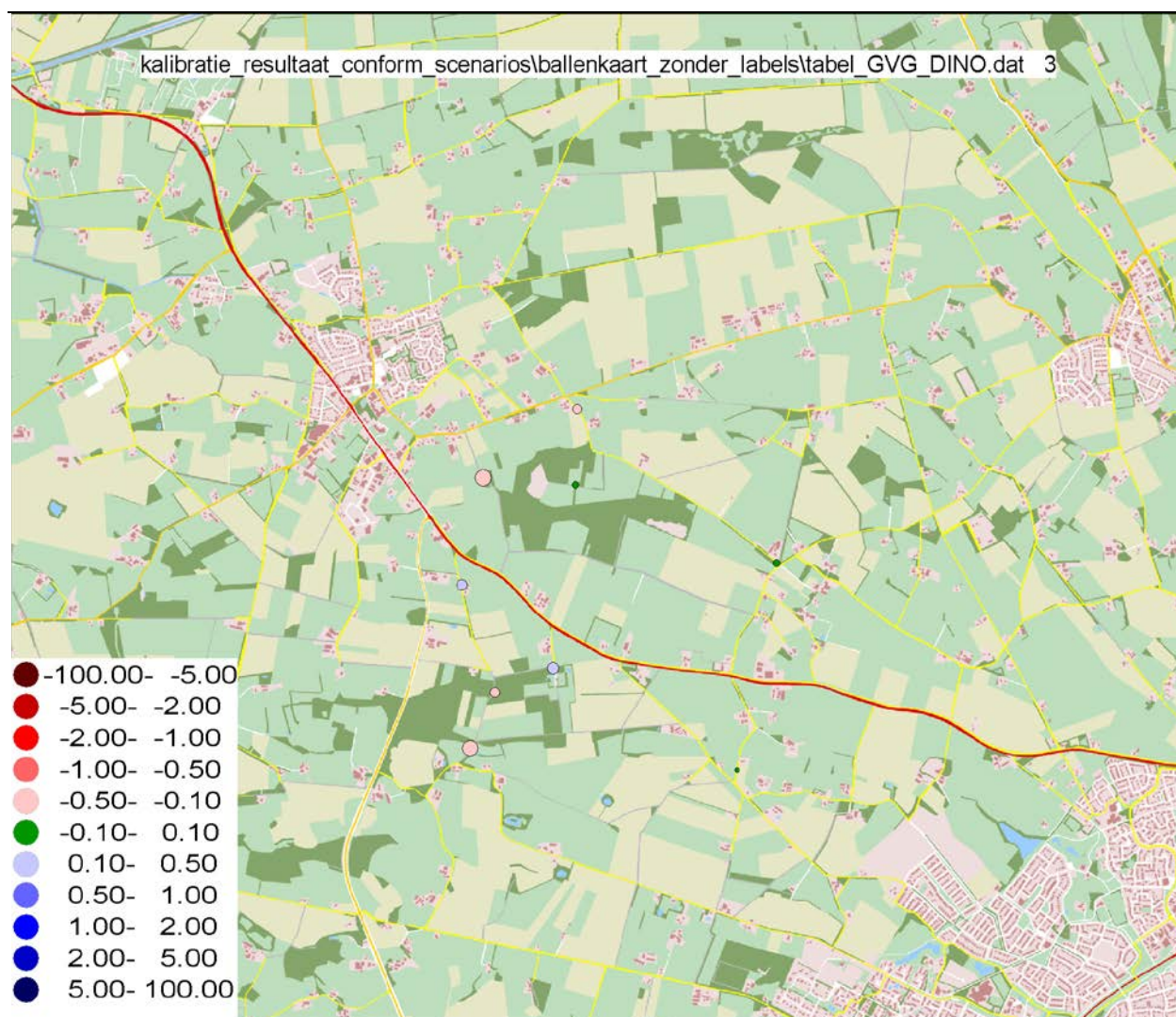
Figuur b7.9 Residuen GVG van de peilbuizen in modellaag 1



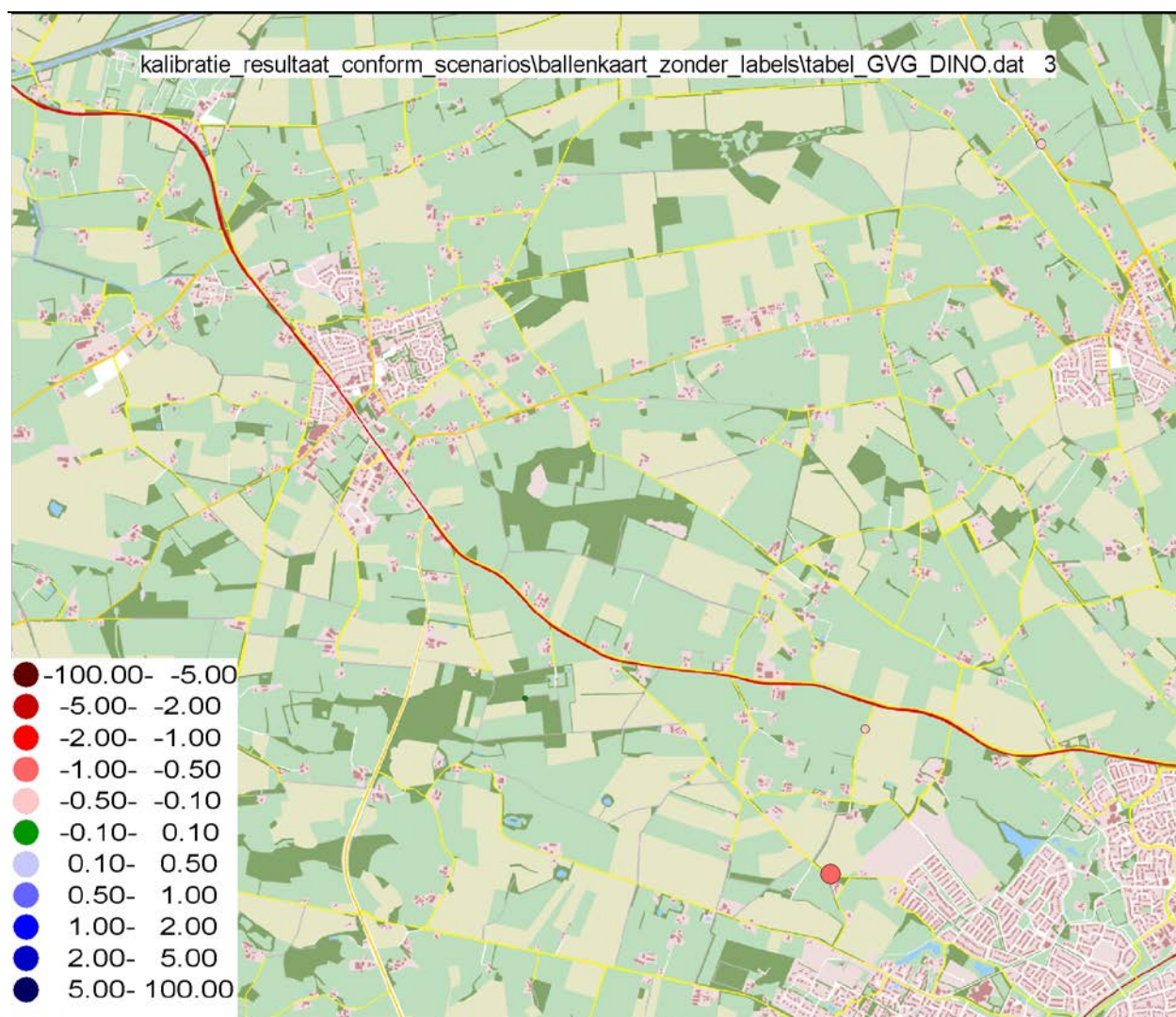
Figuur b7.10 Residuen GVG van de peilbuizen in modellaag 2



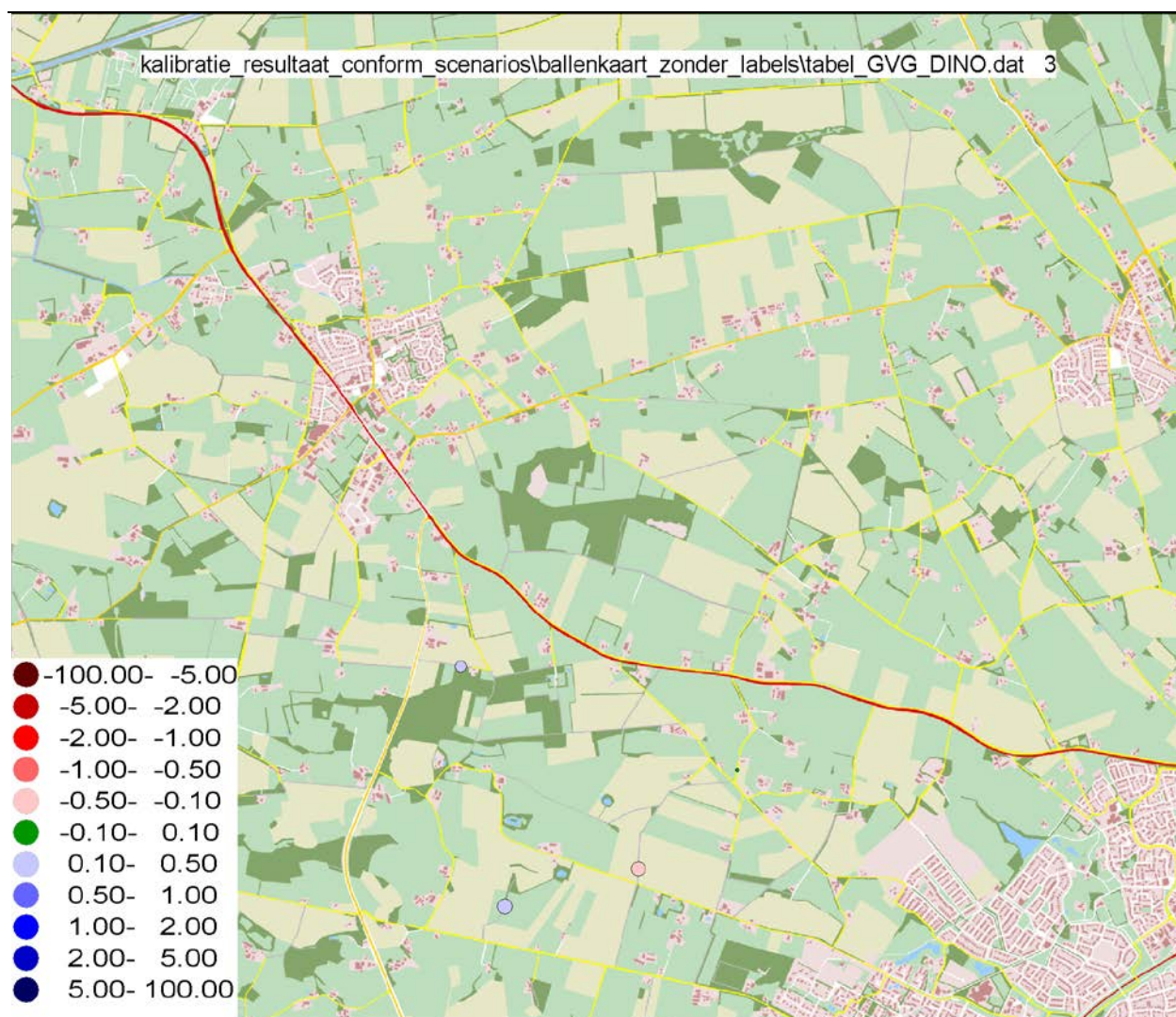
Figuur b7.11 Residuen GVG van de peilbuizen in modellaag 3



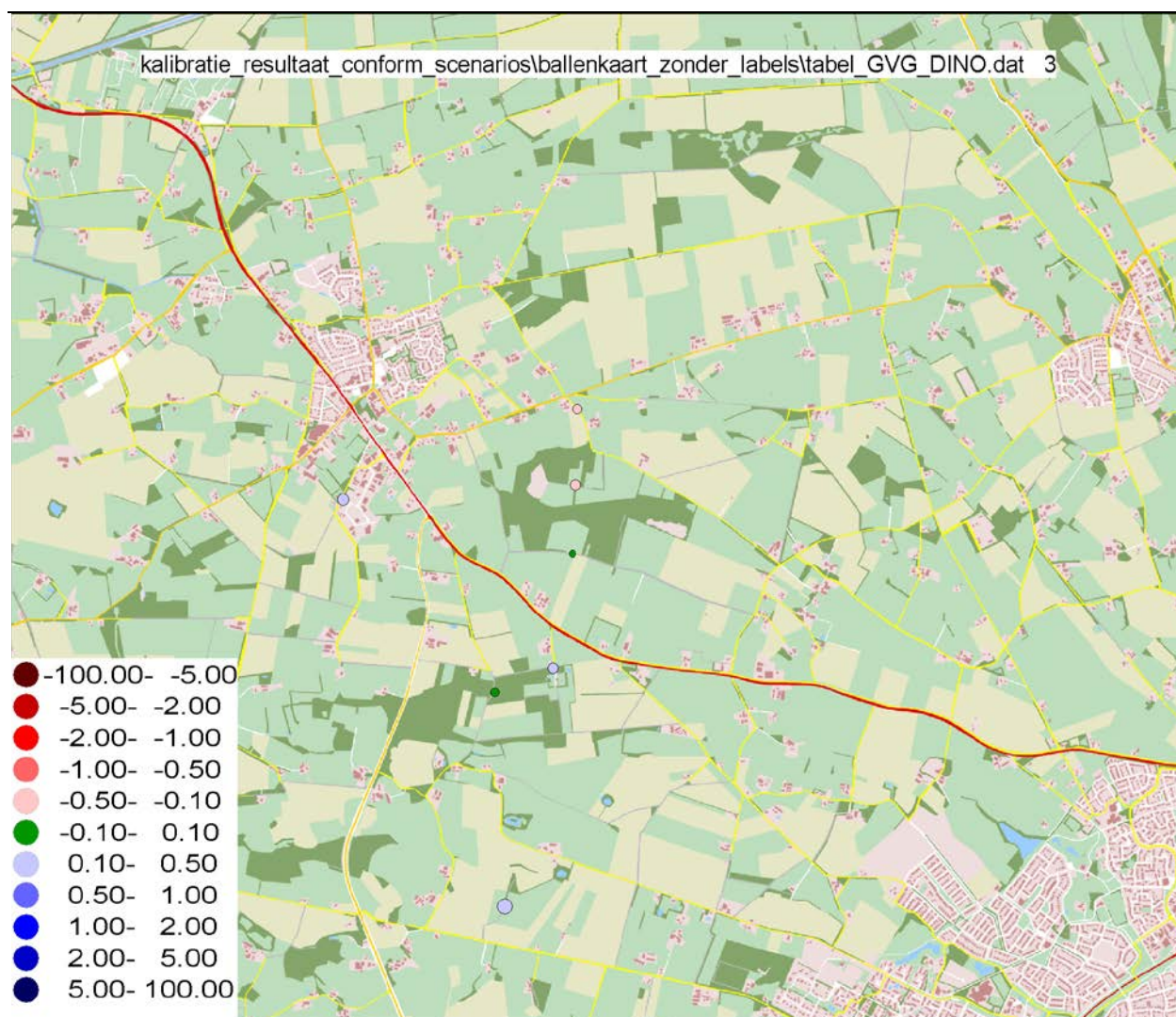
Figuur b7.12 Residuen GVG van de peilbuizen in modellaag 4



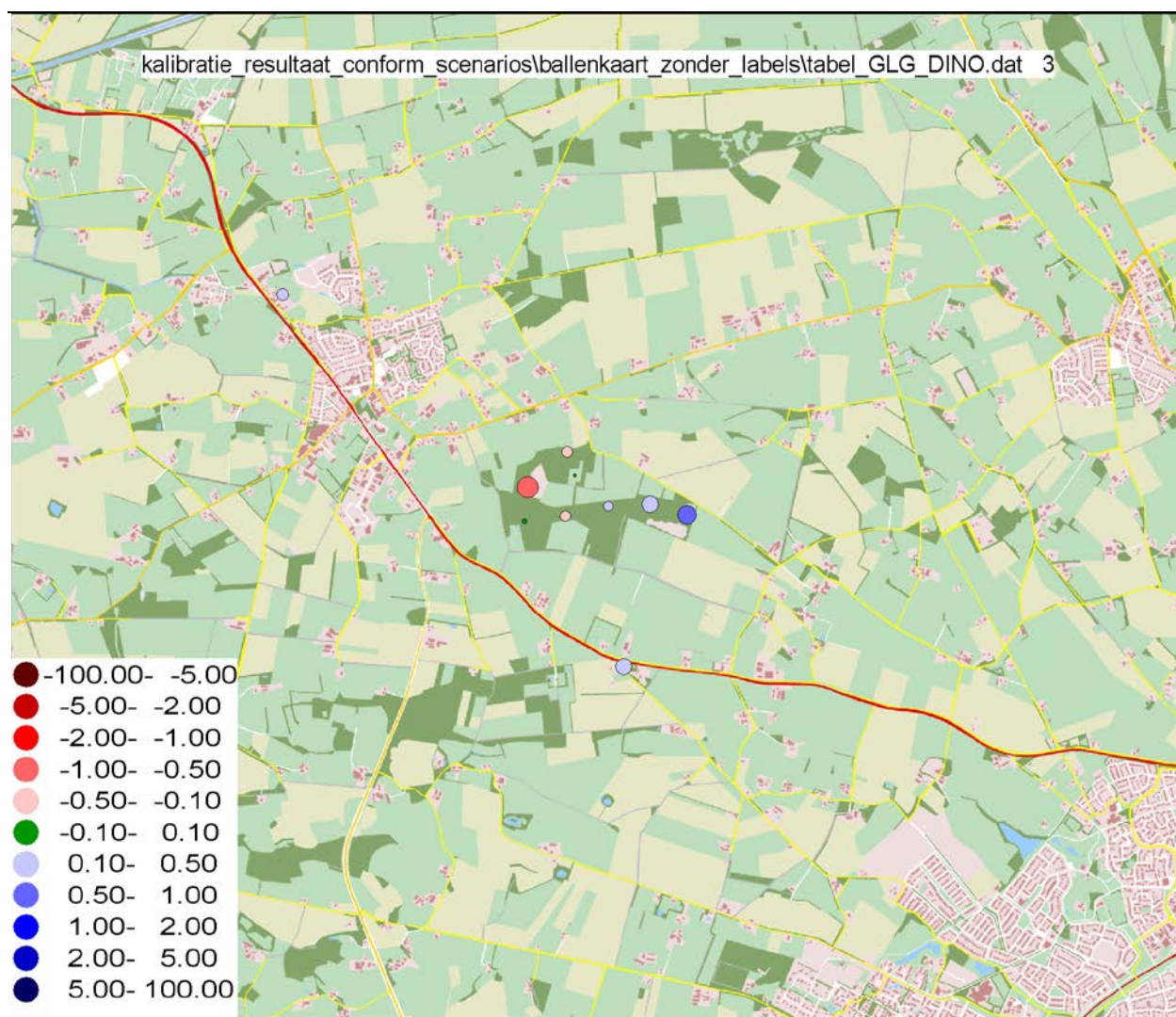
Figuur b7.13 Residuen GVG van de peilbuizen in modellaag 5



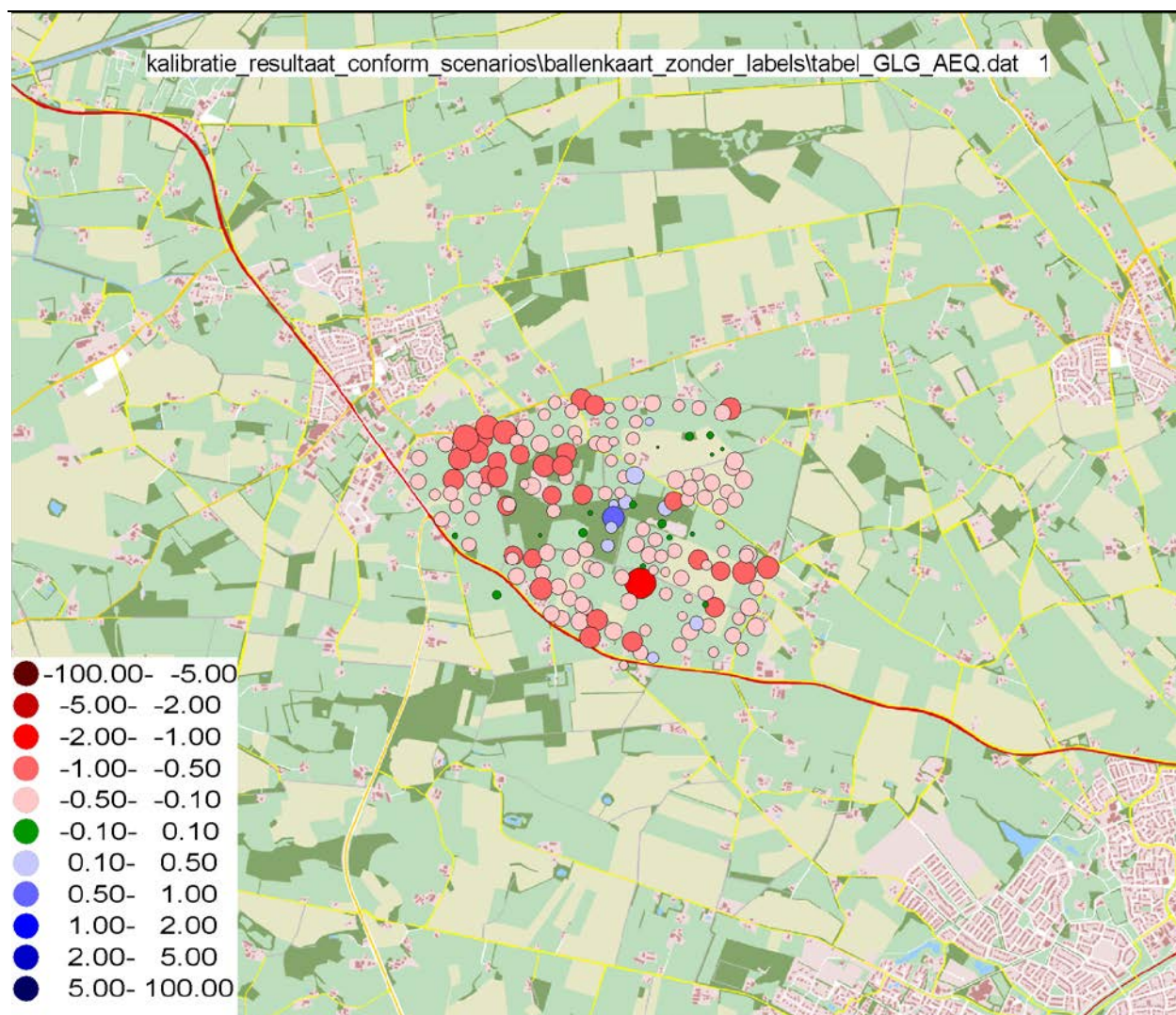
Figuur b7.14 Residuen GVG van de peilbuizen in modellaag 6



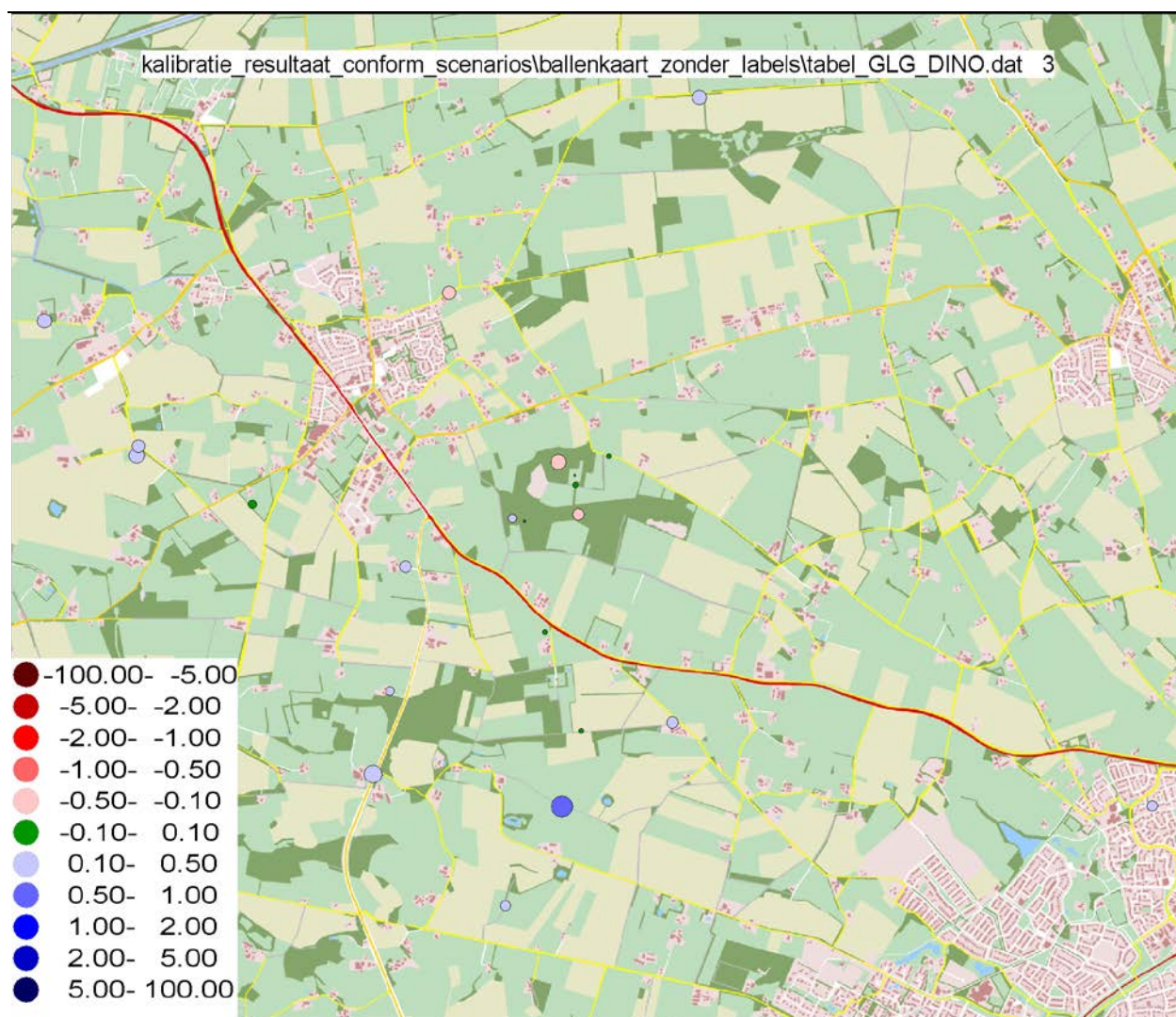
Figuur b7.15 Residuen GVG van de peilbuizen in modellaag 7



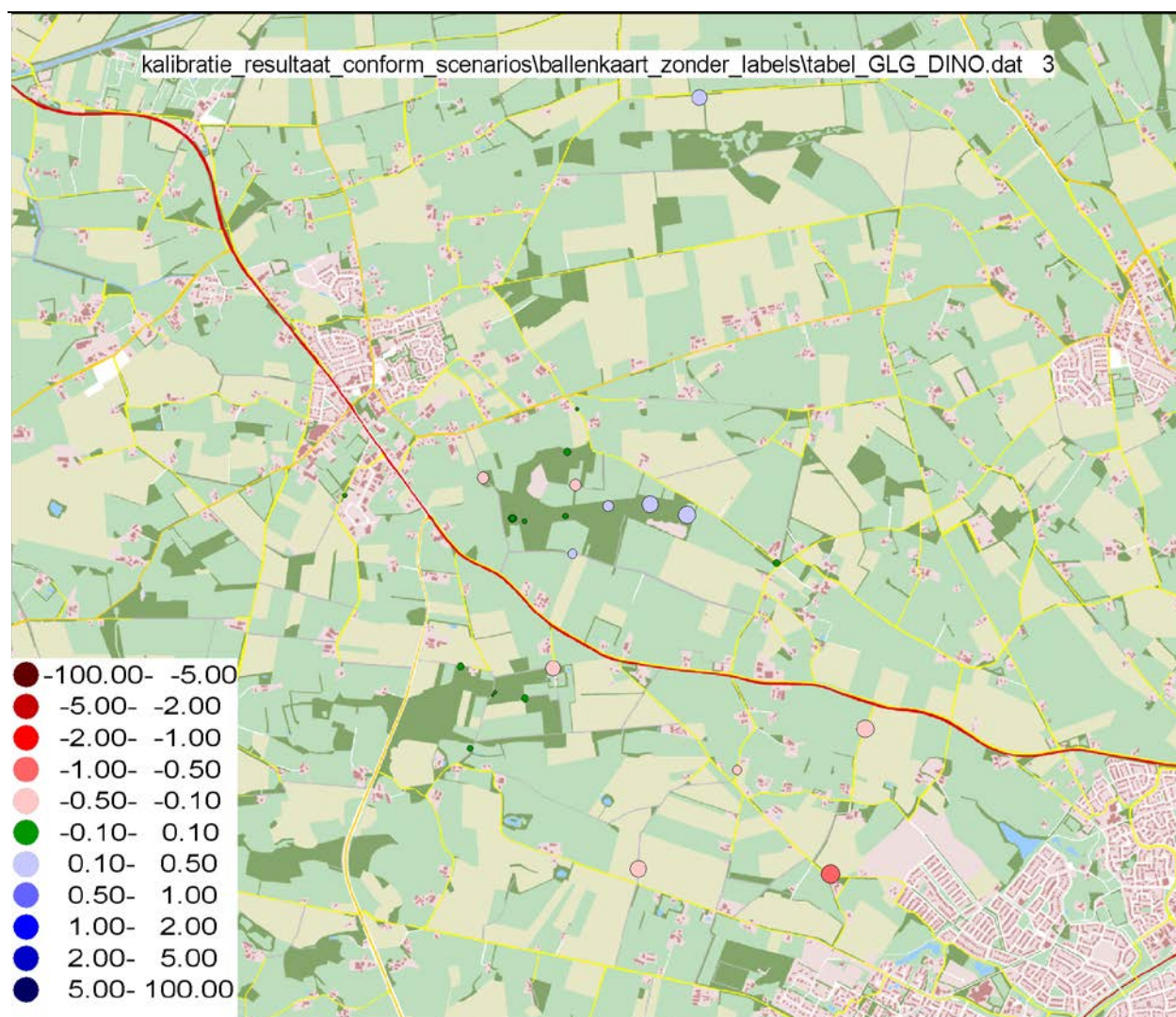
Figuur b7.16 Residuen GLG van de peilbuizen in modellaag 1



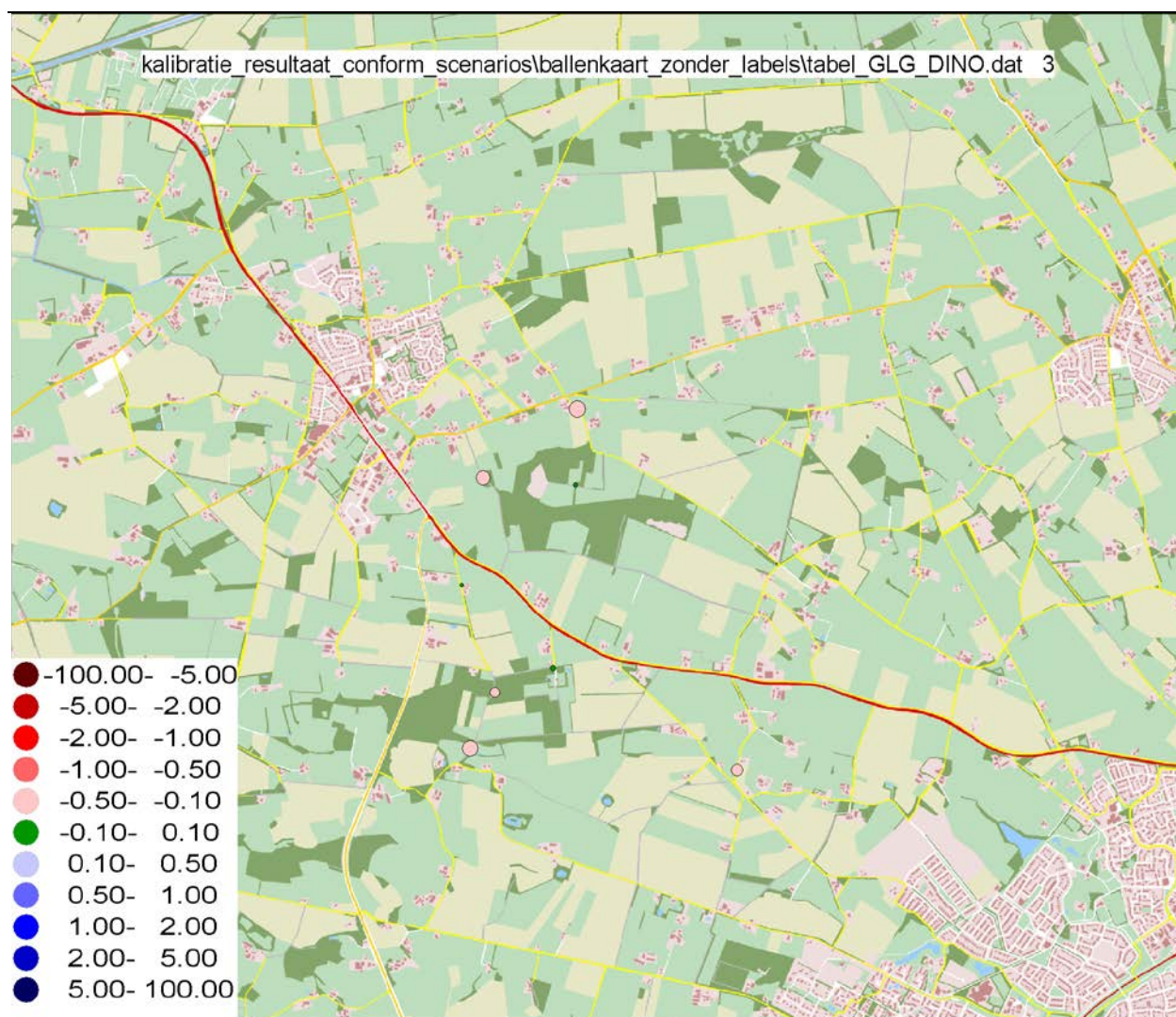
Figuur b7.17 Residuen GLG van de Aequator boringen in modellaag 1



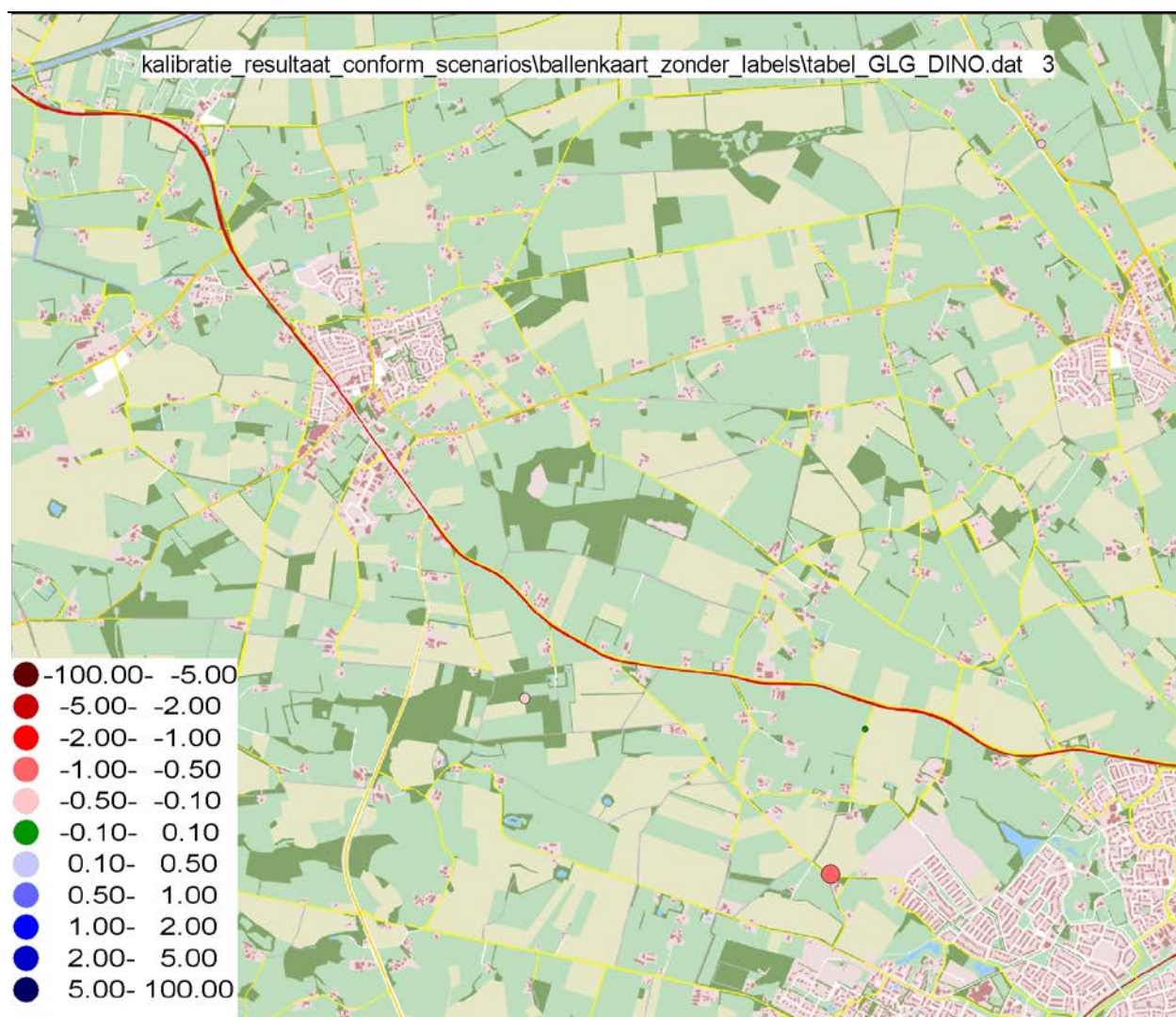
Figuur b7.18 Residuen GLG van de peilbuizen in modellaag 2



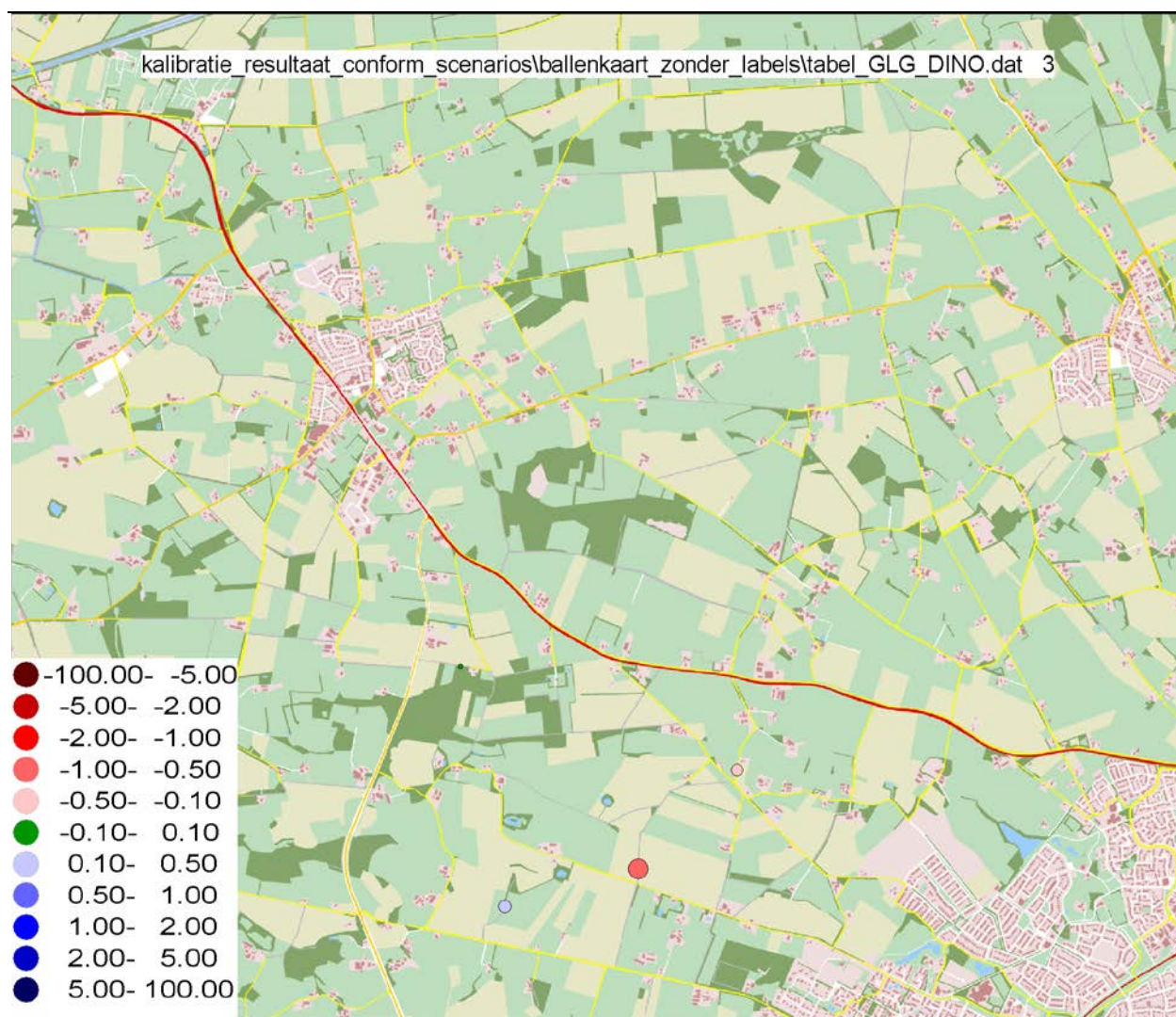
Figuur b7.19 Residuen GLG van de peilbuizen in modellaag 3



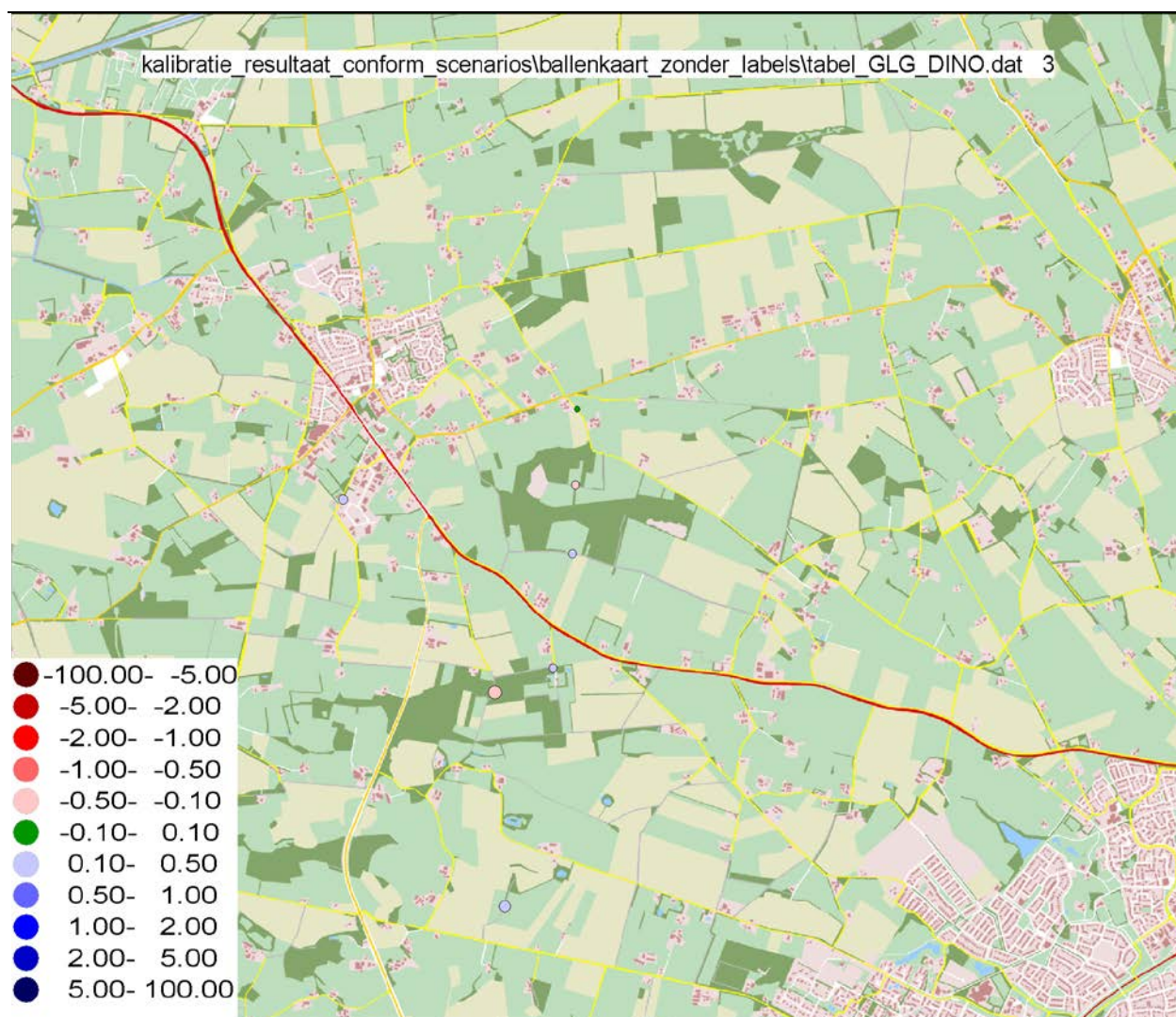
Figuur b7.20 Residuen GLG van de peilbuizen in modellaag 4



Figuur b7.21 Residuen GLG van de peilbuizen in modellaag 5



Figuur b7.22 Residuen GLG van de peilbuizen in modellaag 6



Figuur b7.23 Residuen GLG van de peilbuizen in modellaag 7

Bijlage

8

Bandbreedte kalibratie

Bandbreedte kalibratie

1 Inleiding

Voorafgaand aan de kalibratie zijn de modelparameters vergeleken met Regis2.2 en de beschikbare boringen. De vergelijking is er op gericht om plausibele maximale en minimale aanpassingsfactoren voor de kalibratie van het model te bepalen. Hiermee wordt gewaarborgd dat het gekalibreerde model aansluit bij de beschikbare gegevens van het gebied.

In het overleg van 19-04-2018 zijn de resultaten van deze analyse besproken en zijn de bandbreedtes voor de kalibratie in overleg met de Provincie Overijssel, Waterschap Vechtstromen, Staatsbosbeheer en Tauw vastgelegd.

1.1 kD en C-waarden op basis van boringen

Voor het afleiden van de kD en C-waarden van de boringen uit het Dinoloket is gebruik gemaakt van een door Tauw gemaakte tool. Deze tool leest de boorbeschrijvingen in en bepaalt of er zich tussen een op te geven bovenkant en onderkant van een laag watervoerende lagen bevinden. Vervolgens wordt voor de boringen op basis van het bodemtype en dikte een doorlatendheid of weerstand berekend. De gehanteerde doorlatendheden en weerstanden zijn in onderstaande tabellen weergegeven. Deze werkwijze levert per boorlocatie en per modellaag een weerstand of doorlatendheid op.

Tabel 1.1 Gebruikte doorlatendheden per bodemtype

Hoofdtype	Subtype	Horizontale doorlatendheid (m/dag)
Fijn zand	-	5
	Kleiig	0.5
	Siltig	1
	Grindig	10
Grof zand	-	20
	Kleiig	5
	Siltig	15
	Grindig	40
Overig zand	-	10
	Kleiig	0.5
	Siltig	1
	Grindig	30

Tabel 1.2 Gebruikte weerstanden per bodemtype

Hoofdtype	Subtype	Horizontale doorlatendheid (dagen)
Klei	-	400
	siltig	300
	zandig	150
	grindig	100
Veen	-	150
	kleiig	300
	siltig	200
	zandig	100
Leem	-	300
	kleiig	350
	siltig	250
	zandig	125
	grindig	70

1.2 Doorlatendheid en weerstand boringen

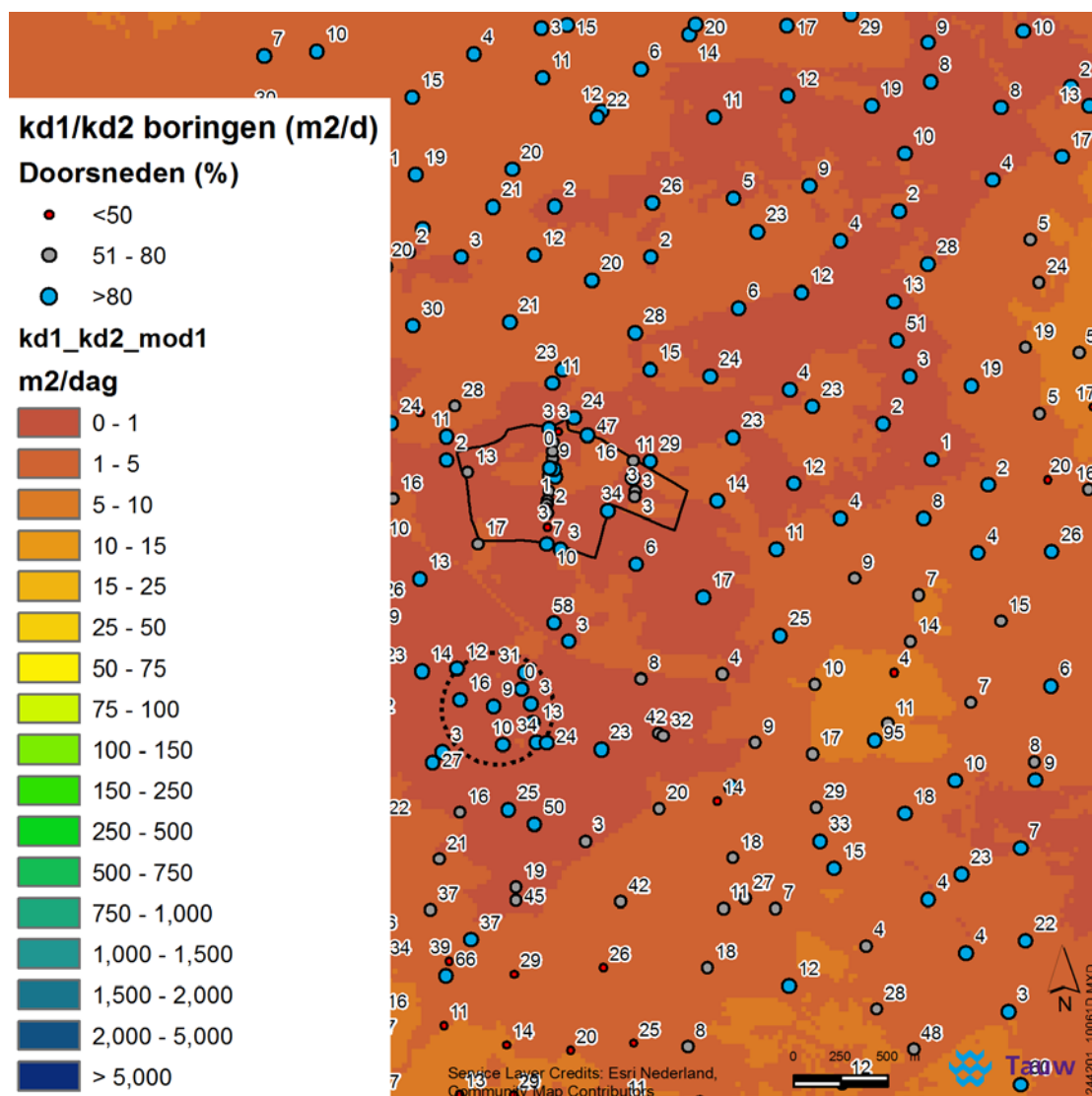
De bepaalde doorlatendheden en weerstanden van de boringen zijn vergeleken met het model. Op dezelfde locaties waar boringen beschikbaar zijn is afgeleid welke weerstanden of doorlatendheden in het model zijn opgenomen. In onderstaande tabel zijn de gemiddelde gehanteerde waarden gepresenteerd voor zowel de boringen als het model. Een deel van de modellen zijn samengevoegd aangezien deze op basis van de bodemmateriaal niet onderscheidend zijn. In de onderstaande tabel is tevens de verhouding aangegeven tussen de weerstand en doorlatendheden in het model en in de boringen. Op basis van deze vergelijking wordt duidelijk dat met name de doorlatendheden voor modellaag 1 en 2 in het model zijn onderschat ten opzichte van hetgeen volgt uit de Dinoboringen.

Tabel 1.3 Gebruikte weerstanden per bodemtype

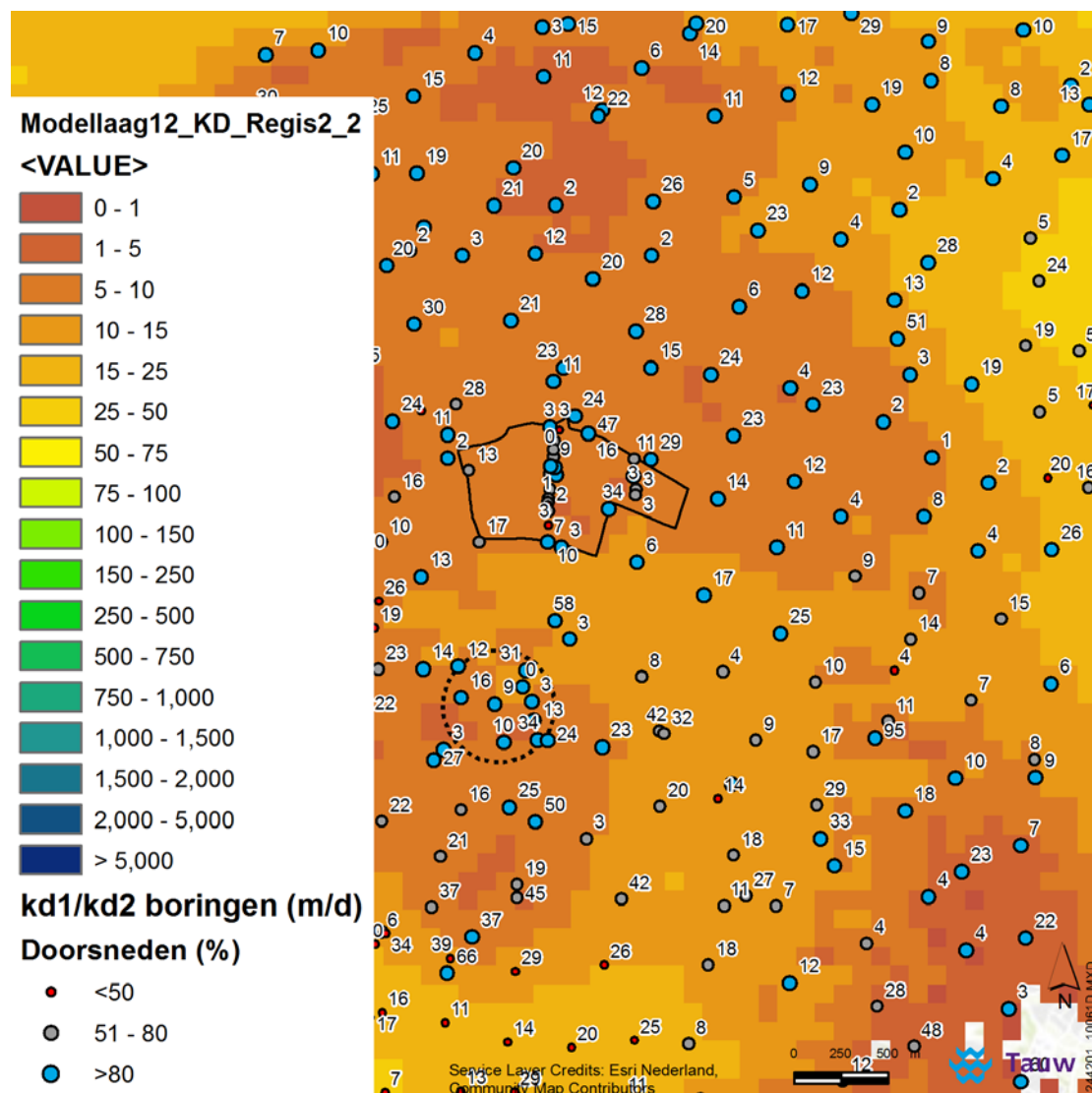
Parameter	Gemiddelde waarde in het model	Gemiddelde waarde op basis van boringen	verhouding
kD1 en kD2	2.5	18	7
kD3	61	32	2
kD4	85	85	1
kD5 en kD6	186	144	<1
kD7, kD8, kD9	204	102	2
C1 en C2	87	128	2

1.3 Vlakdekkende vergelijking

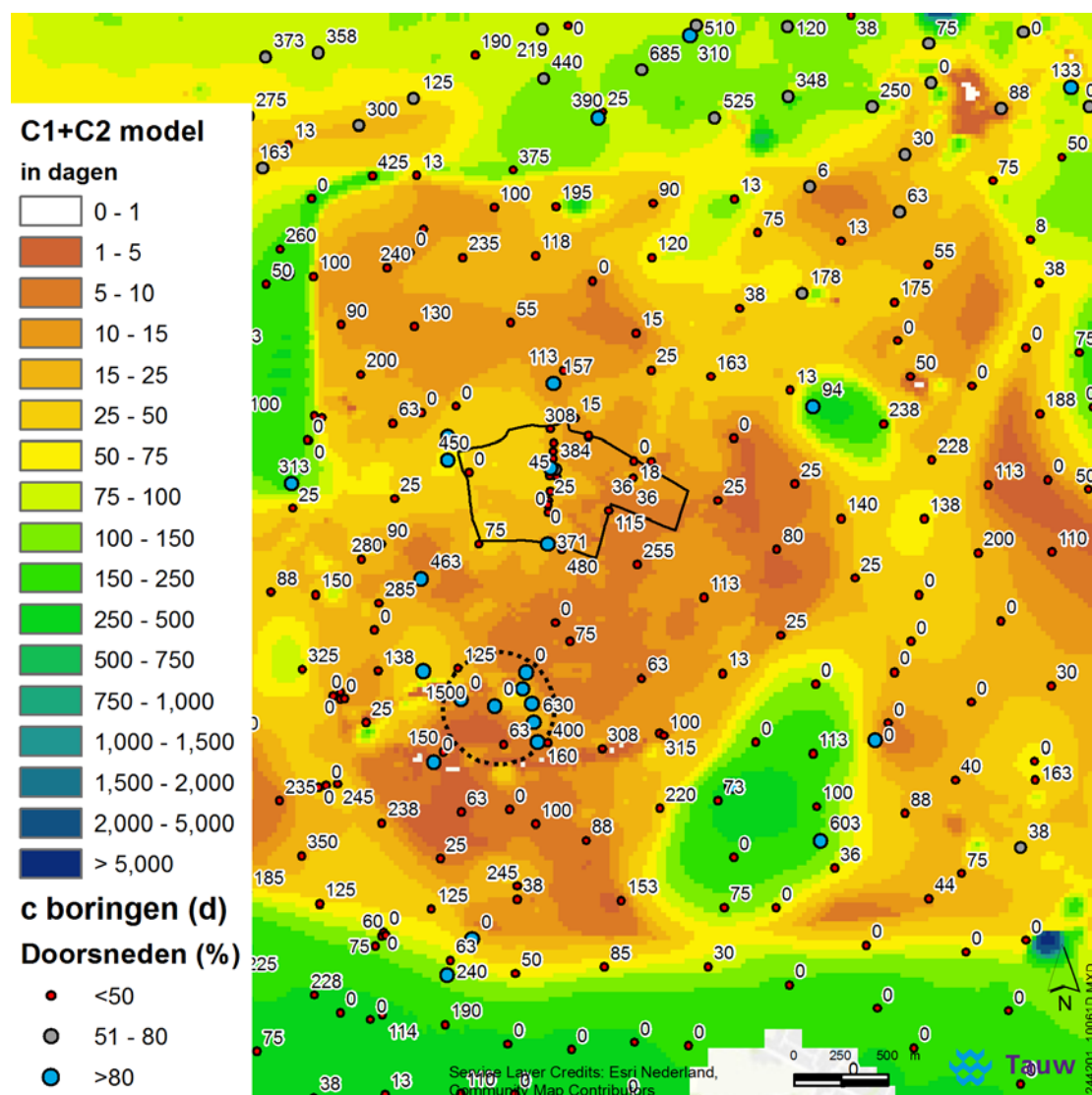
In onderstaande figuren zijn naast de bepaalde doorlatendheden en weerstanden van de boringen de weerstanden en doorlatendheden gebruikt in het model gepresenteerd. Daarnaast zijn vergelijkbare figuren gemaakt voor een vergelijking tussen de bepaalde doorlatendheden en weerstanden van de boringen en Regis2.2. De vergelijking is gemaakt per onderscheidende parameter. Op basis van deze vergelijking is besloten om de C2 in het model (Boxtel klei) te vervangen voor de C2 in Regis2.2 aangezien deze beter overeenkomt met de boringen.



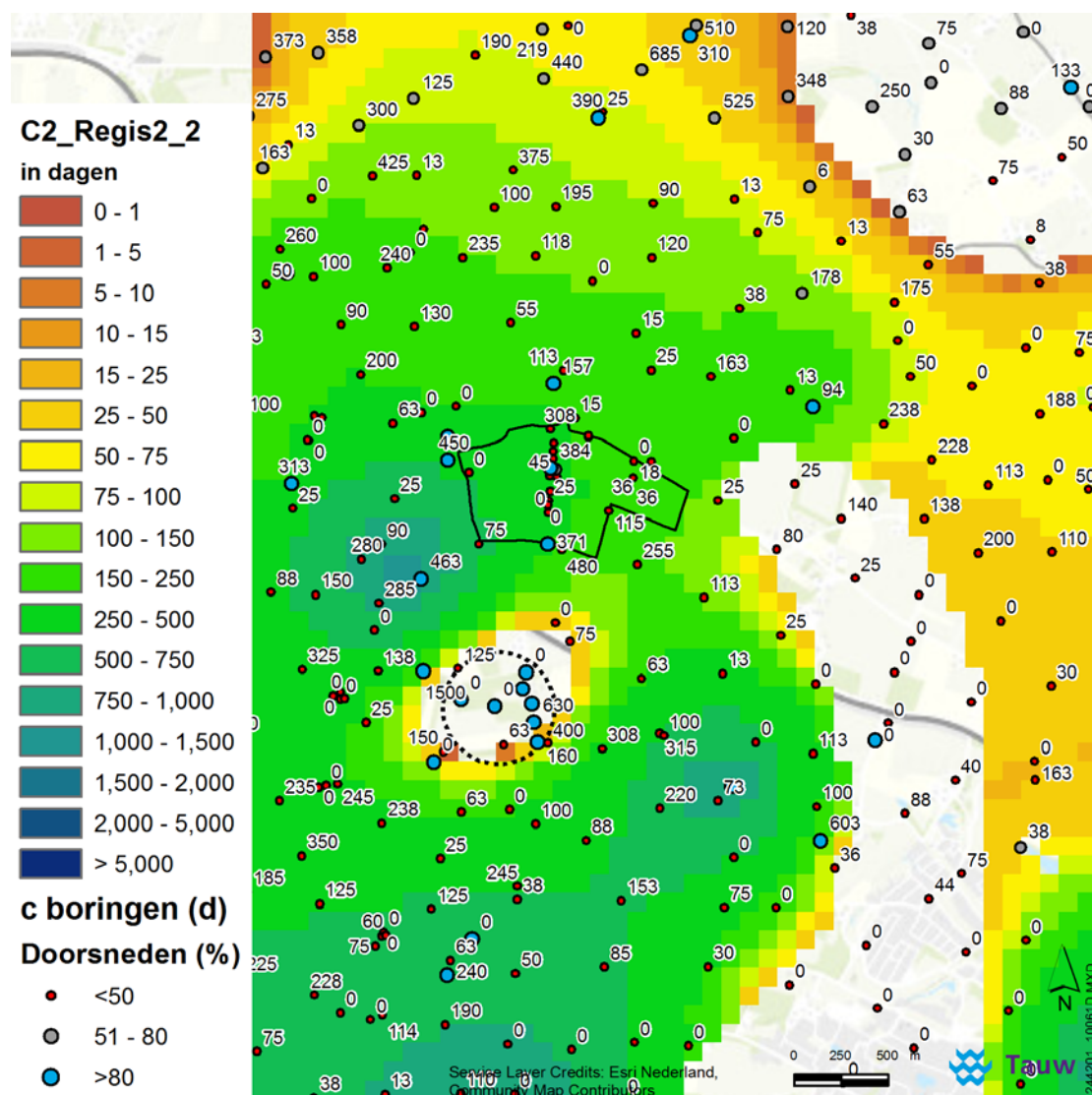
Figuur 1 kd1 en kd2 gesommeerd op basis van boringen (punten) en model (vlakdekkend)



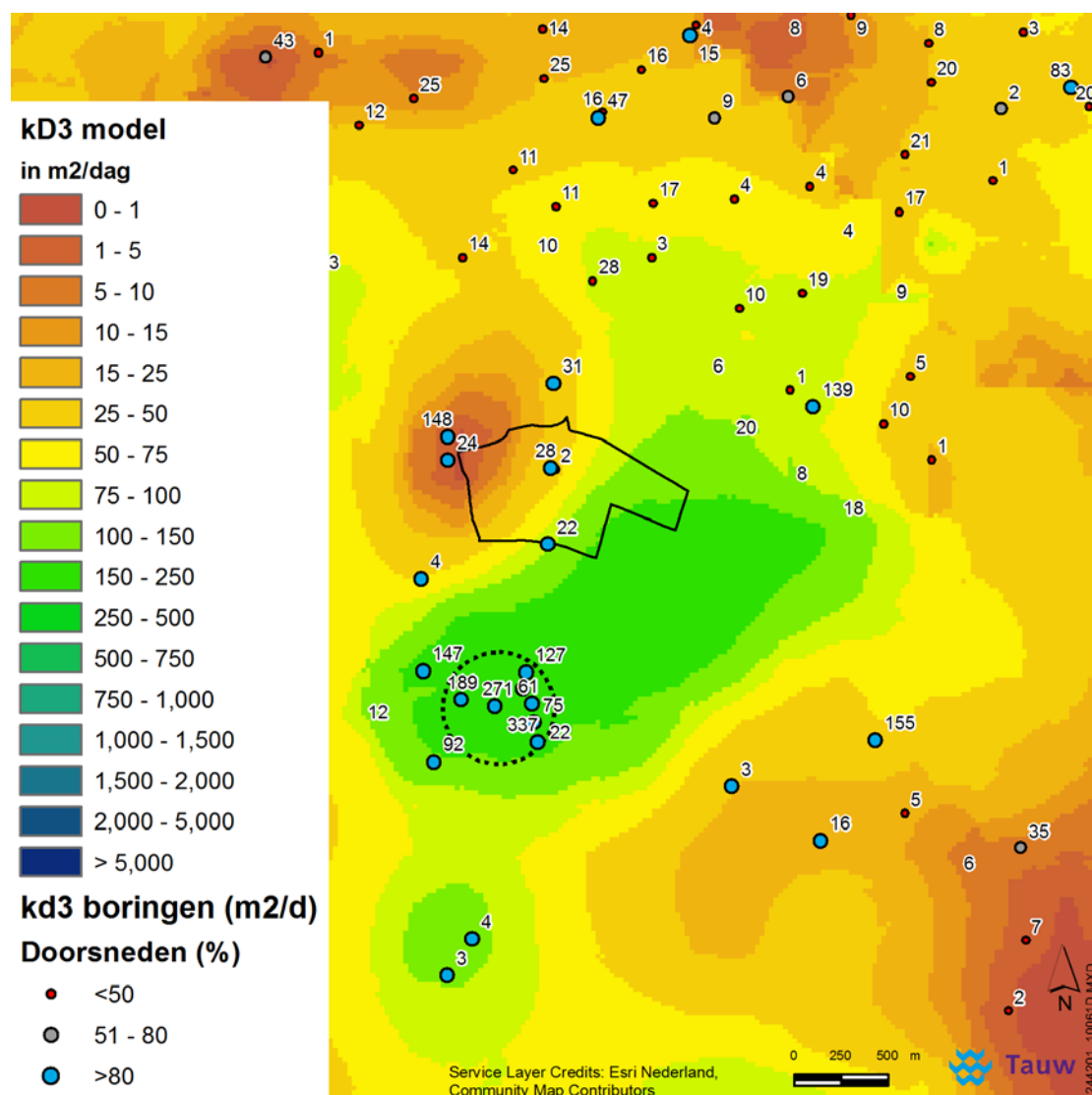
Figuur 2 kd1 en kd2 gesommeerd op basis van boringen (punten) en Regis2.2 (vlakdekkend)



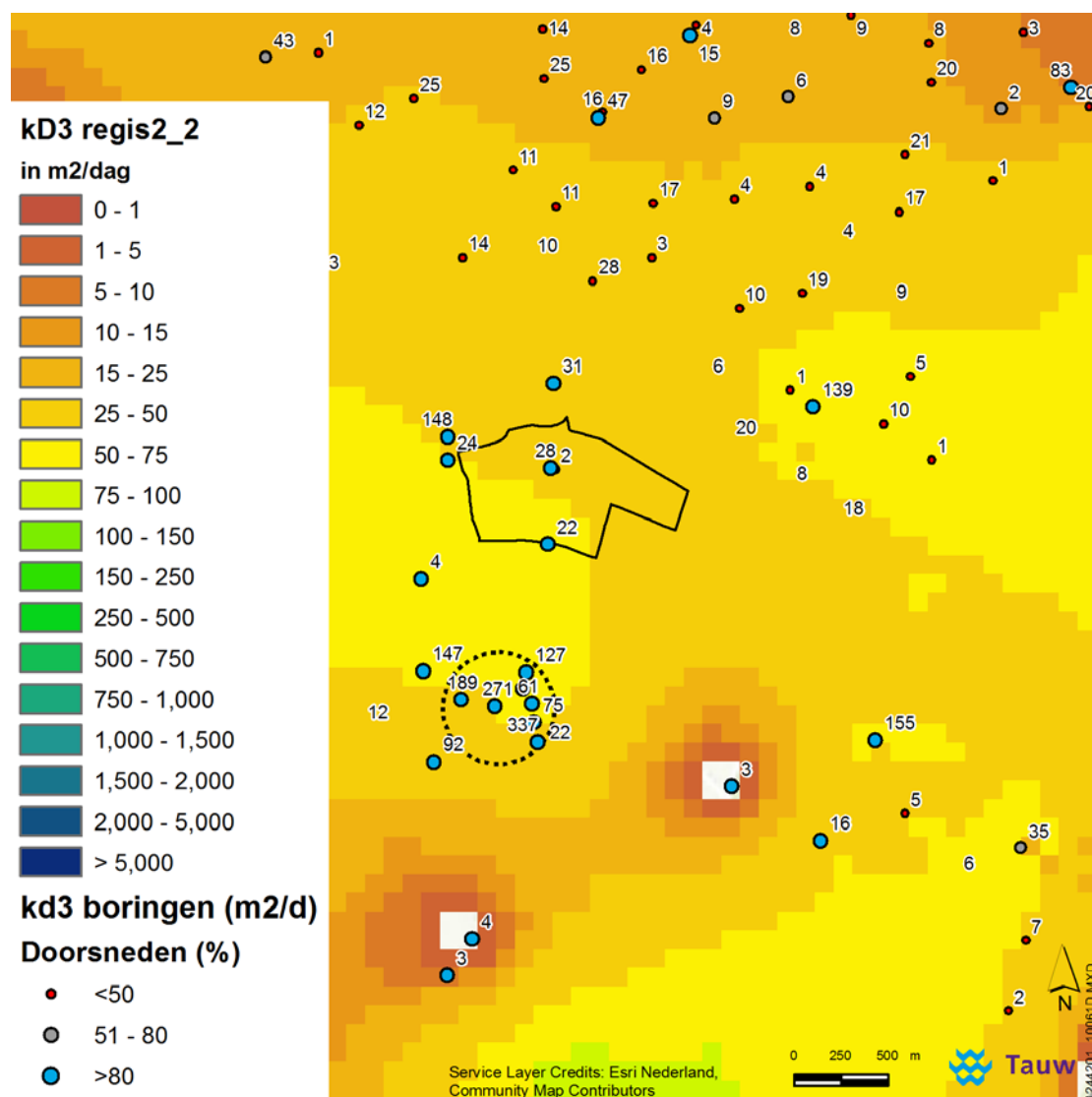
Figuur 3 C1 en C2 gesommeerd op basis van boring (punten) en model (vlakdekkend)



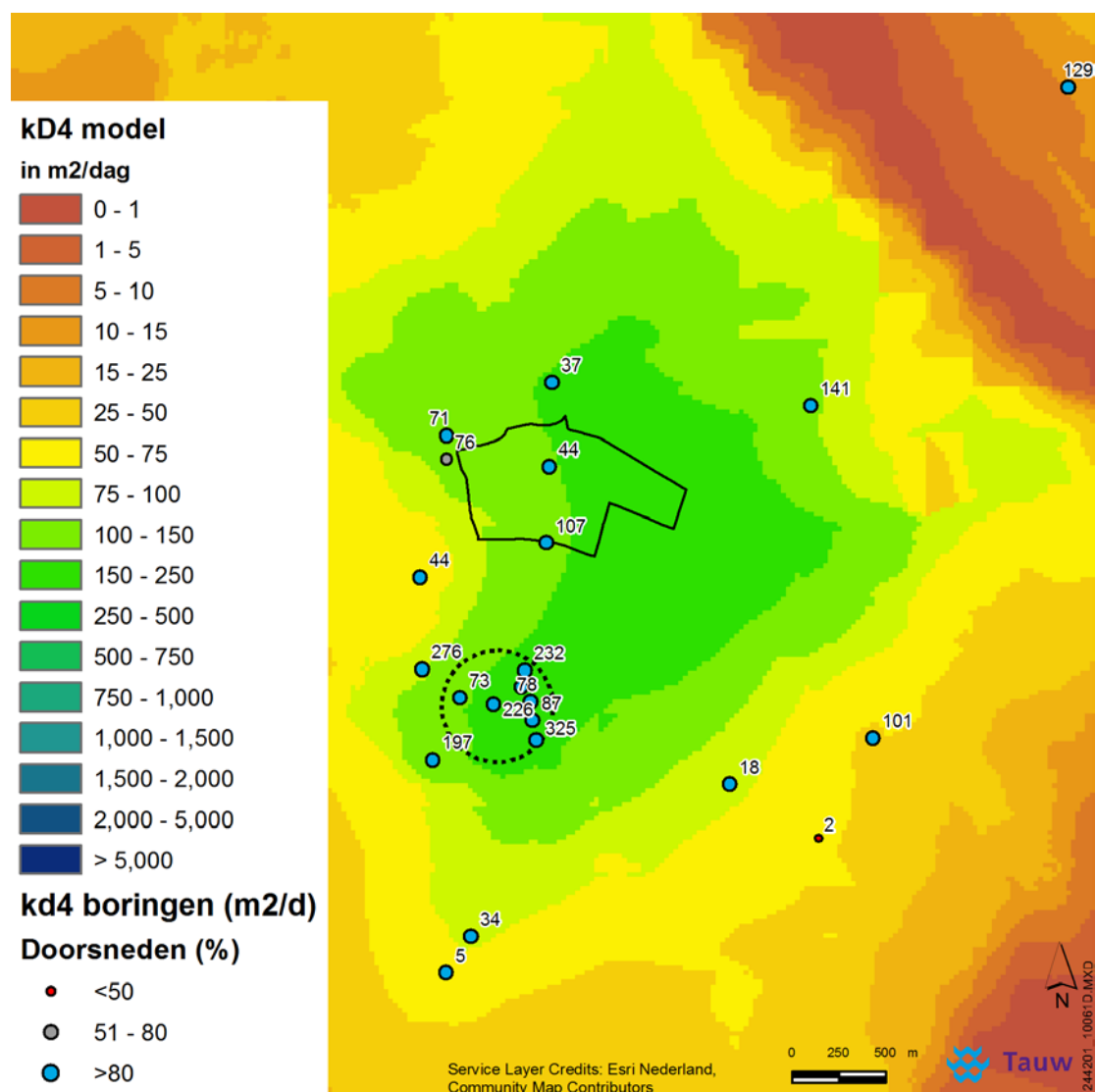
Figuur 4 C1 en C2 gesommeerd op basis van boring (punten) en Regis2.2 (vlakdekkend)



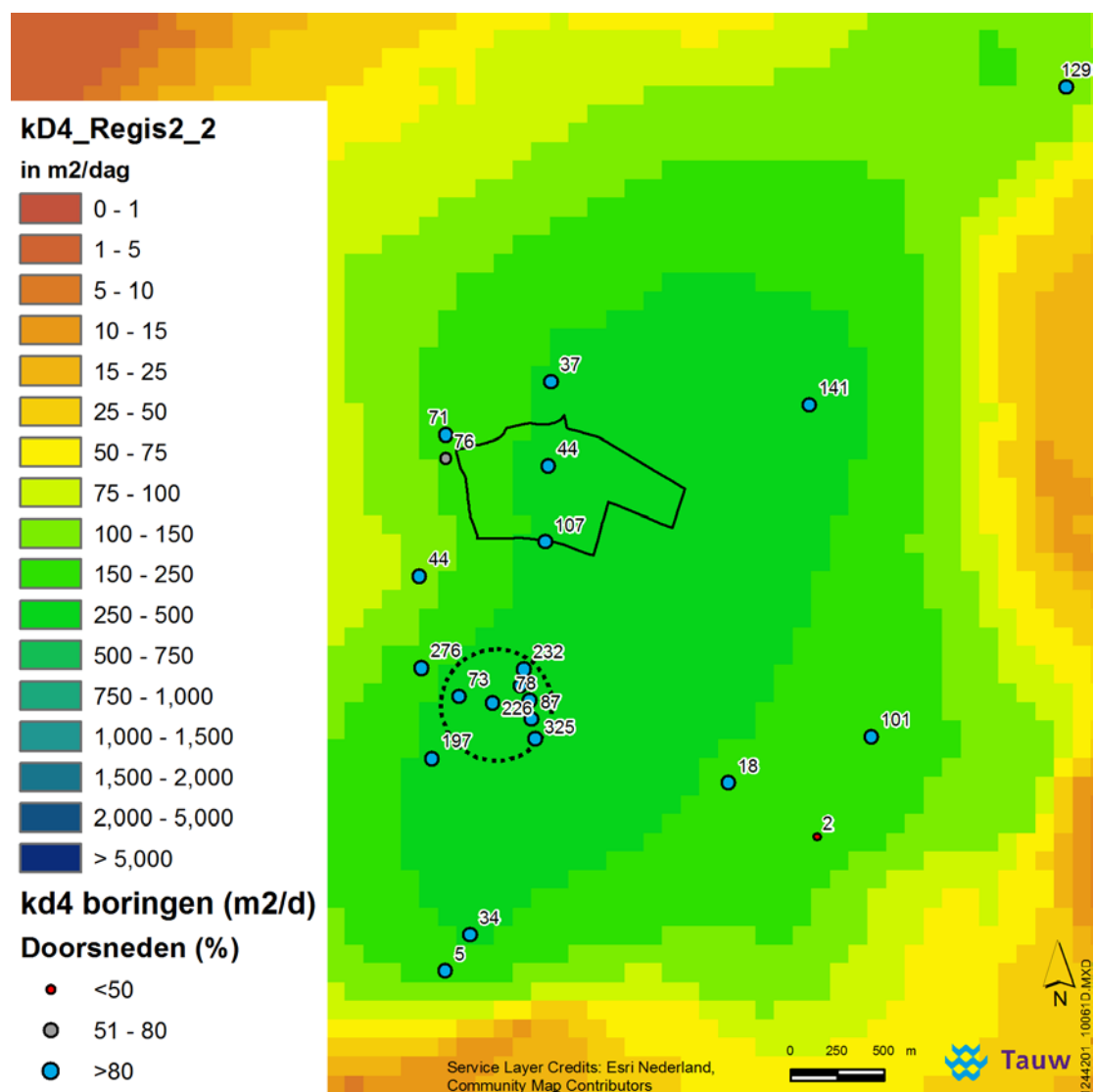
Figuur 5 kd3 op basis van boringen (punten) en model (vlakdekkend)



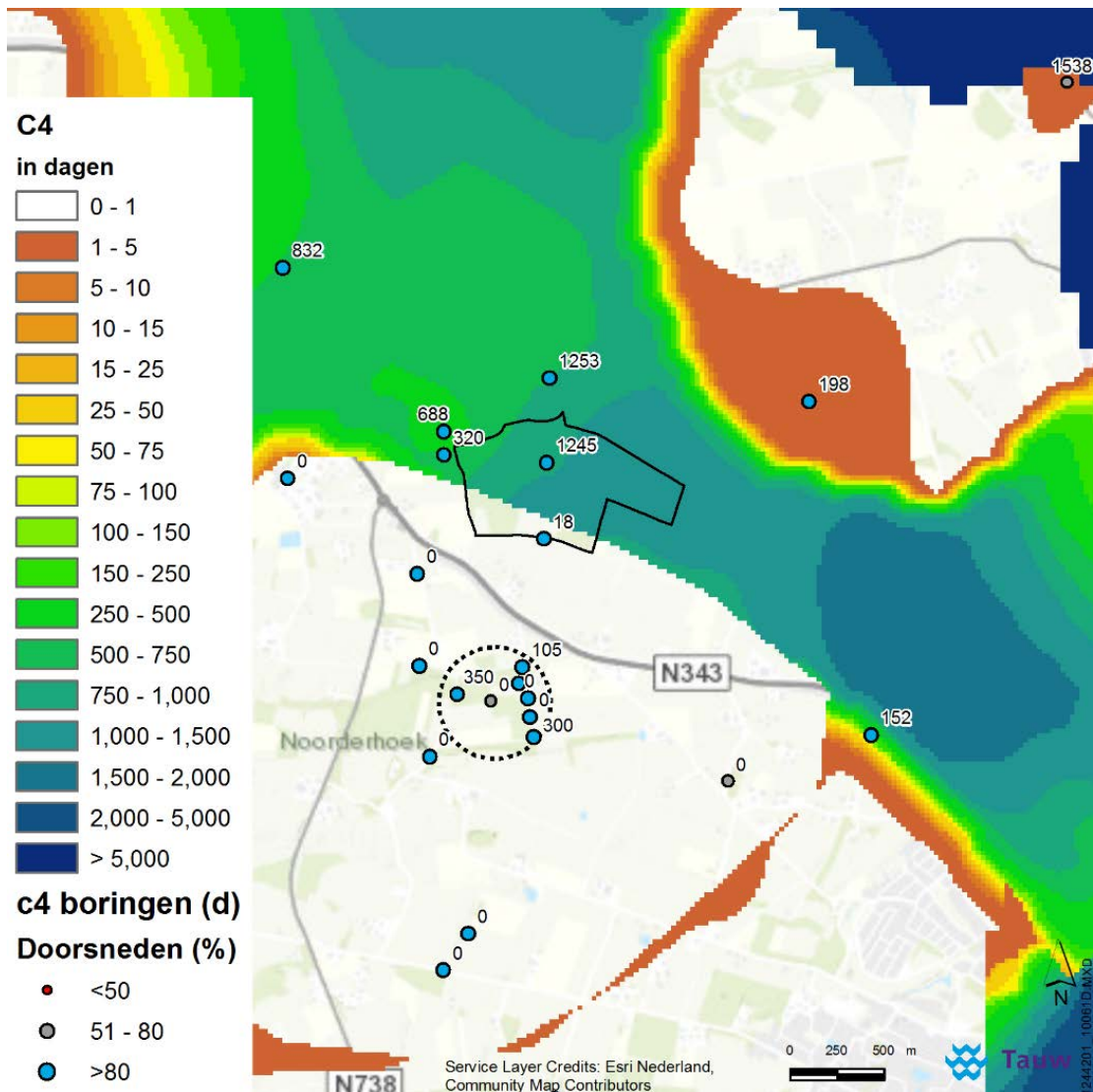
Figuur 6 kD3 gesommeerd op basis van boring (punten) en Regis.2.2 (vlakdekkend)



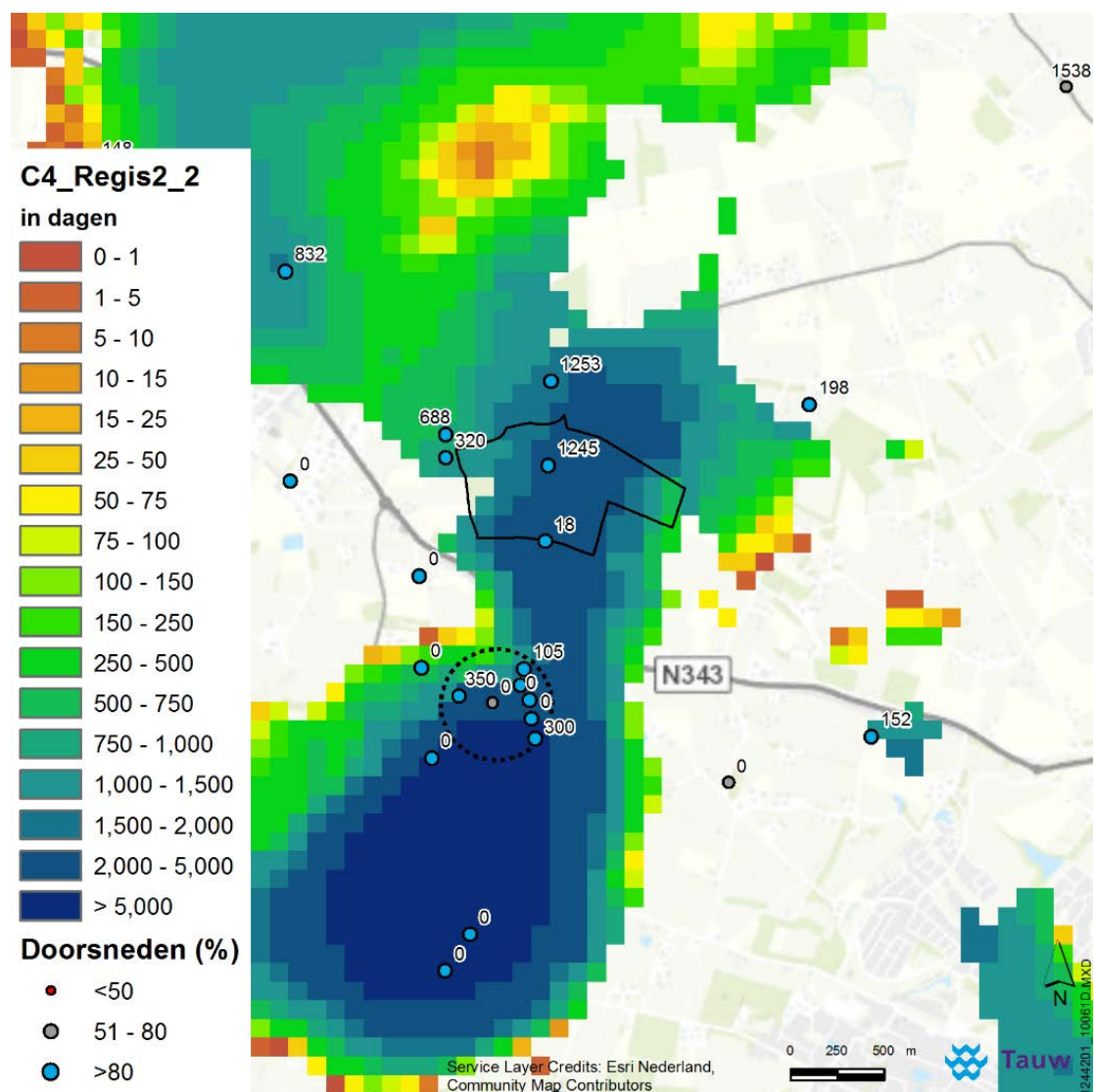
Figuur 7 kD4 gesommeerd op basis van boring (punten) en model (vlakdekkend)



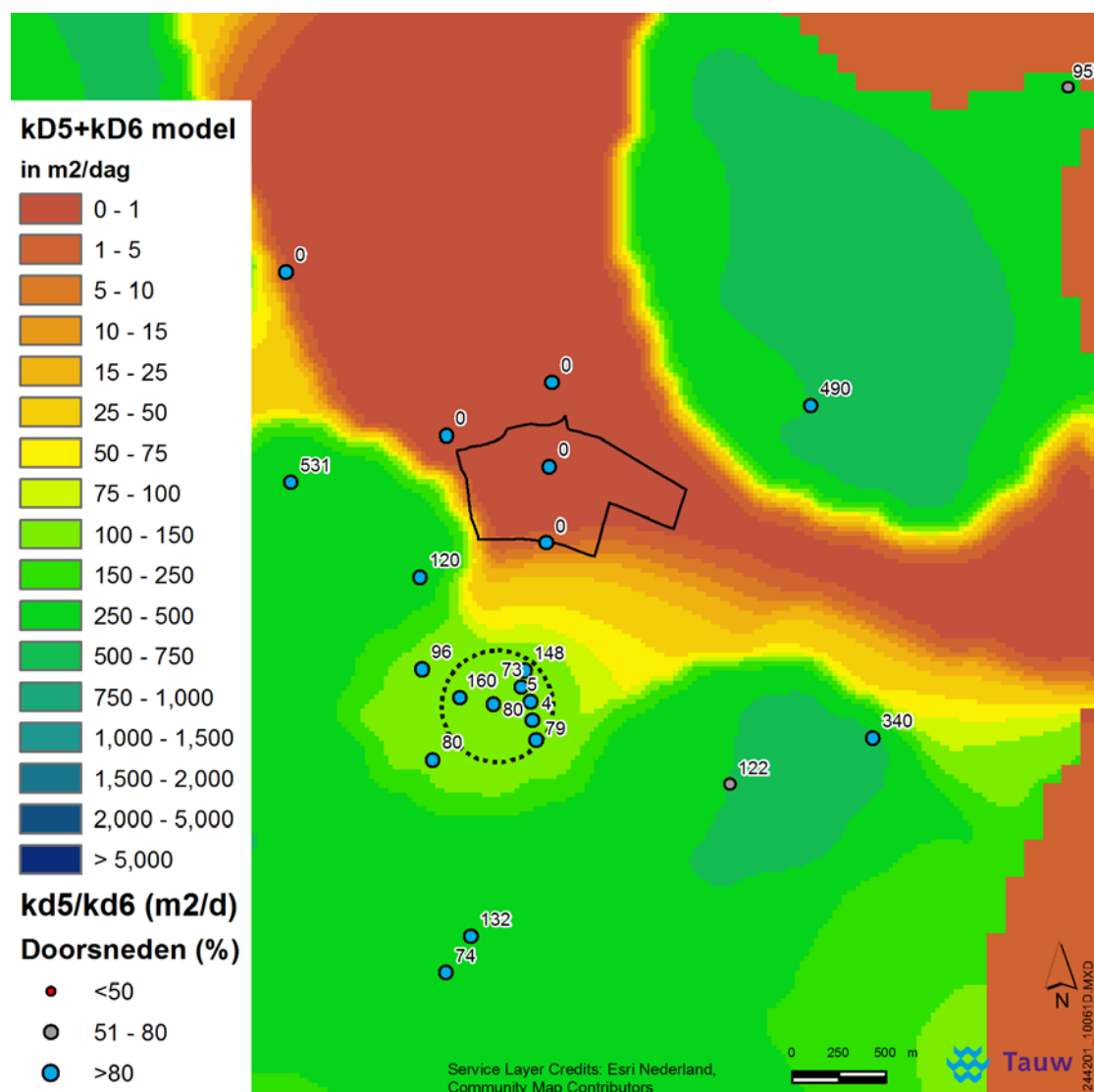
Figuur 8 kD4 gesommeerd op basis van boring (punten) en Regis2.2 (vlakdekkend)



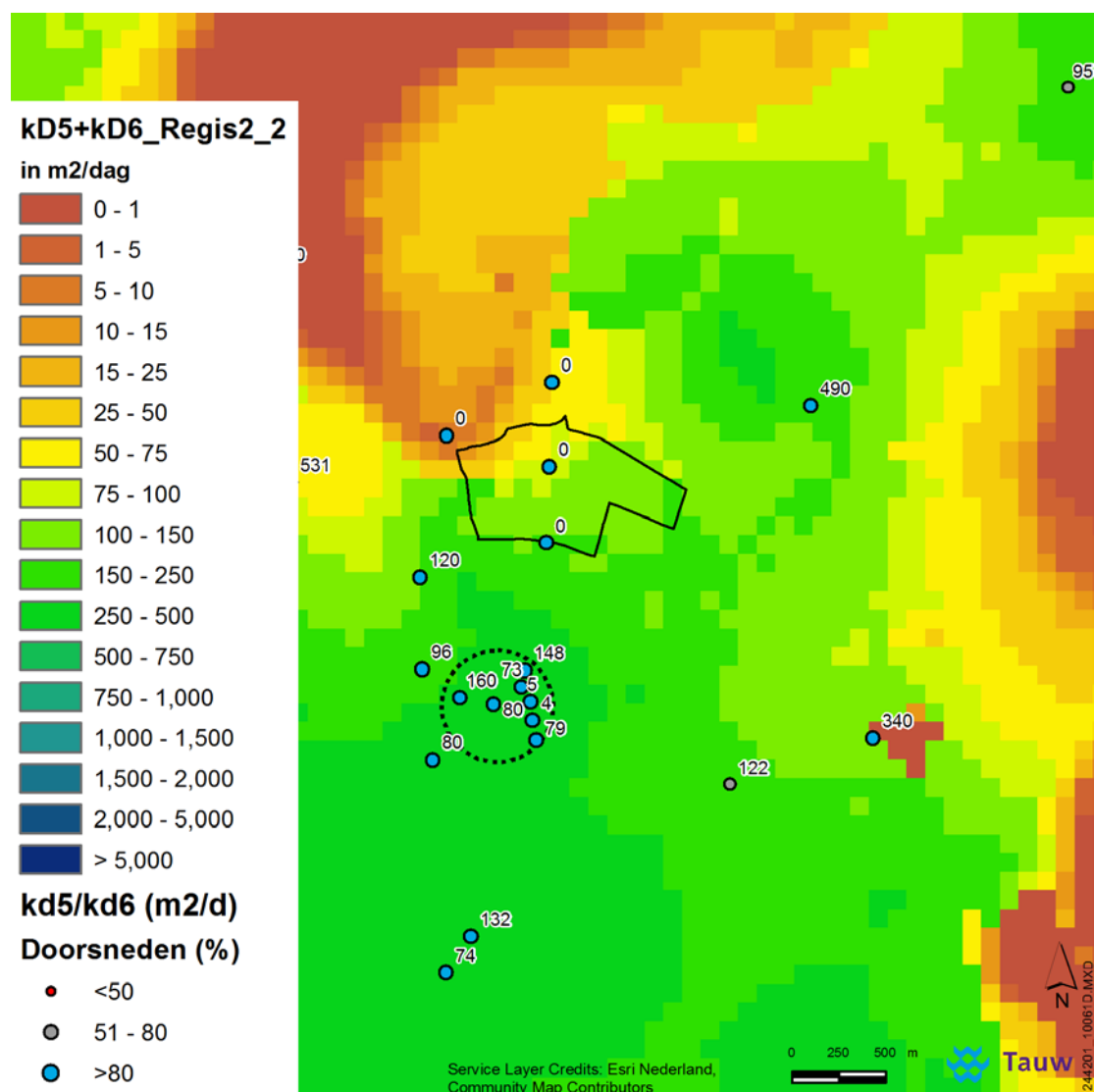
Figuur 9 C4 gesommeerd op basis van boring (punten) en model (vlakdekkend)



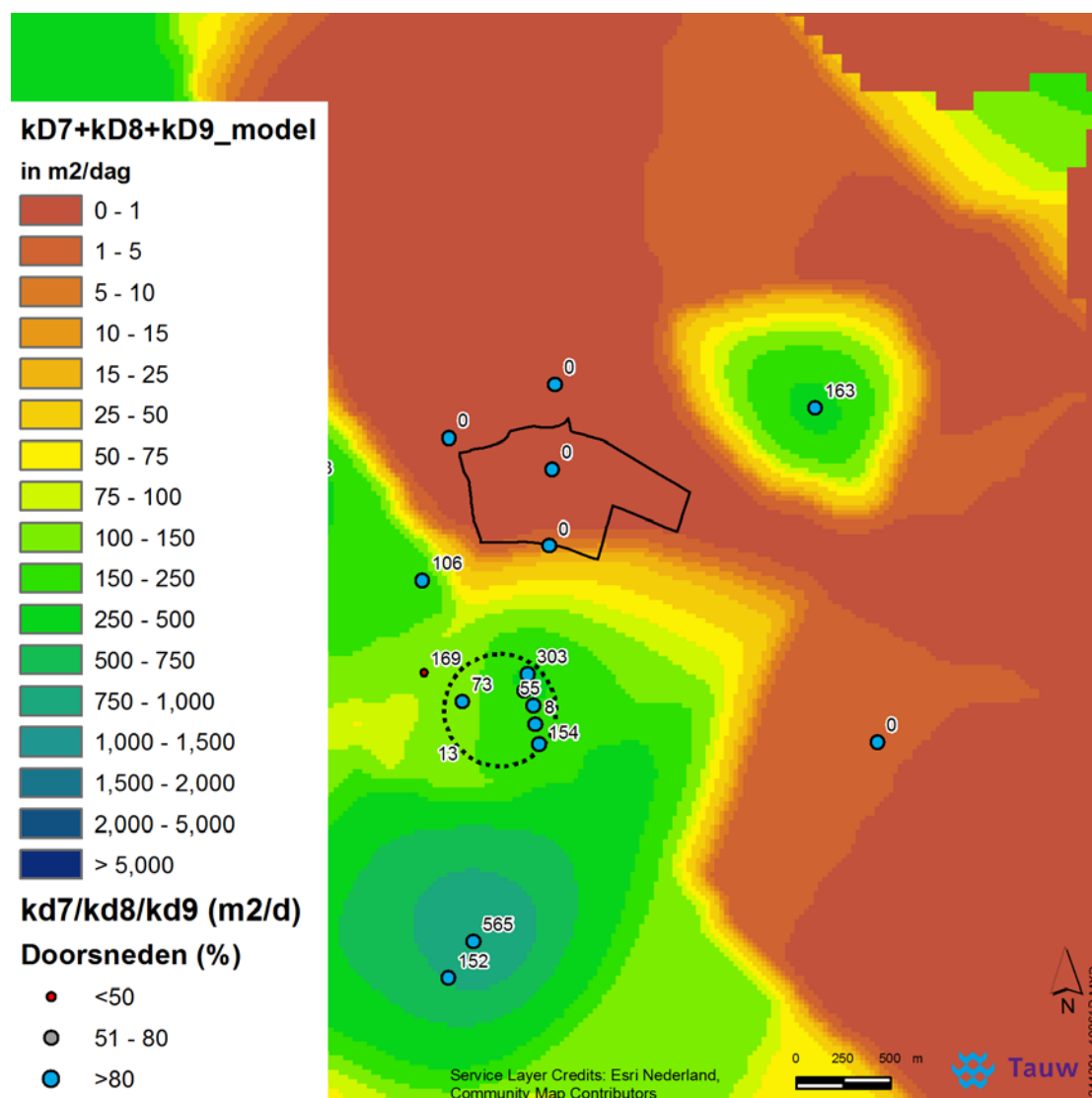
Figuur 10 C4 gesommeerd op basis van boring (punten) en Regis2.2 (vlakdekkend)



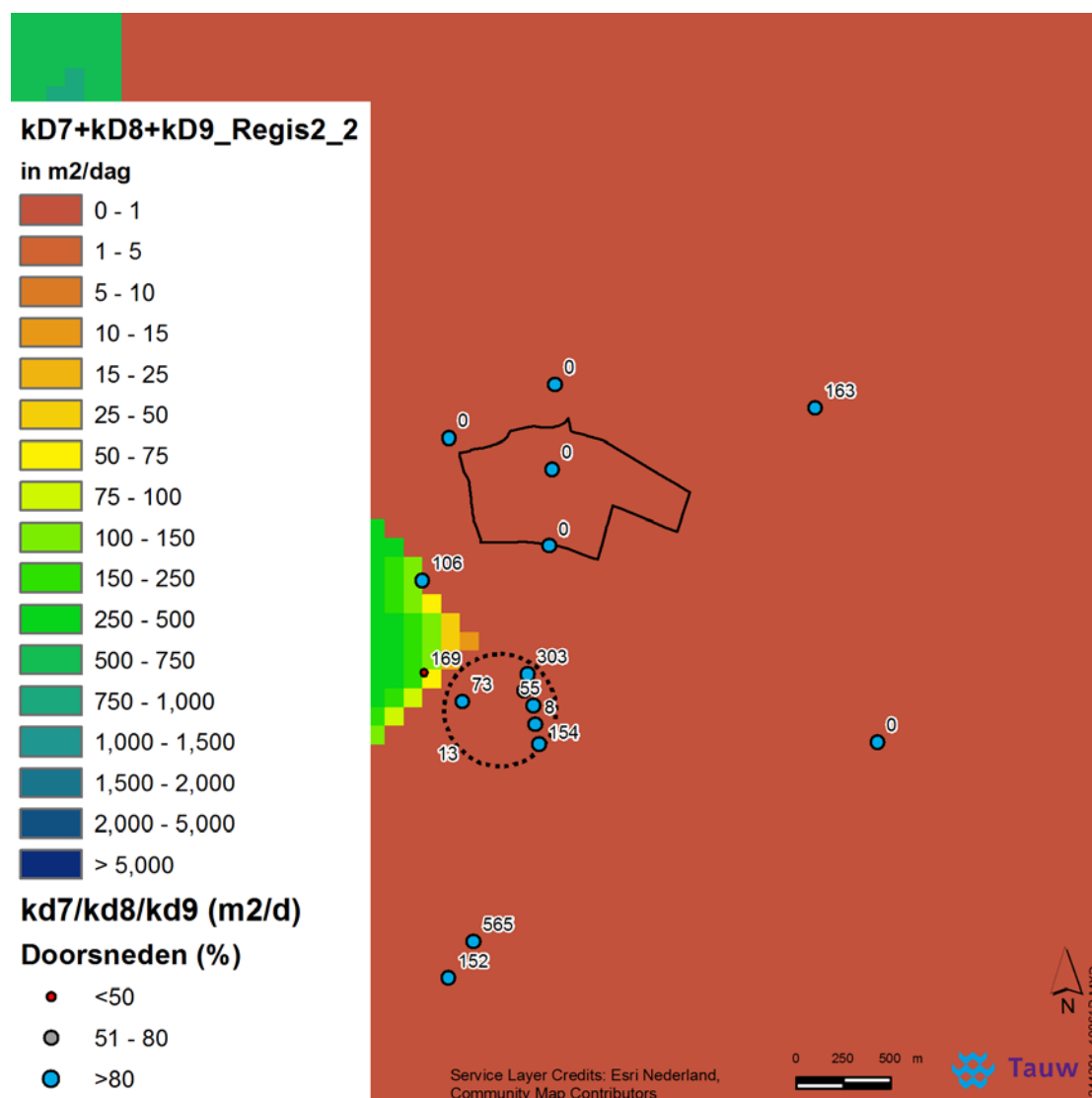
Figuur 11 kD5 en kD6 gesommeerd op basis van boring (punten) en model (vlakdekkend)



Figuur 12 kD5 en kD6 gesommeerd op basis van boring (punten) en Regis2.2 (vlakdekkend)



Figuur 13 kd7, kd8 en kd9 gesommeerd op basis van boring (punten) en model (vlakdekkend)



Figuur 14 kd7, kd8 en kd9 gesommeerd op basis van boring (punten) en Regis2.2 (vlakdekkend)