Grondwatermodelstudie Assen Oost

voor verduurzamen winning Assen Oost

SWECO

Sweco Nederland B.V.	Handelsregister 30129769		
Onderwerp	MIPWAv41 Assen Oost		
Projectnummer	51011264		
		Gecontroleerd door	?
Klant	WMD Drinkwater N.V.		
		Vrijgegeven door	?
Datum	06-01-2024		
Auteur	Emma Knecht		
Document referentie	\\sweco\nl\ams01\project\5325\51011264_mipwa_assenoost\w300 project specifieke werkpakketten\rapportage\04_eindconcept_pg\concept rapport_mipwav4 modellering assen oost 20240106.docx		

Inhoudsopgave

1. Inleiding 5
   1.1 Aanleiding 5
   1.2 Doel 6
   1.3 Werkwijze 7
   1.4 Leeswijzer 7

2. Systeemanalyse 8
   2.1 Inleiding 8
   2.2 Hoogteligging 9
   2.3 Ondergrond 11
      2.3.1 Ondergrond algemeen 11
      2.3.2 Peeloklei ter plaatse van het puttenveld 13
      2.3.3 Beekdalopvulling 16
      2.3.4 Conclusies en voorstel modelverbetering ondergrond 19
   2.4 Onttrekkingen 20
      2.4.1 Situering en omvang onttrekkingen 20
      2.4.2 Conclusies en voorstel modelverbetering onttrekkingen 22
   2.5 Oppervlaktewatersysteem 22
      2.5.1 Regionaal oppervlaktewatersysteem 22
      2.5.2 Waterstanden binnen het interessegebied 25
      2.5.3 Bodemhoogtes binnen het interessegebied 29
      2.5.4 Afvoeren 30
      2.5.5 Conclusies en voorstel verbetering oppervlaktewater model 32
   2.6 Grondwatersysteem 33
      2.6.1 Regionale grondwaterstroming 33
      2.6.2 Kwel/wegzijging 34
      2.6.3 Opbolling tussen de beekdalen 38

3. Modelactualisatie 40
   3.1 Werkwijze benodigde modelverbeteringen 40
   3.2 Actualisatie ondergrond 41
      3.2.1 Schematisatie modellagen 41
      3.2.2 Peeloformatie 41
      3.2.3 Boxtelklei1 (beekleem) 43
   3.3 Onttrekkingen 44
   3.4 Topsysteem en drainage 45
      3.4.1 Deurzerdiep 46
      3.4.2 Looner- en Taarlooschediep 46
      3.4.3 Afleidingskanaal 48

3.4.4 Havenkanaal 48
3.4.5 Verwerking verdeelwerk Loon 48
3.4.6 Buisdrainage N2000 48

4. Modelresultaat en -beoordeling MIPWAv4.1.2 Assen Oost 50
4.1 Inleiding 50
4.2 Modelresultaat 50
4.2.1 Inleiding 50
4.2.2 Grondwaterstanden t.o.v. maaiveld 50
4.2.3 Berekende stijghoogtes 51
4.2.4 Kwel/wegzijging 53
4.3 Modelbeoordeling 55
4.3.1 Validatieset 55
4.3.2 Modelstatistieken 55
4.3.3 Ruimtelijke residuen 56
4.3.4 Validatie meetreeksen watervoerend pakket 60
4.3.5 Validatie systeemwerking beekdal-flank 62
4.3.6 Validatie afvoer 68
4.3.7 Validatie habitattypen 69
4.3.8 Conclusie modelbeoordeling en geschiktheid 71

5. Verkennende scenarioberekeningen 73
5.1 Inleiding 73
5.2 Scenario's 73

6. Resultaten verkennende scenarioberekeningen 75
6.1 Inleiding 75
6.2 Effecten winscenario1: vergroten winning + injectie jaarrond 75
6.3 Effecten winscenario 2: vergroten winning + injectie alleen in winter 80

7. Conclusies en aanbevelingen 85
7.1 Conclusies 85
7.2 Aanbevelingen 86

Bijlagen

1. Ingemeten waterstanden en meetreeksen
2. Ingemeten bodemhoogten
3. Lagenmodel kD/C waarden (na actualisatie model)
4. Dikte Peeloklei interessegebied (na actualisatie)
5. Dikte beekleem interessegebied (na actualisatie)
6. Verschil bodemhoogte metingen versus MIPWA v4.2.1
7. Verschil oppervlaktewaterstanden metingen versus MIPWA v4.2.1
8. Berekende stijghoogten model (na actualisatie)
9. Kaart alle peilbuizen
10. Validatie set lange reeksen
11. Validatie set korte reeksen
12. Ruimtelijke residuen GVG en GLG

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

In verband met een toegenomen watervraag, voert de WMD diverse onderzoeken uit om Drenthe ook in de toekomst van voldoende goed drinkwater te voorzien. Eén van deze onderzoeken vindt plaats bij de winlocatie Assen Oost. Hier wordt de mogelijkheid onderzocht om met inzet van oppervlaktewater *meer* drinkwater beschikbaar te krijgen. De haalbaarheid van dit plan moet uiterlijk eind 2023 in beeld zijn, zodat WMD voldoende tijd heeft om projecten te kunnen voorbereiden en te realiseren.

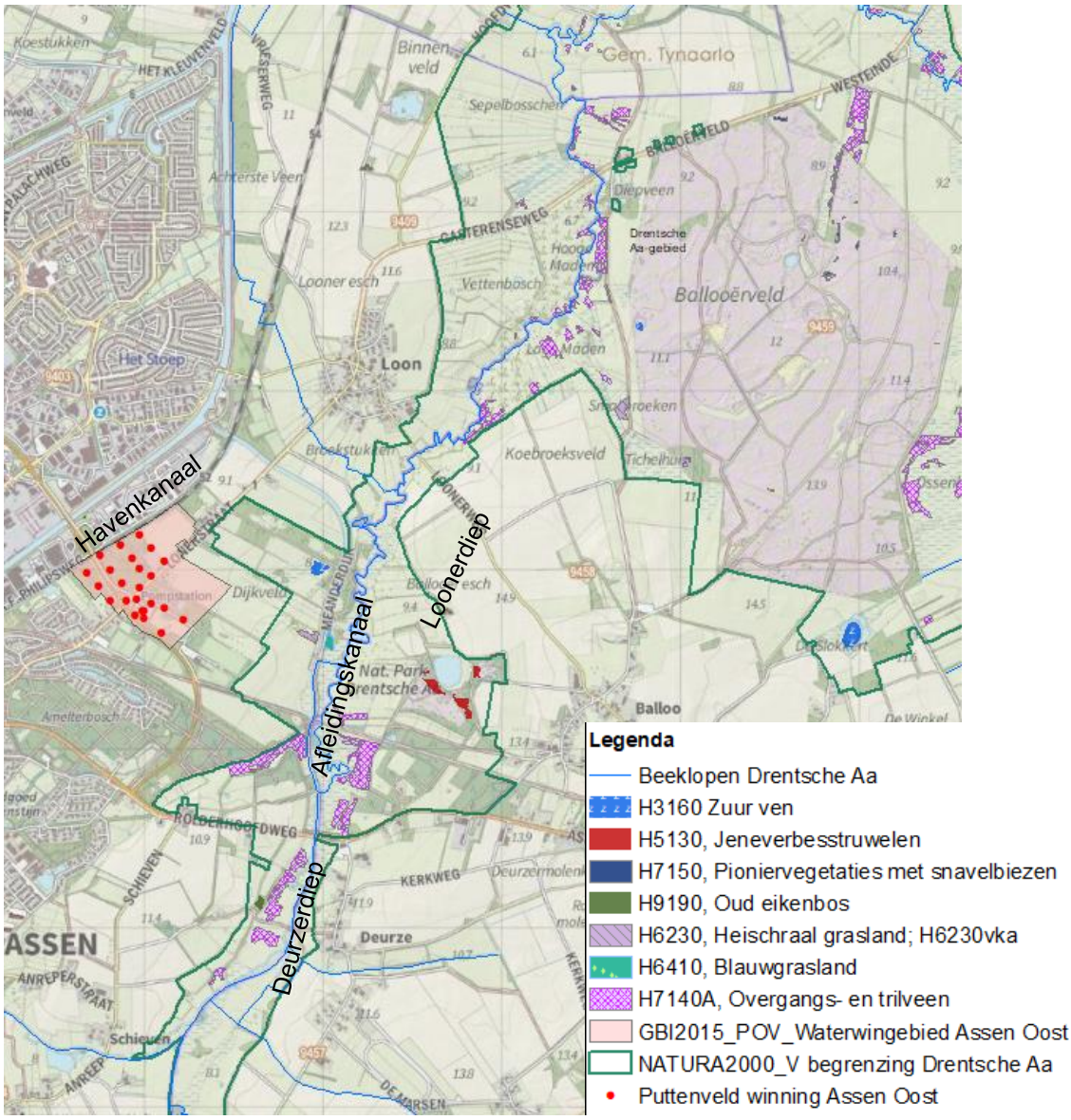
Twee trajecten zijn opgestart:

1. Onderzoek naar technieken om oppervlaktewater te gebruiken voor drinkwaterproductie, waarbij o.a. gedacht wordt aan (diep) injectie.
2. Onderzoek om de hydrologische effecten van verschillende winalternatieven in beeld te brengen, inclusief een doorvertaling naar omliggende belangen (natuur, landbouw, infrastructuur).

In dit rapport is het 2e traject: het hydrologisch onderzoek beschreven.

Vanwege o.a. de ligging van de drinkwaterwinning Assen Oost nabij het N2000 gebied Drentsche Aa wordt de huidige vergunde hoeveelheid water niet volledig onttrokken. De zorg is dat, door de grondwateronttrekking, de diepe stijghoogten en daarmee de kweldruk ter plaatse van grondwatergevoelige habitattypen in het beekdal afnemen. Door diep-injectie van oppervlaktewater uit het nabijgelegen Deurzerdiep en Afleidingskanaal kan deze stijghoogteverlaging worden voorkomen.

De locatie van het puttenveld in relatie tot de ligging van de Drentsche Aa en het Afleidingskanaal is weergegeven in Figuur 1-1.



Figuur 1-1. Ligging puttenveld in relatie tot N2000 gebied Drentsche Aa

1.2 Doel

Het doel van het hydrologisch onderzoek is tweeledig:
1. Het ontwikkelen van een gedragen grondwatermodelinstrumentarium;
2. Het doorrekenen van verschillende winscenario's om de mogelijkheden te verkennen en de effecten op omliggende belangen in beeld te brengen.

Gezien de complexiteit en heterogeniteit van de ondergrond in het Drentsche Aa gebied is het ontwikkelen van een "gedragen grondwatermodelinstrumentarium" een uitdaging. Het is daarom goed om vooraf al te definiëren waaraan een dergelijk modelinstrumentarium voor deze specifieke studie moet voldoen:

- Het model moet de werking van het hydrologisch systeem goed modelleren: dit is met name de relatie tussen het infiltratiegebied (Drents plateau), de flanken, het beekdal en de drinkwaterwinning;

- Het model is vooral geschikt om effecten van verschillende win-scenario's onderling te vergelijken;
- Het model kan de reikwijdte van effecten & stroombanen/reistijden in het bepompte pakket ruimtelijk in beeld brengen;
- Op basis van de brekende effecten bepalen (conceptueel) hoe, en grofweg in welke gebieden, deze effecten kunnen doorwerken naar het freatische grondwater/ wortelzone.

Het model kan naar verwachting geen uitspraken doen over effecten in de wortelzone op perceel- of standplaats-niveau. Daarvoor is de ondergrond te heterogeen.

1.3 Werkwijze

Vertrekpunt voor de modellering is het recent opgeleverde MIPWA 4.1.2 modelinstrumentarium *en* de workflow voor het MIPWA v4 model voor het Rolderdiep. In deze workflow, die recent in opdracht van Prolander is gebouwd, zijn t.o.v. het MIPWA v4 moedermodel al diverse verbeteringen doorgevoerd ten aanzien van de ondergrond en het watersysteem.

Dat betekent helaas niet dat het model al klaar ligt om scenario's mee door te rekenen voor de winning Assen Oost: Inmiddels is duidelijk dat de ondergrond *ter plaatse* van het puttenveld Assen Oost niet goed in het model zit. Ook zijn de, met dit model berekende, stijghoogten en kwel/wegzijging (potentiaalverschillen) nog niet goed genoeg om betrouwbare effecten te bepalen. Een verdere verbetering van het model is daarom noodzakelijk.

Het MIPWA model is opgebouwd uit regionale beschikbare datasets, welke lokaal voor deze studie verfijnd dienen te worden. Het oppervlaktewatersysteem in dit gebied dateert verder uit circa 2012 en moet geactualiseerd worden. Op basis van onze ervaringen met andere modelstudies in de Drentse Aa is deze studie ingedeeld in vier fasen:

Fase 1: Een hydrologische systeemanalyse van het mogelijke invloedgebied;
Fase 2: Het actualiseren en verfijnen van het MIPWA v.4.1.2 moedermodel;
Fase 3: Het valideren en zo nodig verder optimaliseren van de modelinvoer;
Fase 4: Het uitvoeren van verkennende scenario berekeningen.

Aan het eind van elke fase heeft een Go-No Go afweging plaatsgevonden, waarin zo nodig de werkzaamheden zijn bijgesteld.

In onderstaande hoofdstukken zijn deze werkzaamheden per fase nader beschreven.

1.4 Leeswijzer

H2. Fase 1: Hydrologische systeemanalyse van het mogelijke invloedgebied
H3. Fase 2: Het actualiseren en verfijnen van het MIPWA v.4.1.2 moedermodel;
H4. Fase 3: Resultaten en validatie van het geactualiseerde basismodel;
H5. Fase 4: Beschrijving verkennende scenarioberekeningen;
H6. Fase 4: Resultaten verkennende scenarioberekeningen;
H7. Conclusies en aanbevelingen voor het vervolg.

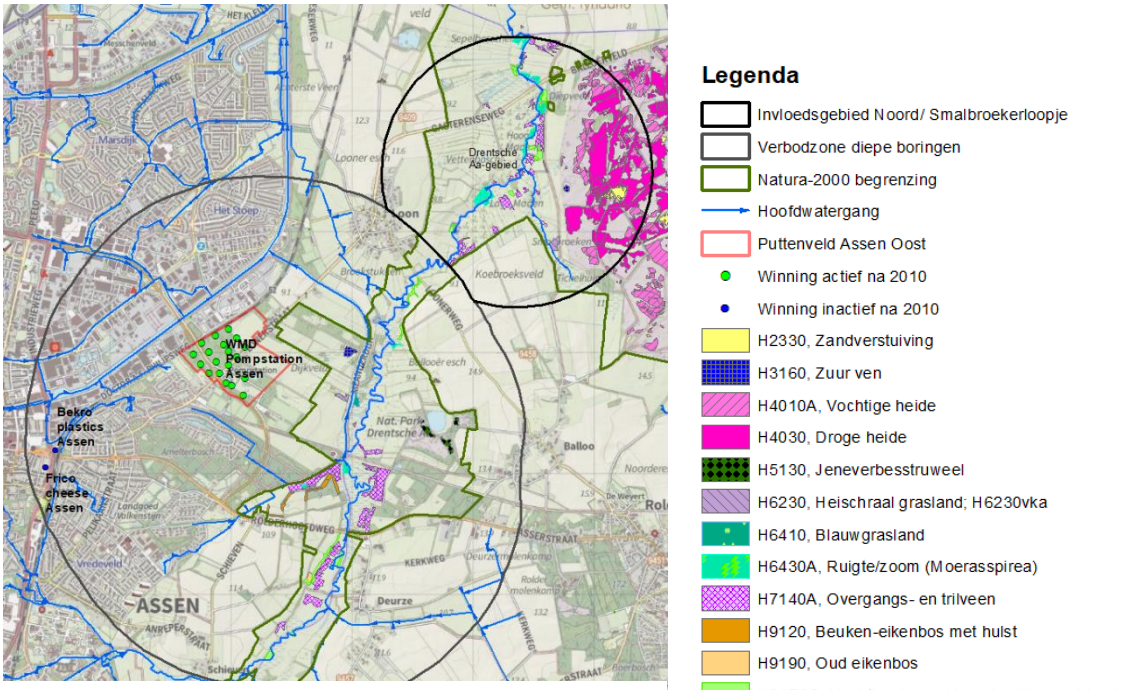
2. Systeemanalyse

2.1 Inleiding

Stap één voor het verbeteren van het MIPWA grondwatermodel is begrijpen hoe het (geo)hydrologisch systeem in het mogelijke invloedgebied functioneert. Dit inzicht wordt verkregen door een analyse van beschikbare meetgegevens.

De systeemanalyse is uitgevoerd voor het interessegebied waar op basis van eerdere studies mogelijk een effect van de drinkwaterwinning wordt verwacht (Figuur 2-1). Dit gebied betreft:

A. Verbod zone diepe boringen uit het gebiedsdossier grondwaterwinning Assen Oost (RHDHV,2019, de onderste cirkel);
B. Een zone ten noordoosten hiervan en dan vooral het beekdal van het Smalbroekerloopje (Technische afronding onderzoek waterwinning Assen (fase 3), Iwaco 2004). Hier ontbreekt volgens deze studie de Potklei en kunnen diepe effecten van de winning doorwerken tot in het freatische grondwater (de bovenste kleinere cirkel).



Figuur 2-1.Interessegebied systeemanalyse

De focus bij de systeemanalyse lag daarbij op de volgende aspecten:

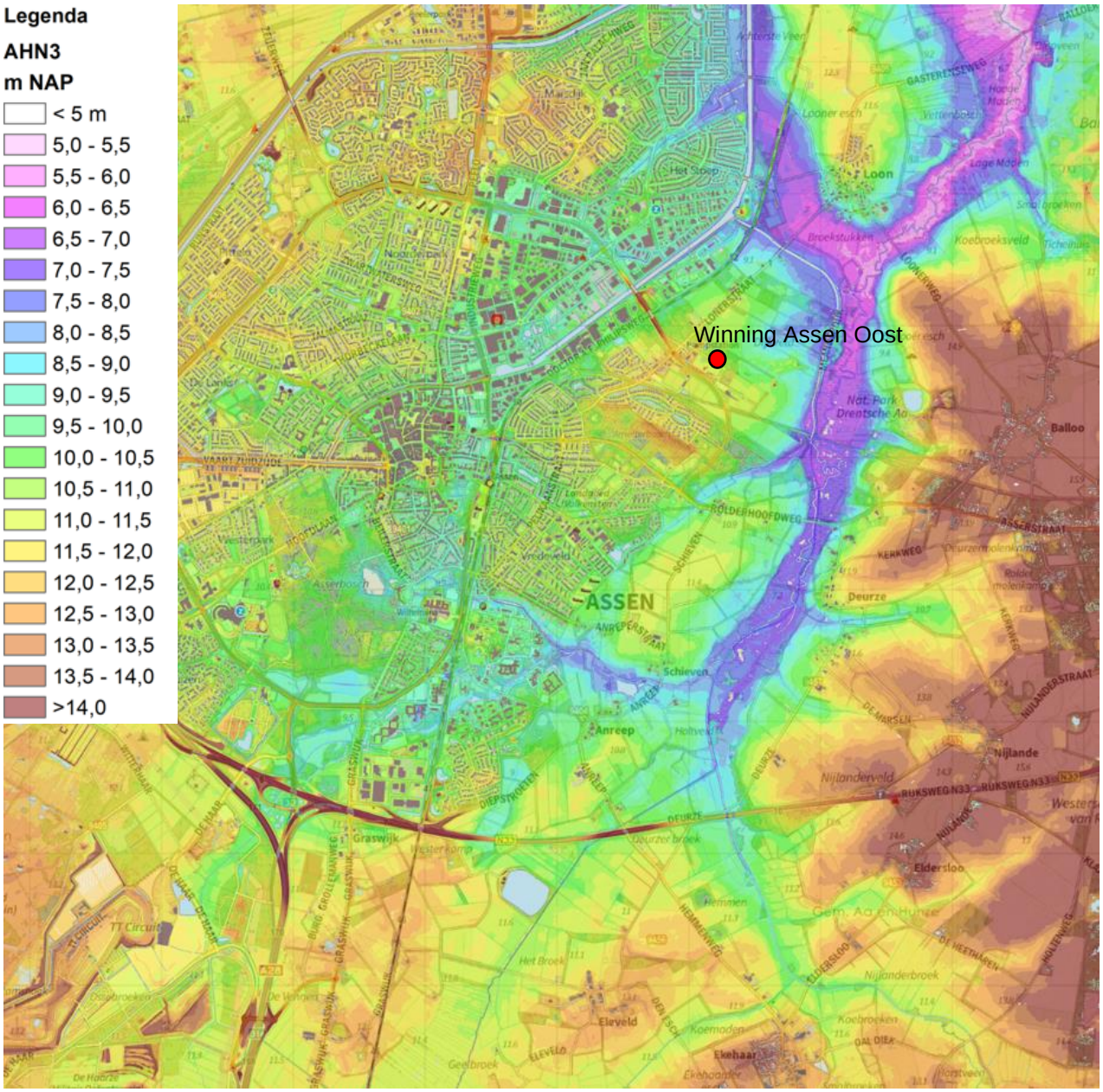
1. De ondergrond (paragraaf 2.3);
2. Onttrekkingen (paragraaf 2.4);
3. Oppervlaktewatersysteem & buisdrainage (topsysteem) (paragraaf 2.5);
4. Stijghoogten, grondwaterstroming en kwel/wegzijging (paragraaf 2.6).

Ter introductie wordt eerst een algemene gebiedsbeschrijving gegeven (paragraaf 2.2), waarna bovengenoemde aspecten één voor één zijn behandeld.

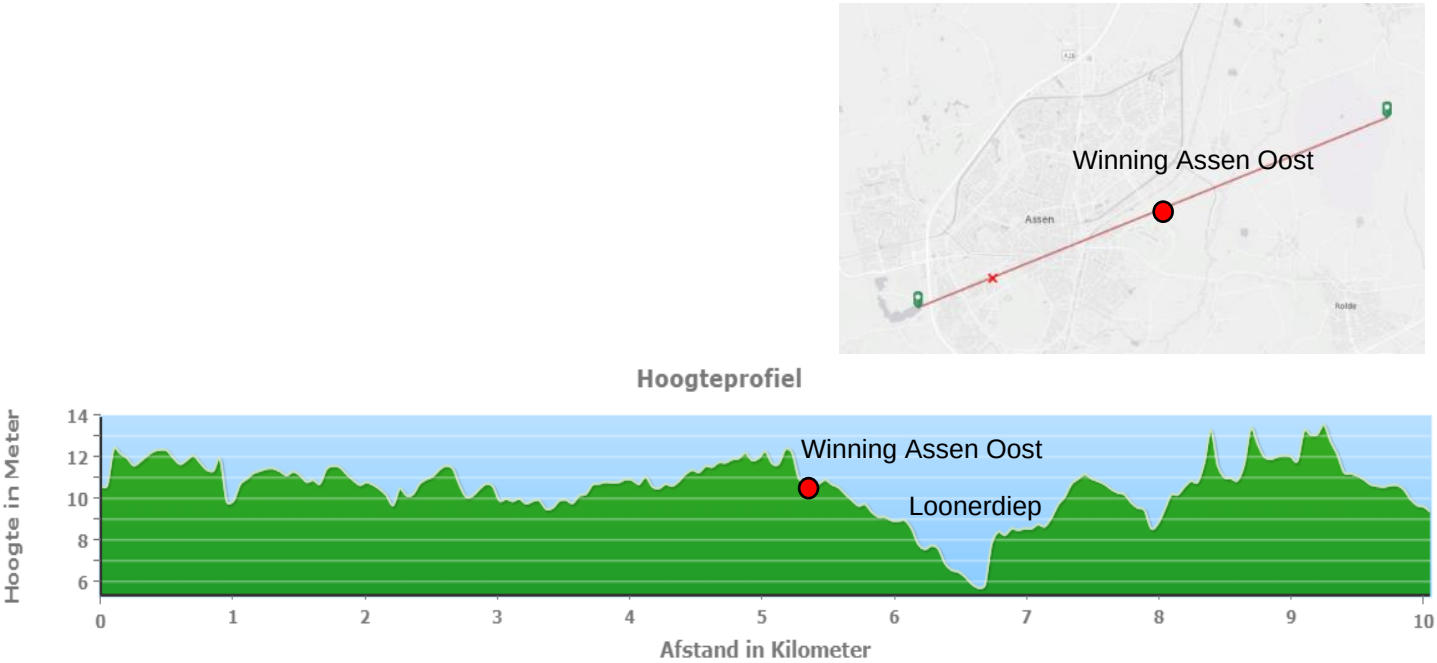
Aan de hand van de uitgevoerde systeemanalyse is het beschikbare MIPWA model beoordeeld en is in dit hoofdstuk al een advies gegeven (op hoofdlijnen) voor de benodigde verbeteringen/actualisatie van het model. In het hoofdstuk modelbouw zijn deze verbeteringen technisch uitgewerkt.

2.2 Hoogteligging

De winning Assen Oost ligt aan de noordrand van het Drents plateau en hoog op de flank van het beekdal van het Loonerdiep. In Figuur 2-2 is het maaiveld (AHN3) van de winning en omliggende gebieden weergegeven . In Figuur 2-3 is een hoogteprofiel op basis van dezelfde AHN3 weergegeven. Hier is te zien dat het grootste deel van het gebied langs het profiel boven de 10 m NAP ligt met uitschieters tot boven de 13 m NAP. Het beekdal ligt meer dan 4m lager op ca 6 m NAP. Tussen het puttenveld en het Loonerdiep, onderaan de flank, ligt het Afleidingskanaal.



Figuur 2-2 Maaiveldhoogtes omgeving Assen



Figuur 2-3 AHN3 Hoogteprofiel

2.3 Ondergrond

In deze paragraaf is eerst een algemeen beeld gegeven van de ondergrond met de belangrijkste weerstandbiedende en watervoerende lagen in dit gebied. Vervolgens is ingezoomd op de Peeloformatie en de Boxtelformatie (beekleem); uit ervaring van andere studies blijkt dat deze twee formaties van wezenlijk belang zijn voor de hydrologische relatie tussen het beekdal en de flanken/ruggen (lit: 'Drentsche Aa SkyTEM-lagenmodel, Sweco 2021 en de modellering Rolderdiep, Sweco, 2022).

2.3.1 Ondergrond algemeen

Van jong naar oud (ondiep naar diep) ziet de opbouw van de ondergrond er als volgt uit:

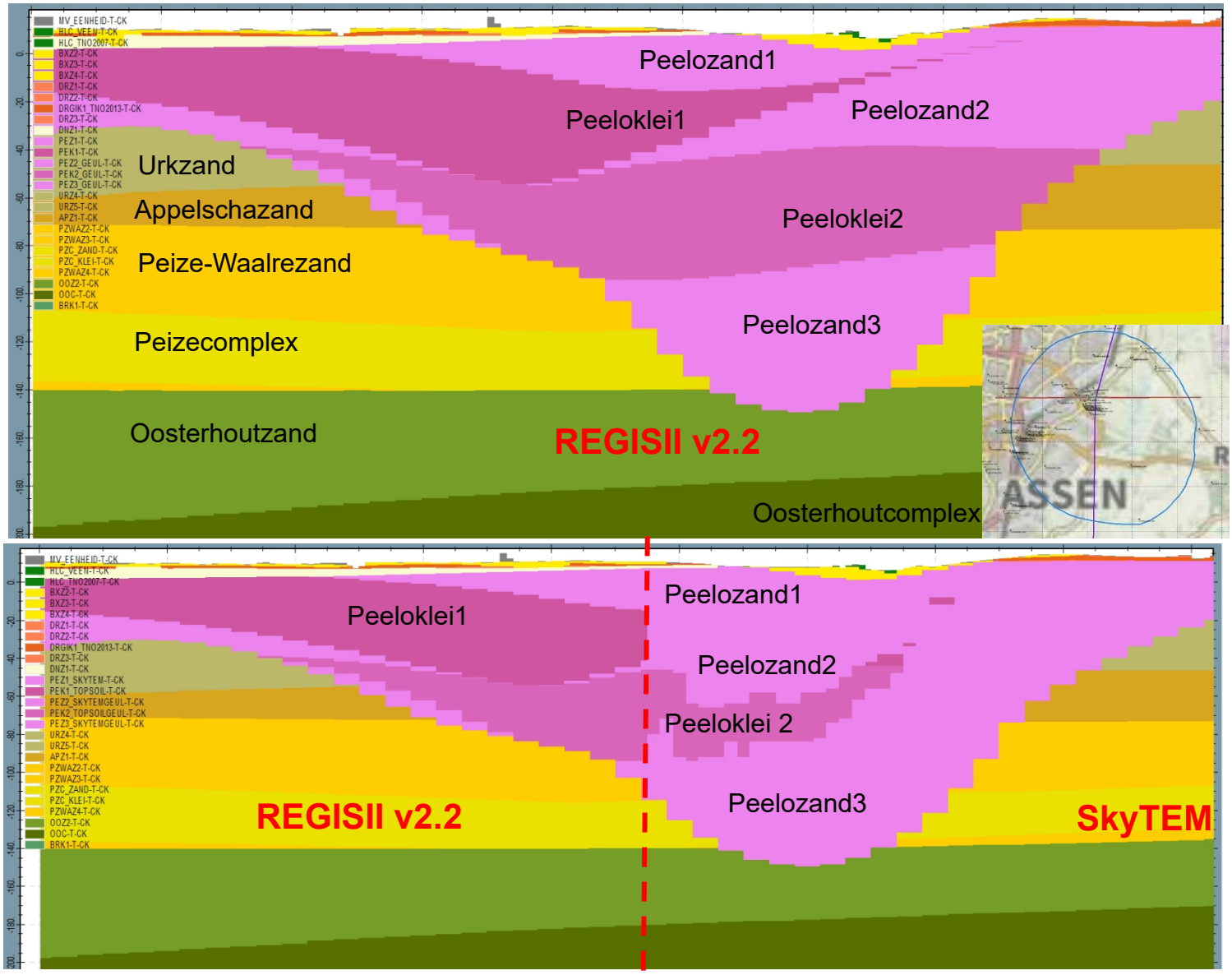
1. ***Ondiepe ondergrond t/m de keileem***
   Aan de westkant van het wingebied is een laag keileem (formatie van Drenthe, laagpakket van Gieten, DRGIk1) aanwezig van maximaal enkele meters dik. Onder deze keileem ligt een laag periglaciale zanden van de Drachtenformatie. Aan de westkant van het wingebied liggen periglaciale dekzanden (formatie van Boxtel) op de keileem terwijl deze aan de oostkant direct op de onderliggende Peeloformatie liggen. In het beekdal van het Loonerdiep liggen lokaal holocene afzettingen en komt ondiep beekleem (Boxtelklei1) voor.
2. ***Peeloformatie***
   Onder de Boxtel of Drachten formatie ligt de Peeloformatie. Deze laag varieert sterk in dikte van ongeveer 15 m tot 150 m. Lokaal ligt de

Peeloformatie bijna aan maaiveld maar er zijn ook plekken waar deze zo'n 12 m -mv begint. De top van deze formatie bestaat langs het getoonde profiel deels uit fijne Peelozanden (PEz1) en deels uit vaste potklei (PEk1). Deze potklei is langs het hele profiel aanwezig en varieert van een dun kleilaagje tot een ruim 40 meter dikke vrijwel waterondoorlatende laag. Onder deze potklei ligt langs bijna het gehele profiel Peelozand (PEz2). Lokaal wordt deze laag gescheiden van het onderliggende Peelozand (PEz3) door een tweede kleilaag (PEk2).

3. ***Watervoerend pakket tussen Peeloformatie en Peizecomplex***
   Afhankelijk van de mate van insnijding en opvulling van de tunneldalen, ligt er een groot watervoerend pakket onder de Peeloformatie bestaande uit grove rivierzanden uit de Urkformatie, Appelschaformatie en Peize-Waalreformatie. Onder het tunneldal bij de winning is dit pakket afwezig maar ten oosten en westen van het tunneldal heeft dit pakket een dikte van ruim 90 m. Lokaal is wat Urkklei aanwezig tussen de Urkzanden, en Peizeklei tussen de Peize-Waalrezanden.
4. ***Peizecomplex tot de Geohydrologische basis***
   Het grote watervoerende pakket wordt aan de onderzijde begrensd door het Peizecomplex wat bestaat uit grovere, fluviatiele afzettingen en kleilagen. Deze klei bevindt zich voornamelijk aan de onderkant (Laagpakket van Balk). Hieronder bevindt zich de Oosterhoutformatie die bestaat uit mariene afzettingen: een complex en fijne zanden. De Bredaklei wordt beschouwd als de geohydrologische basis in dit gebied. De top van deze laagt ligt rond de -200m NAP.

In Figuur 2-4 zijn twee doorsneden door het interessegebied weergegeven. In de bovenste figuur is een doorsnede van het standaard MIPWAv4.1.2 lagenmodel, gebaseerd op REGISII v2.2 en in de onderste figuur is een doorsnede door het verbeterde Rolderdiep model, waarin de Peelo SkyTEM kartering al is verwerkt (lit: 'Drentsche Aa SkyTEM-lagenmodel, Sweco 2021). Deze recente SkyTEM kartering heeft de inzichten betrekking tot de verbreiding van de Peeloklei behoorlijk herzien. De SkyTEM kartering is echter alleen uitgevoerd in het gebied ten oosten van de winning Assen Oost.

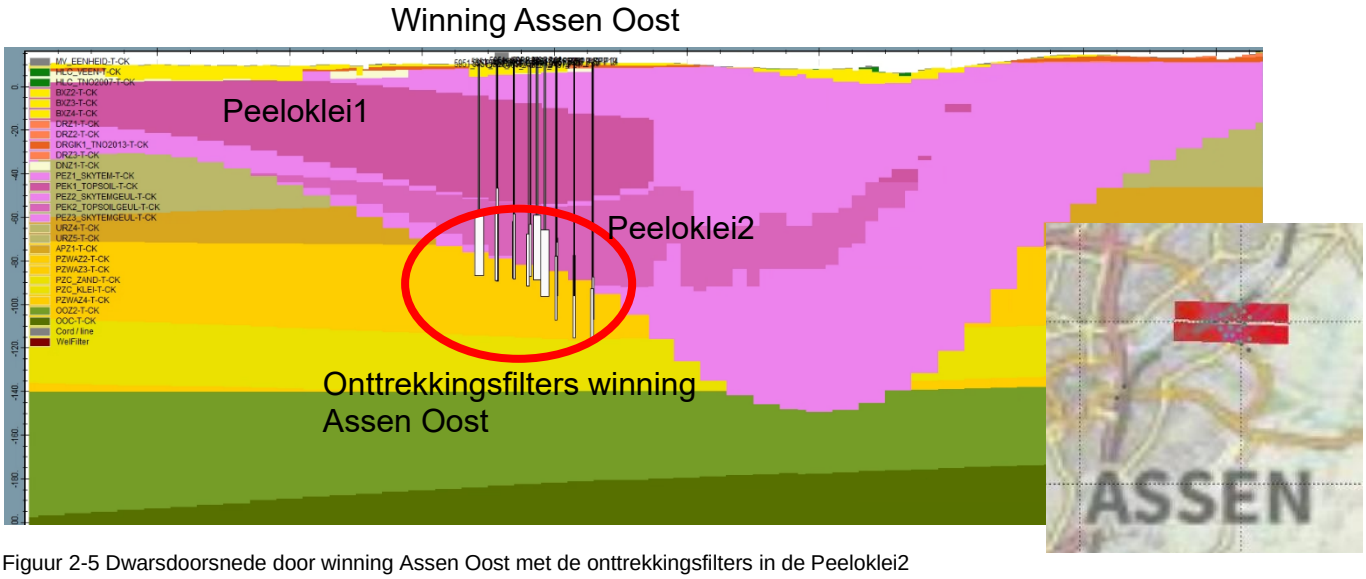
Puttenveld Assen Oost



Figuur 2-4 Doorsneden door ondergrond waarbij de bovenste versie REGIS bevat en in de onderste versie SkyTEM is meegenomen

2.3.2 Peeloklei ter plaatse van het puttenveld

De Peeloformatie is al kort beschreven in paragraaf 2.3.1 en zal in deze paragraaf uitgebreider worden besproken en geanalyseerd. De formatie van Peelo is een zeer heterogene, geologische formatie die bekend staat om zijn diepe geulen (tunneldalen). De opvulling van deze dalen varieert van grinden tot vaste potklei (Peeloklei1 en Peeloklei2) en heeft sterk wisselende doorlatendheden. Sinds de SkyTEM kartering is REGISII v2.2 voor dit gebied achterhaald. Ter plaatse van de drinkwaterwinning Assen Oost wordt dit meteen duidelijk: de onttrekkingsfilters van de drinkwaterwinning zijn volgens REGISII v2.2 in de Potklei geschematiseerd (Figuur 2-5).

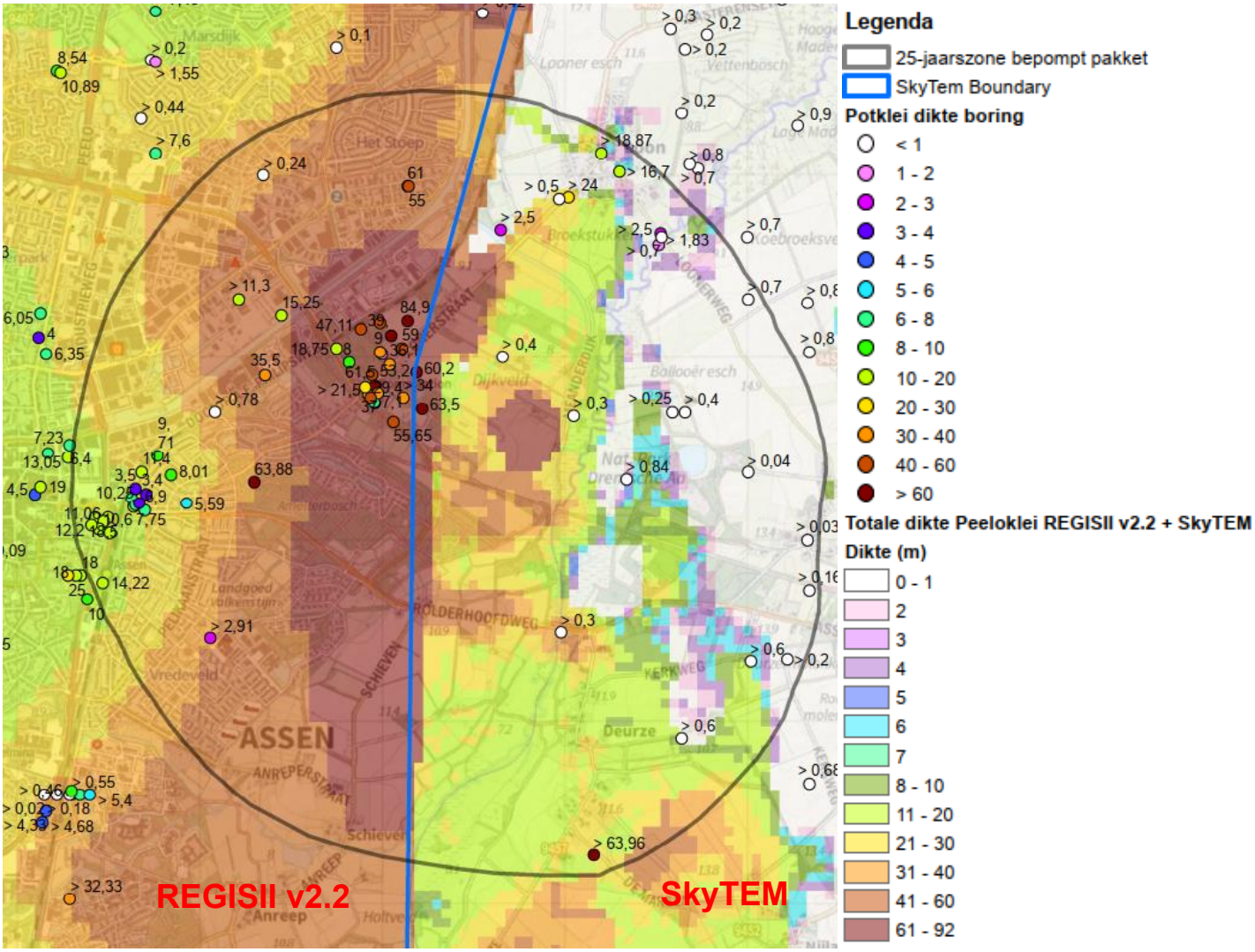


Figuur 2-5 Dwarsdoorsnede door winning Assen Oost met de onttrekkingsfilters in de Peeloklei2

De aanwezigheid van Potklei is van groot belang voor het bepalen van de reikwijdte van effecten van de drinkwaterwinning. Het deel van het interessegebied dat buiten de SkyTEM kartering ligt (westelijke deel van de boringvrije zone van de huidige winning) is daarom nader geanalyseerd op basis van boringen (DINOloket) en peilbuizen (MIPWA validatieset). Binnen het SkyTEM gebied wordt vooralsnog aangenomen dat hier de ondergrond is geschematiseerd op basis van de meest actuele kennis en inzichten.

In Figuur 2-6 is een kaart weergegeven met daarop de gesommeerde dikte van de klei en leem in de boringen uit DINOloket. Dit is gedaan voor het diepte traject tussen de top van het Peelozand1 en de onderkant van het Peelozand3 (volgens REGIS), zodat hier geen dikte van keileem of beekleem in zit. Op de achtergrond is de totale dikte van de Peeloklei (Peeloklei1 en Peeloklei2) uit REGIS en de SkyTEM kartering weergegeven.

In de boringen is te zien dat de totale dikte aan Potklei het grootst is in de omgeving van het puttenveld. Hier ligt een tunneldal met lokaal kleidiktes tot zo'n 85 m! Richting het zuidwesten neemt de dikte van de potklei volgens REGISII v2.2 geleidelijk af. In de boringen is hier nog zo'n 3,5 – 12 m potklei aanwezig. De dikte van de Peeloklei wordt door REGIS lokaal flink overschat.



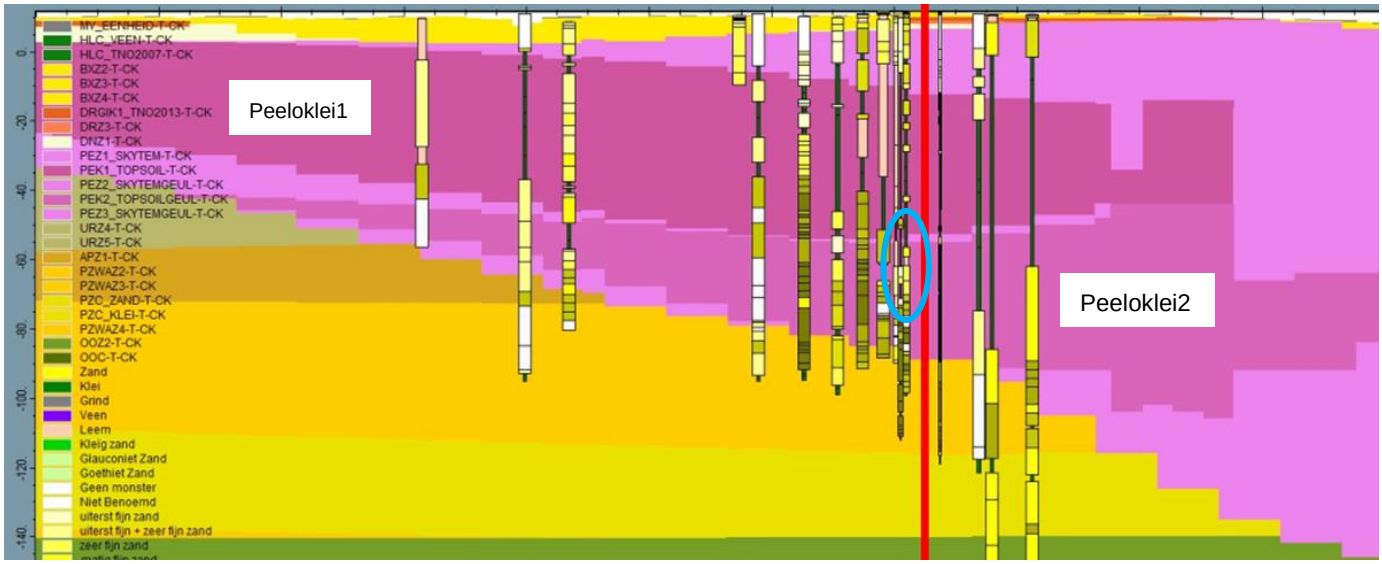
Figuur 2-6 Totale dikte klei binnen de Peeloformatie in boringen met op de achtergrond de dikte in REGIS en SkyTEM

Omdat in Figuur 2-6 de Peeloklei over de hele formatie gesommeerd is, kan in deze figuur geen onderscheid worden gemaakt tussen de Peeloklei1 en Peeloklei2. Om dit nader uit te splitsen zijn een aantal dwarsprofielen bestudeerd in iMOD. In Figuur 2-7 is één van deze dwarsdoorsnedes door het interessegebied weergegeven. Kleilagen in de boringen zijn zichtbaar als dunne, donkergroene balk; in geel/groen zien we de zandlagen. In deze dwarsdoorsnede is te zien dat, behalve binnen de blauwe cirkel, de boringen binnen REGIS Peeloklei2 vrijwel alleen uit grof zand bestaan. De Peeloklei2 wigt hier niet geleidelijk uit (zoals REGIS aangeeft), maar stopt blijkbaar abrupt. Voor de Peeloklei1 is het beeld minder duidelijk: lokaal komen sterk wisselende diktes met Potklei voor in het gebied. In vrijwel elke boring is een klei- of leemlaag aangetroffen, maar de dikte en diepte varieert sterk.

Bij de kop van het Havenkanaal is extra ingezoomd op de Peeloformatie. In een memo van TAUW (2016) werd, op basis van sonderingen (Fugro, 2013 en Hoogveld, 2012), aangegeven dat het Havenkanaal door de potklei heensnijdt.

Dit is relevant voor de modelstudie omdat hier het peil sterk is opgezet en de kop van het Havenkanaal hierdoor niet langer draineert maar infiltreert. In een nadere analyse is door Sweco zowel naar sonderingen in dit gebied gekeken als naar boringen (DINOloket). De boringen en sonderingen tonen geen eenduidig beeld: in de boringen lijkt aanzienlijk meer klei aanwezig te zijn dan in de sonderingen. Naast de klei is in de boringen zeer fijn en siltig zand aangetroffen. Op basis van deze boringen is de aanname gedaan dat het zand in de sonderingen eveneens zeer fijn, siltig zand is. in de huidige modelstudie wordt er vanuit gegaan dat de kop van het Havenkanaal weliswaar niet in de potklei ligt, maar wel in een laag met aanzienlijke weerstanden.

Deze bevindingen bevestigen wat het SkyTEM onderzoek in het aangrenzende gebied al eerder uitwees: er is veel minder Potklei aanwezig dan volgens REGIS en de overgangen zijn veel abrupter.



Figuur 2-7 Dwarsdoorsnede west-oost door interessegebied met DINOboringen geprojecteerd. Dunne groene balkjes geven klei aan

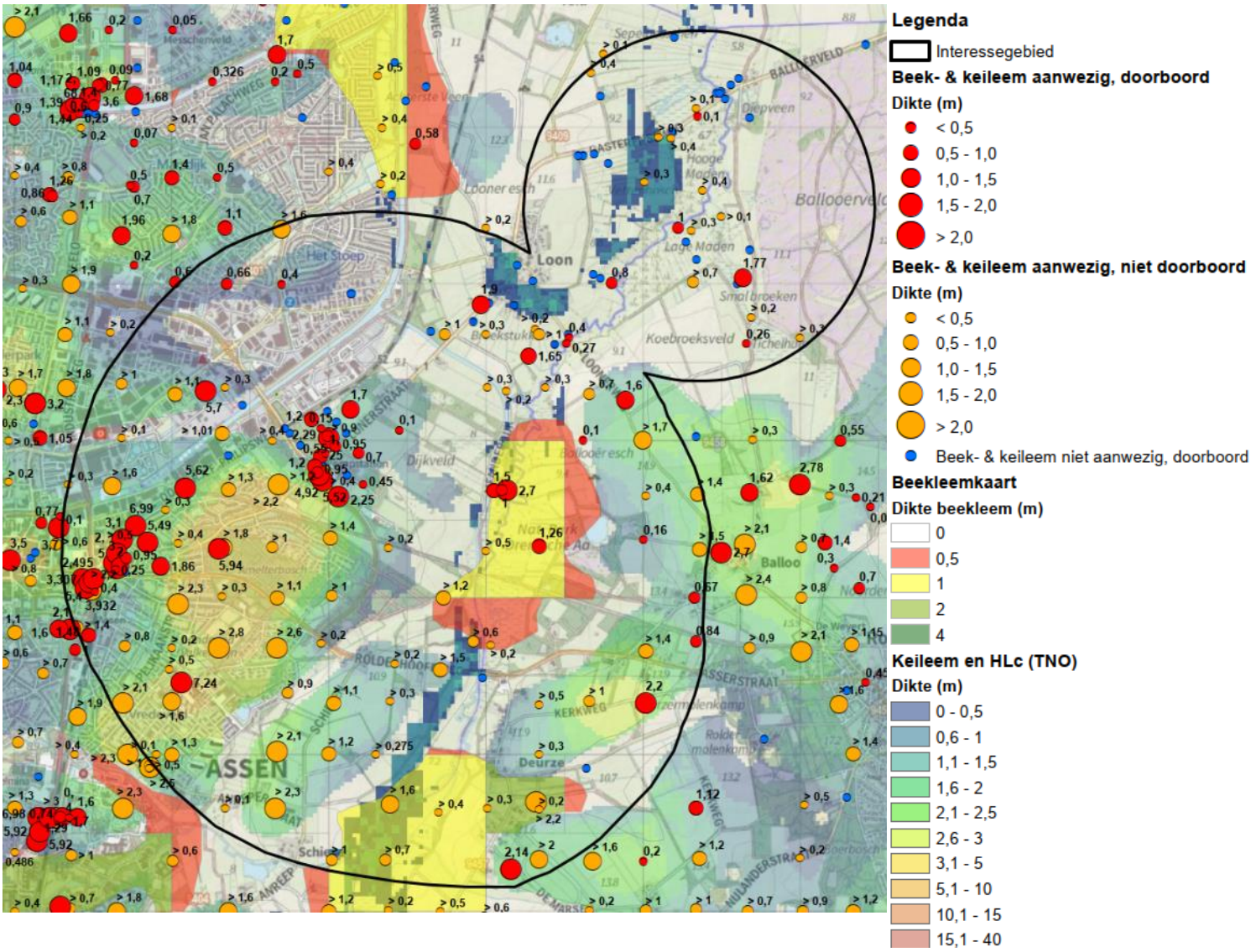
2.3.3 Beekdalopvulling

Uit het project ‘Rolderdiep’ is gebleken dat in de beekdalen van de Drentsche Aa duidelijk meer beekleem voorkomt dan in REGISII v2.2 is geschematiseerd. Bovendien blijkt deze weerstand van wezenlijk belang om de relatie tussen de beek en de flank met het model goed te kunnen simuleren. Om deze reden wordt ook voor dit project een analyse uitgevoerd naar de aanwezigheid van beekleem. Voor deze analyse zijn boringen uit DINOloket, sonderingen, peilbuizen en de oude beekleemkaart van de Provincie (1985, Grondwaterplan Provincie) gebruikt. De analyse is uitgevoerd voor het hele interessegebied weergegeven in Figuur 2-1.

Volgens REGIS is er geen beekleem (Boxtelklei1) aanwezig in het beekdal binnen het interessegebied. In Figuur 2-8 is een kaart weergegeven met beschikbare boringen en diverse ondergrondkarteringen. De boringen geven de totale hoeveelheid klei en leem tussen het maaiveld en de bovenkant van de Peeloformatie (volgens REGIS) weer. Deze bevat dus de dikte van zowel de beekleem als de keileem. Op de achtergrond is de holocene deklaag (met name

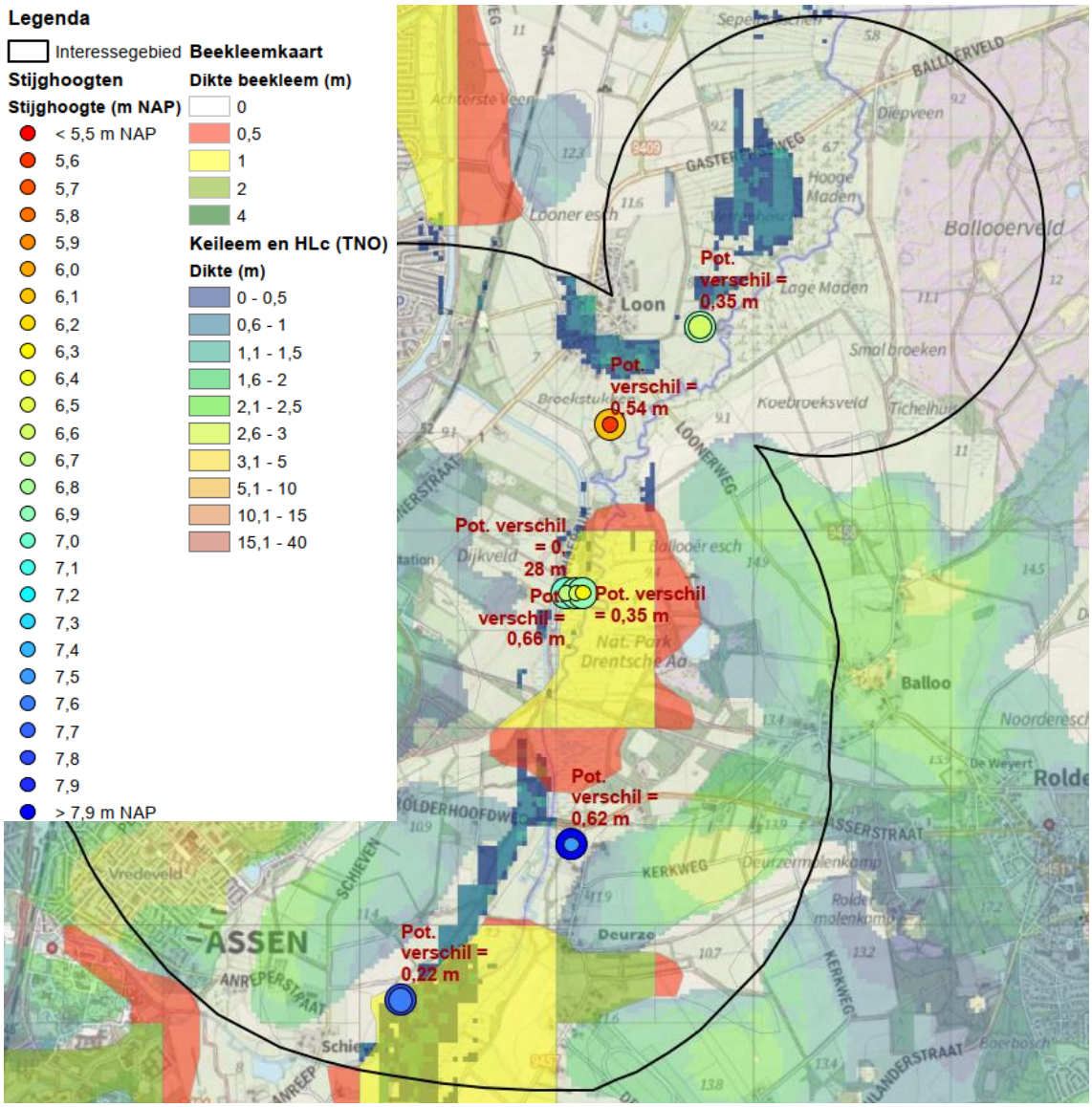
veen) uit MIPWA met dezelfde legenda weergegeven als de keileemkaart, maar is minder transparant. Als laatste is de beekleemkaart weergegeven die een grove inschatting geeft van de dikte van de beekleem (Rijksgeologische dienst grondwaterplan provincie, 1985).

In Figuur 2-8 is zichtbaar dat in vrijwel het hele beekdal klei en leem wordt aangetroffen in boringen, ook op locaties waar geen keileem en geen holocene deklaag aanwezig is. Benedenstrooms richting het Ballooërveld is er volgens de beekleemkaart geen beekleem aanwezig terwijl in een aanzienlijk deel van de boringen wel klei en/of leem wordt aangetroffen. Wel zijn er in dit gebied meer boringen tussendoor zonder klei- of leem; de leemlagen lijken hier minder aaneengesloten. Bovenstrooms geeft de oude leemkaart een redelijk goed beeld van de verbreiding.



Figuur 2-8 Boringen met hoeveelheid klei en leem tussen maaiveld en de top van het peelozand1 (volgens REGIS), de beekkleemkaart, keileemkaart (TNO, 2013) en de holocene deklaag uit MIPWA

In Figuur 2-9 zijn aanvullend de potentiaalverschillen weergegeven tussen filters van een aantal ondiepe peilbuizen. Daarbij is gebruik gemaakt van de basis MIPWA validatieset, waarbij die peilfilters zijn geselecteerd die in het MIPWA lagenmodel boven de Peeloformatie en onder het veen gesitueerd zijn. Er wordt vanuit gegaan dat deze potentiaalverschillen in het beekdal optreden over een weerstandbiedende beekleem (keileem ontbreekt namelijk in het beekdal). Op deze kaart is te zien dat er op verschillende plekken in het beekdal duidelijke potentiaalverschillen aanwezig zijn die variëren tussen de 22 cm en 66 cm. Een deel van deze potentiaalverschillen valt samen met de beekleemverbreiding maar er zijn ook drie peilbuizen die een potentiaalverschil hebben en waar volgens de karteringen geen weerstand aanwezig is.



Figuur 2-9 Potentiaalverschillen ondiepe/middeldiepe filters beekdal Deurzer- en Loonerdiep

Opvallend is dat in bovenstaande figuur een aantal peilbuizen ontbreken van het meetnet verdroging, die wel voorzien zijn van een dubbele filterstelling.

Modelmatig vallen de diepe filters van deze peilbuizen onder de PEk1, ofwel in dit gebied, onder een deel van de weerstand van de terugvalzanden, die voor de helft aan de bovenkant van PEz2 is gesitueerd. Deze peilbuizen worden in een later stadium wel gebruikt bij de validatie van het model *en* de beoordeling van de weerstand van de terugvalzanden. Daarbij moet dan worden opgepast dat deze weerstand niet dubbel in het model terecht komt: de peelozanden zitten in het model dusdanig ondiep dat weerstanden zowel van de beekleem als de Peelo afkomstig kunnen zijn.

2.3.4 Conclusies en voorstel modelverbetering ondergrond

Op basis van bovenstaande analyses zijn de volgende conclusies getrokken en voorstellen gedaan voor modelverbetering voor respectievelijk de Peelo klei en de beekleem:

Ad.1 Peelo klei

1. **Peeloklei1**. Hoewel er minder Peeloklei 1 voorkomt dan REGIS aangeeft, zijn deze verschillen grillig en niet eenvoudig te schematiseren. Voorstel is om het lagenmodel voor PEk1 niet aan te passen, maar buiten het SkyTEM gebied (net als in het Topsoil project), de REGIS-weerstand van zowel de Peeloklei1 als Peeloklei2 ter plaatse van alle uitwiggende schollen de delen door 10;
2. **Peeloklei2**. De Peeloklei2 is in het westelijke deel van het interessegebied, buiten een smalle strook ter hoogte van het puttenveld, niet aangetroffen. Voorstel is om deze binnen het interessegebied (buiten het SkyTEMgebied) te verwijderen uit REGIS en te vervangen door Peelozand.

Ad.2 Beekleem

Het algemene beeld geeft duidelijke aanwijzingen dat er meer weerstand aanwezig is in het beekdal dan in REGIS is geschematiseerd. Er wordt klei en leem aangetroffen in boringen en er zijn duidelijke potentiaalverschillen zichtbaar langs de beekloop. In de zuidelijke helft van het interessegebied komen de boringen goed overeen met de oude beekleemkaart van de Provincie Drenthe. In de noordelijke helft wordt nog behoorlijk wat weerstand aangetroffen terwijl dit niet wordt ondervangen in een kartering. Hier lijkt de beekleem echter niet aaneengesloten.

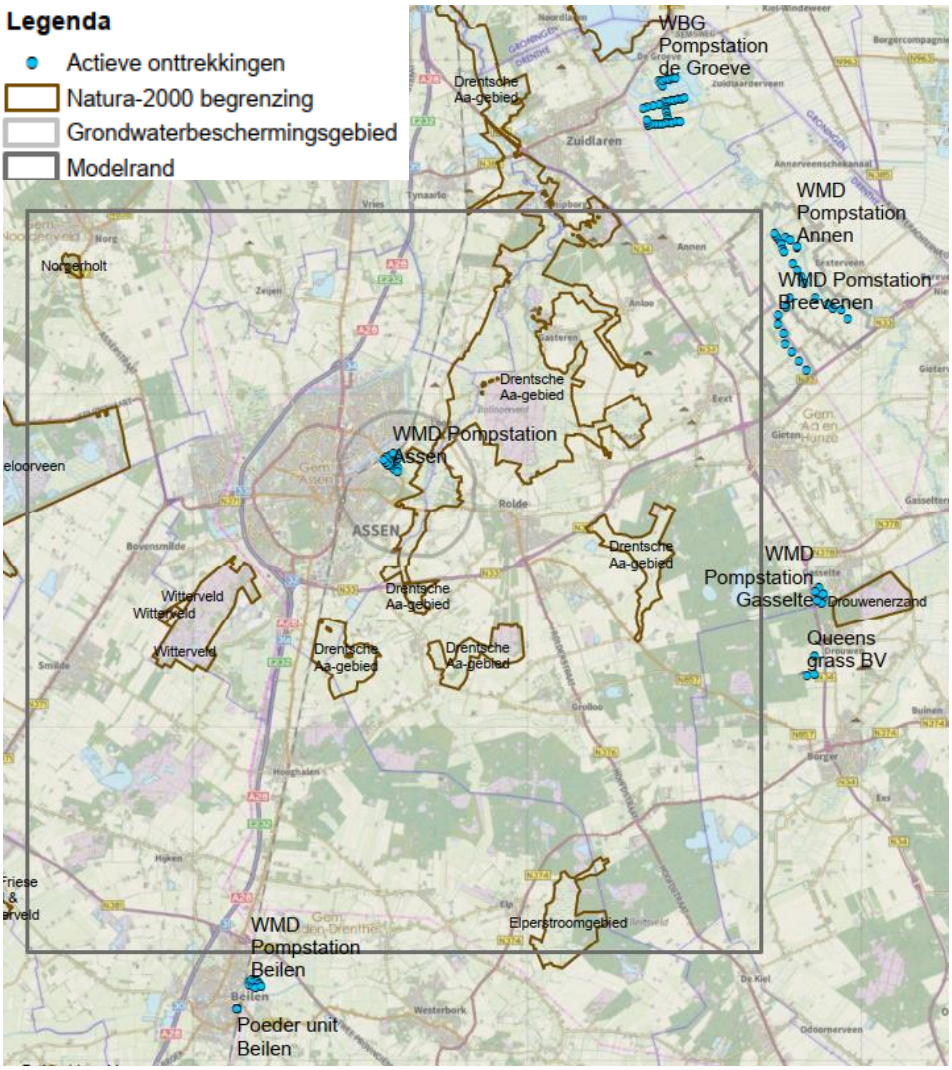
Deze analyse leidt tot de volgende voorstellen tot modelverbetering:

- **Beekleemkaart.** Het voorstel is om de beekleemkaart uit 1985 (dikte beekleem) te verwerken in het model conform de workflow uit de MIPWA-studie van het Rolderdiep: uitgaande van een weerstand van 100d/m en een minimale bovenkant van de beekleem op 1m-mv.
- **Parameteroptimalisatie.** In de noordelijke helft van het interessegebied is geen aaneengesloten beekleem aanwezig, maar blijkt er wel lokaal weerstand aanwezig te zijn. In fase 3 van de modelbouw (gevoeligheidsanalyse en parameteroptimalisatie) wordt deze weerstand integraal met de Peelo weerstanden beoordeeld en zo nodig geoptimaliseerd.

2.4 Onttrekkingen

2.4.1 Situering en omvang onttrekkingen

Langs de rand en binnen het modelgebied bevinden zich zowel industriële onttrekkingen als onttrekkingen voor openbare drinkwatervoorziening. De winningen die actief waren in de periode 2010-2020 zijn ruimtelijk weergegeven in Figuur 2-10. In deze figuur is te zien dat er in de omgeving van het modelgebied diverse winlocaties van de WMD liggen. Deze liggen alle net buiten het modelgebied. De locaties en debieten van kleinere onttrekkingen waarvoor geen vergunning nodig is (bv voor beregening), zijn niet bekend.



Figuur 2-10 Actieve onttrekkingen in en om het modelgebied

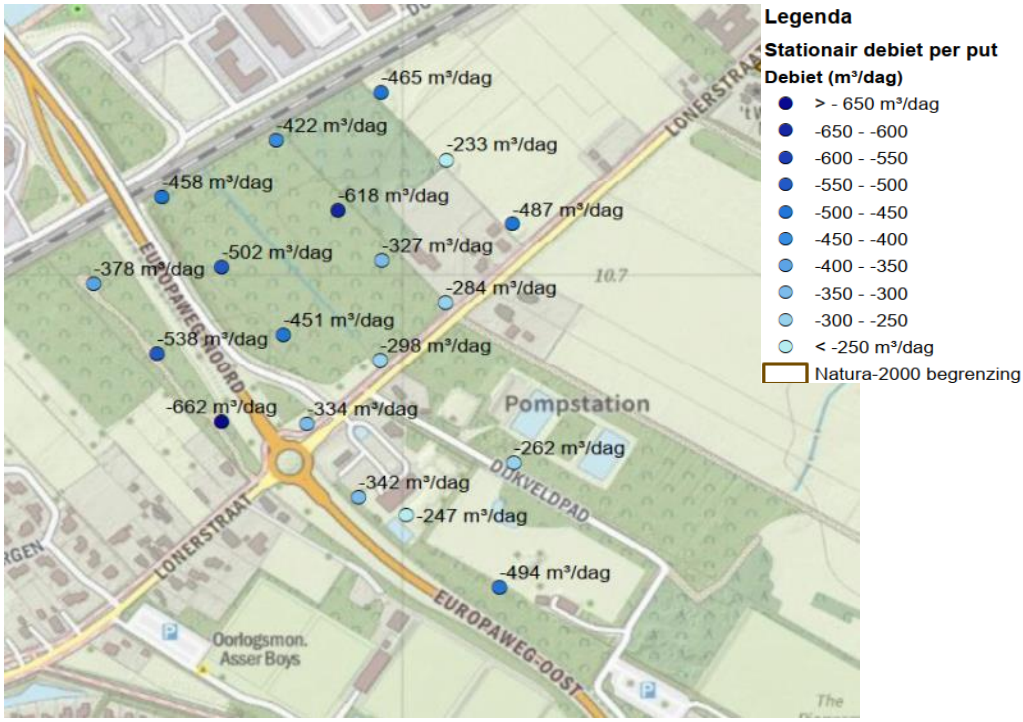
Fout! Ongeldige bladwijzerverwijzing. geeft een overzicht van de verschillende bekende onttrekkingen die getoond zijn in Figuur 2-10. In deze tabel zijn de dieptes waartussen de filters liggen, het aantal putten en het jaardebiet

(gemiddeld dagdebiet * aantal putten * 365,25) opgenomen. Op Queens grass BV na hebben alle onttrekkingen een jaardebiet boven de twee miljoen kuub met de Groeve als uitschieter met bijna tien miljoen kuub per jaar.

Tabel 2-1 Onttrekkingen binnen voorgesteld modelgebied

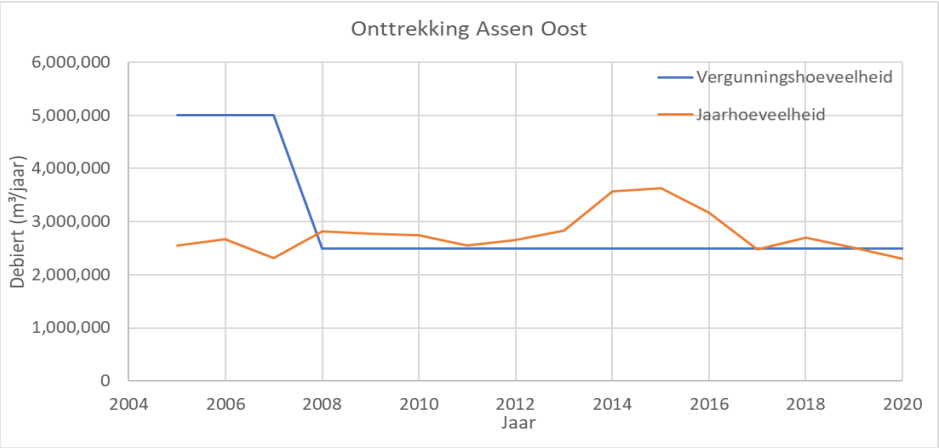
Naam	Putten	Filterdiepte (m NAP)	Jaardebiet (Mm³)
Poeder unit Beilen (DOMO)	11	-23 - -54	-2,18
Queens grass BV	3	-35 - -51	-0,03
WMD Pompstation Annen	11	-32 - -125	-3,74
WMD Pompstation Assen	19	-47 - -116	-2,85
WMD Pompstation Beilen	11	-22 - -60	-2,16
WMD Pompstation Breevenen	18	-32 - -74	-2,67
WMD Pompstation Gasselte	10	-30 - -54	-2,10
WBG Pompstation de Groeve	36	-36 - -103	-9,92

De verschillende onttrekkingsputten binnen het winveld Assen Oost hebben niet allemaal dezelfde capaciteit. Om dit te benaderen zijn de totale debieten verdeeld over de putten op basis van de pompcapaciteiten van de onderwaterpompen in de verschillende putten. Het stationaire resultaat (2010-2020) is weergegeven in Figuur 2-11. De debieten variëren tussen de 233 m³/dag en 662 m³/dag.



Figuur 2-11 Stationaire debieten herverdeeld naar pompcapaciteiten in de putten

In Figuur 2-12 zijn de onttrokken jaardebieten van 2005 t/m 2020 weergegeven voor de winning Assen Oost. Hierbij is ook de vergunde hoeveelheid geplot.



Figuur 2-12 Onttrokken debiet en verqund debiet winning Assen Oost

2.4.2 Conclusies en voorstel modelverbetering onttrekkingen

Op basis van bovenstaande analyse worden de volgende conclusies getrokken en voorstellen gedaan voor modelverbetering van de onttrekkingen:

- In het MIPWA model zitten veel onttrekkingen net buiten de modelrand. Hier wordt rekening mee gehouden door nieuwe startstijghoogten te bepalen voor de modelrand, op basis van een grotere modeluitsnede.
- In MIPWAv4.1.2 wordt het totale jaardebiet gelijk verdeeld over de verschillende onttrekkingsputten. Dit wordt gecorrigeerd naar een onttrekkingsdebiet naar rato van de putcapaciteit.

2.5 Oppervlaktewatersysteem

In deze paragraaf wordt het oppervlaktewatersysteem beschreven. Eerst wordt een algemeen beeld gegeven van het oppervlaktewatersysteem binnen het gehele modelgebied. Vervolgens wordt ingezoomd op de beken en kanalen binnen het interessegebied en de hier voorkomende waterstanden en bodemhoogtes. Daarna worden de afvoeren beschreven.

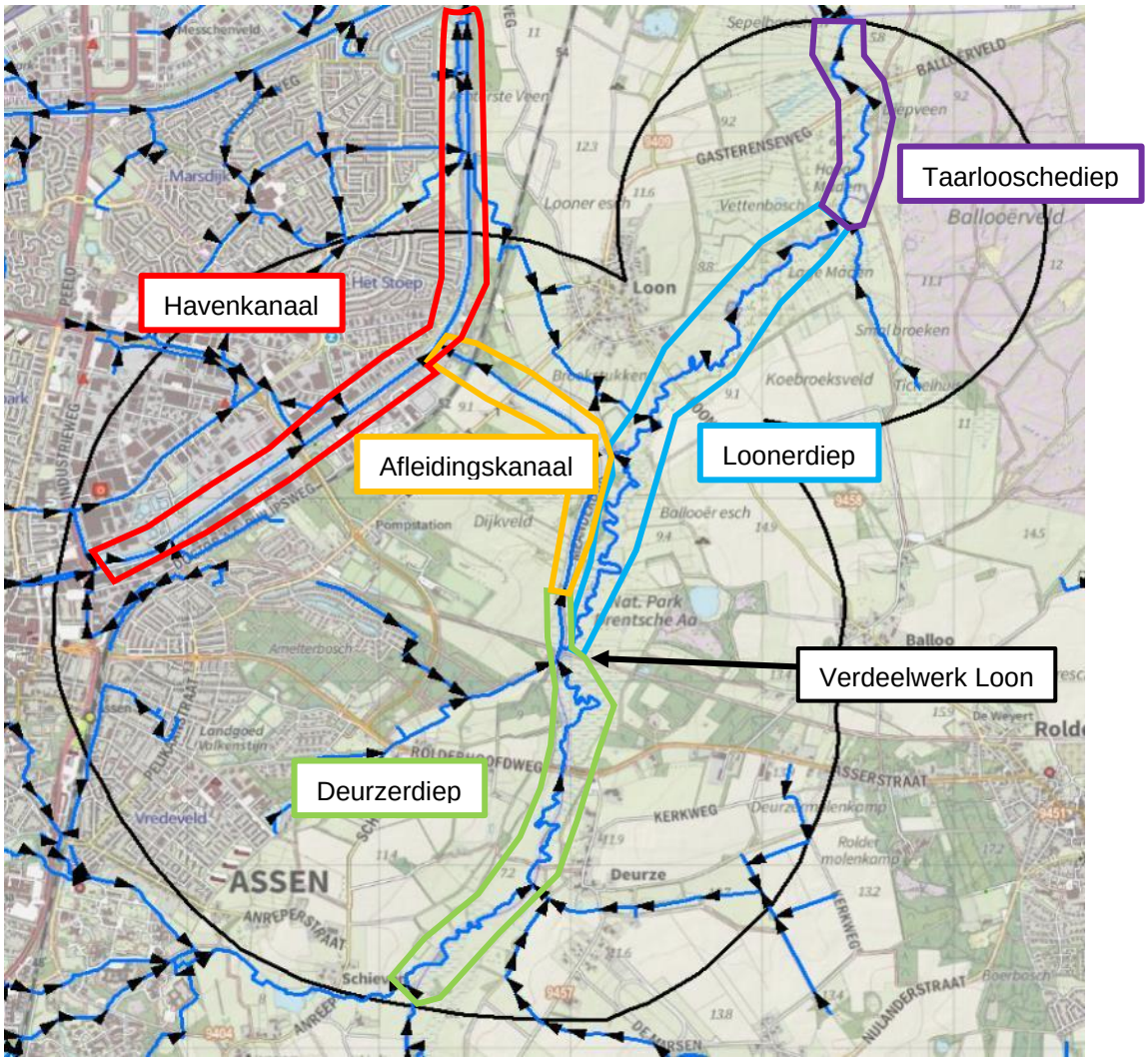
2.5.1 Regionaal oppervlaktewater systeem

De beken van de Drentsche Aa stromen vanaf het Drents Plateau en de Hondsrug af in noordelijke richting. Het gaat hier om een stelsel van beken die bij Oudemolen samenkomen. Binnen het interessegebied ligt een deel van de Drentsche Aa beken en een tweetal kanalen (zie Figuur 2-13):

- Aan de zuidrand van het interessegebied stroomt het Deurzerdiep. Deze meanderende beek wordt gevoed door een aantal zijtakken die hierop afwateren. Het Deurzerdiep is hermeanderd in 2015, bovenstrooms van het verdeelwerk in Loon. Hierbij heeft de beekloop zijn oorspronkelijke ligging weer teruggekregen en is sterk verondiept.
- Ten oosten van het puttenveld bevindt zich ‘het verdeelwerk Loon’ waarbij een aanzienlijk deel van de afvoer het Loonerdiep in wordt

geleid. Ten noorden van Loon gaat deze beek over in het Taarloosche diep.

- Het overige deel van de afvoer wat niet het Loonerdiep in gaat, wordt via een stuw het Afleidingskanaal in gelaten.
- Via het Afleidingskanaal komt het water terecht in het Havenkanaal wat vervolgens afwatert op het Noord-Willemskanaal.



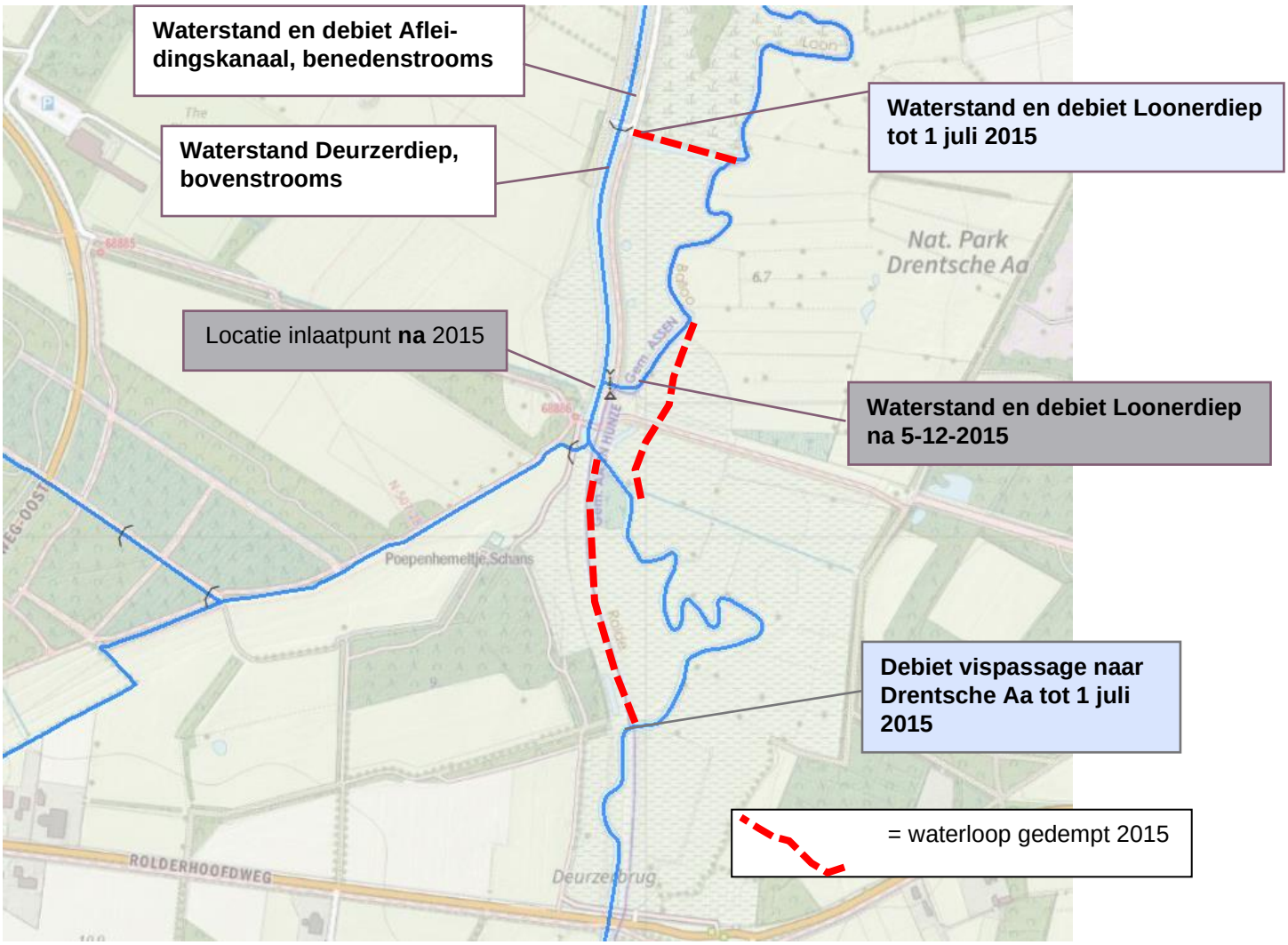
Figuur 2-13 Belangrijkste watergangen interessegebied

In 2015 zijn er werkzaamheden verricht aan het verdeelwerk waardoor water nu anders wordt geleidt dan in 2012, het jaar waaruit het MIPWA topsysteem dateert (zie ook Figuur 2-14). Het gaat om de volgende aanpassingen:

- Tot 1 juli 2015 werd een deel van het water via de vispassage naar het Loonerdiep geleid en een ander deel via het gekanaliseerde Deurzerdiep afgevoerd.
- In de periode juli tot december 2015 is het gekanaliseerde deel van het Deurzerdiep gedempt. De vispassage is de hoofdloop van het Deurzerdiep

geworden. Hierbij is ook de rechtstreekse verbinding met het Loonerdiep gedempt.

- De inlaat ter plaatse van het verdeelwerk is verplaatst. De noordelijke inlaat is gedempt en ten zuiden hiervan is een nieuwe inlaat naar het Loonerdiep gerealiseerd.



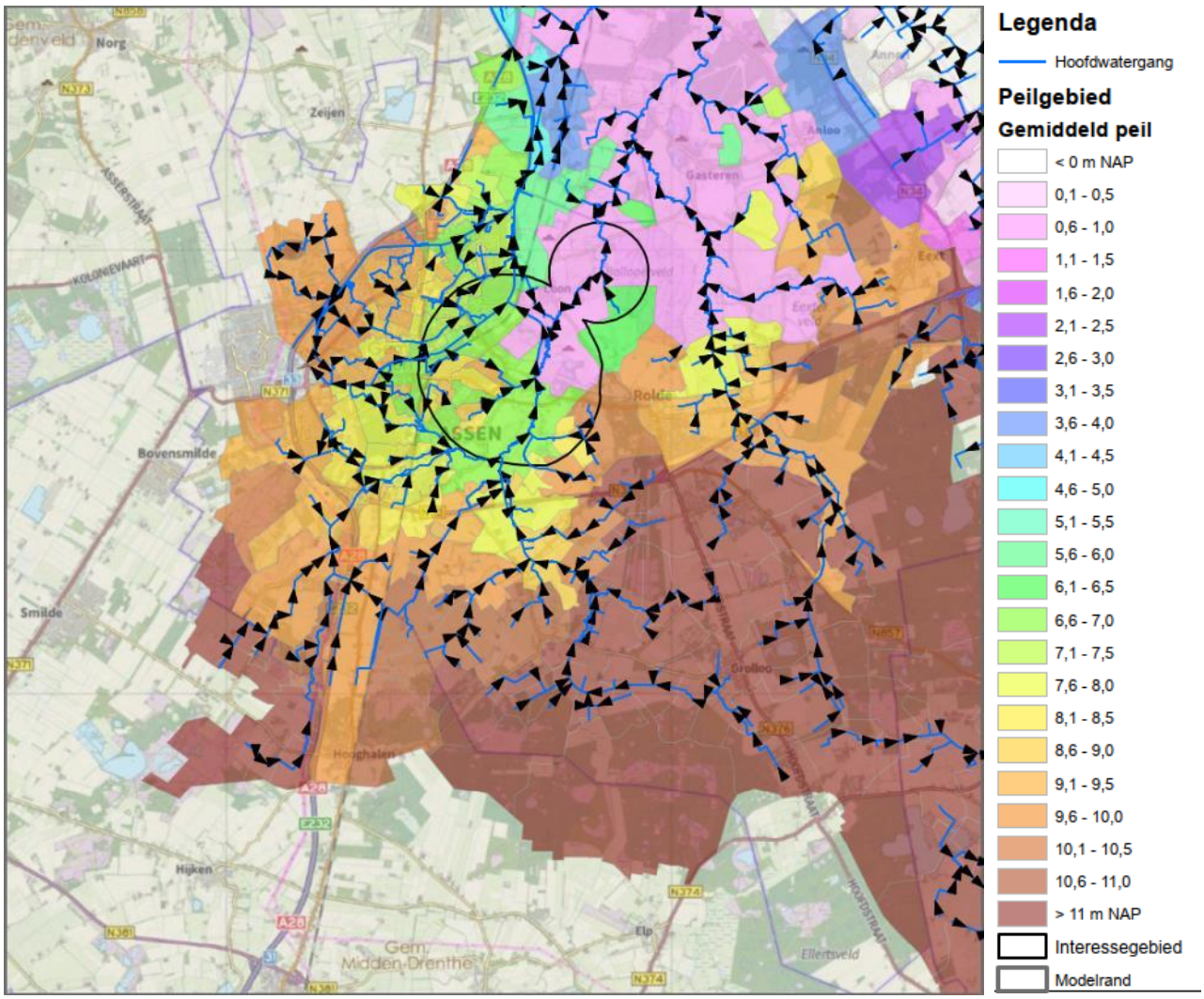
Figuur 2-14 Watersysteem verdeelwerk Loon voor en na 2015

In Figuur 2-15 zijn voor het gehele modelgebied de peilvakken met het peil (gemiddelde van het zomer- en winterpeil) en de hoofdwatergangen weergegeven. Hierbij is het grote patroon van de stroming van het oppervlaktewater zichtbaar: het water stroomt vanuit het zuiden en zuidoosten vanaf hoger gelegen delen via de flanken richting het beekdal, en af in noordelijke richting. Daarnaast valt één peilgebied op: Dit is het felroze peilgebied wat een gemiddeld peil van 0,62 m NAP heeft. De stuw die hoort bij dit peilvak staat bij Glimmen, zo'n 17 km ten noorden van de zuidgrens van het peilvak.

De watergangen in de Drentsche Aa zijn vrij afwaterend en worden gevoed met water wat van de hoger gelegen delen in de omgeving afkomstig is; er is geen

sprake van wateraanvoer of een peilgarantie. De peilen in de peilgebieden geven dan ook de hoogte van de stuw bij de afvoer van het peilvak weer en niet de daadwerkelijke peilen in de watergangen binnen het peilvak.

In de noordoosthoek van het modelgebied zijn een aantal peilvakken aanwezig met opvallend lage peilen. Deze peilvakken liggen ten oosten van de Hondsrug in het Hunzedal. Hier is wel wateraanvoer mogelijk.



Figuur 2-15 Peilvakken en hoofdwatergangen WHA

2.5.2 Waterstanden binnen het interessegebied

Er zijn drie datasets beschikbaar met gemeten waterstanden binnen het interessegebied:

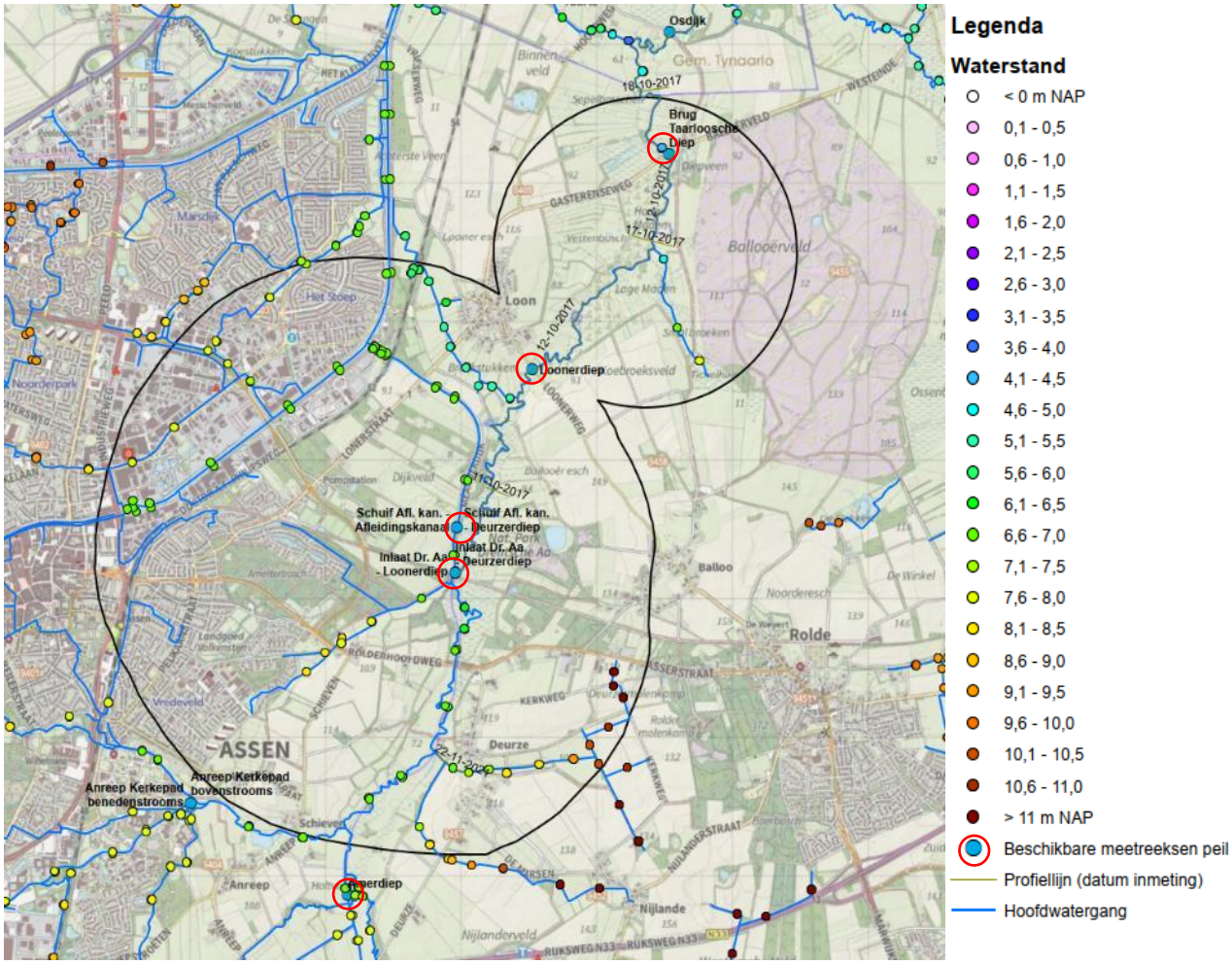
1. (Eenmalig) ingemeten profielen (bron: WHA)
2. Oppervlaktewater meetpunten met tijdreeksen (bron: WHA)
3. Rapport uitgevoerde maatregelen Havenkanaal (Tauw).

Daarnaast is voor het Deurzerdiep een SOBEK model aangeleverd door waterschap Hunze en Aa's. Dit SOBEK-model omvat het Deurzerdiep en een aantal zijwatergangen. In dit SOBEK model zijn zowel waterstanden in maatgevende afvoersituaties als bodemhoogten en weerstanden verwerkt. (zie verder H3.4)

Ad, 1 Ingemeten profielen

In Figuur 2-16 zijn de waterstanden uit de ingemeten profielen weergegeven met daarbij ook de datum wanneer de profielen zijn ingemeten (voor grote kaart zie bijlage 1. Verder is in deze figuur weergegeven op welke locaties oppervlaktewater meetpunten beschikbaar zijn.

In het zuidoostelijke gedeelte van het interessegebied bij Deurze is een sterk verhang te zien, waar de beek van het Drents Plateau afloopt: de waterstand daalt van zo'n 12,5 m NAP tot 6,5 m NAP over een traject van 2 km.



Figuur 2-16 Gemeten waterstanden in profielen en locaties beschikbare meetreeksen waterstanden

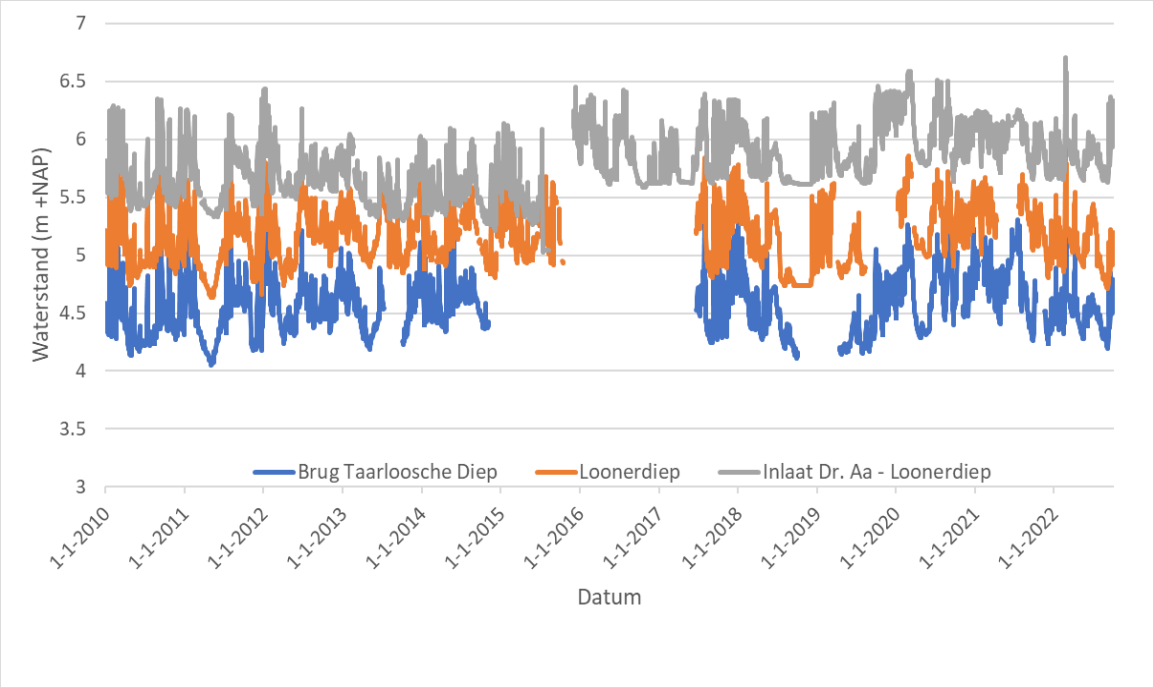
Ad.2 Meetreeksen

In Figuur 2-17 zijn de beschikbare oppervlaktewater meetreeksen weergegeven. Hieruit zijn de gemiddelde peilen afgeleid:

- 5,94 m NAP bij de inlaat van de Drentsche Aa;

- 5,17 m NAP bij het Loonerdiep;
- 4,58 m NAP (juni 2016 – oktober 2022) bij het Taarlooschediep.

De dynamiek in de peilen is relatief groot: voor alle drie de meetpunten ligt 95% van de meetgegevens tussen de 50 cm onder en 50 cm boven de gemiddelde waterstanden.

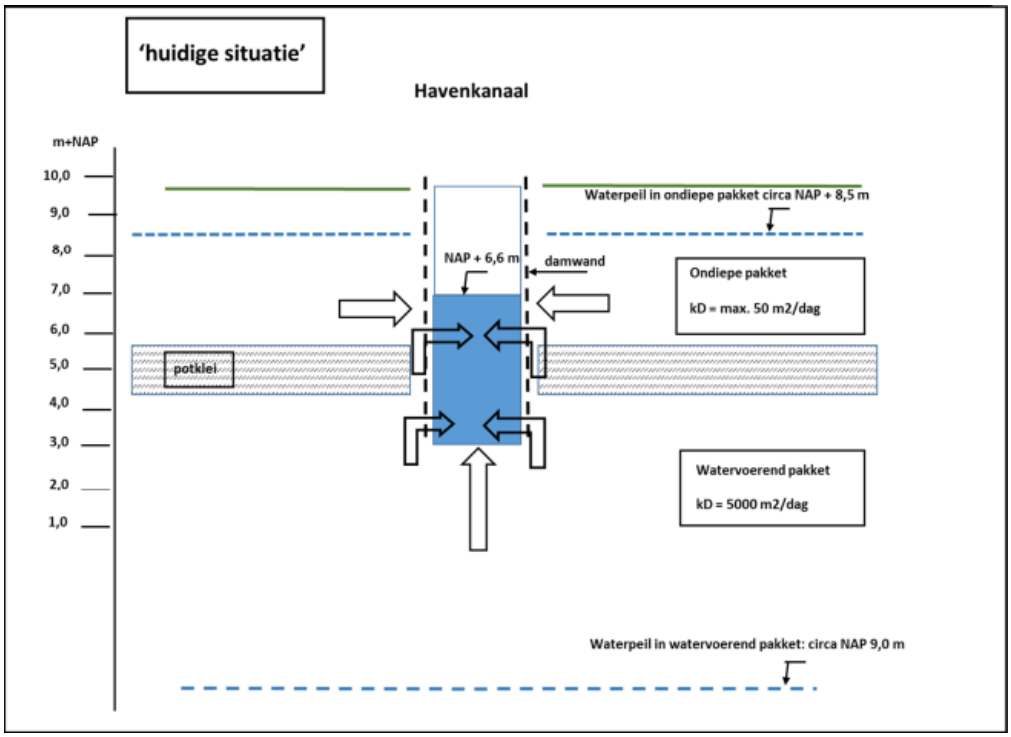


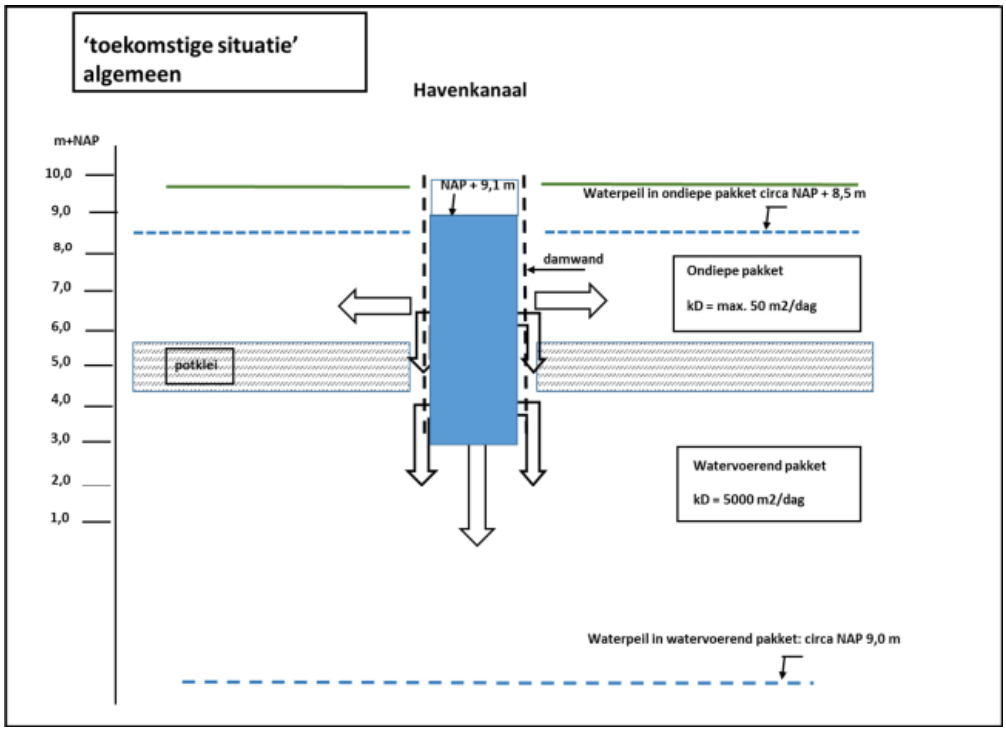
Figuur 2-17 Meetreeksen waterstanden binnen het interessegebied

Ad.3 Havenkanaal

Tussen eind 2017 en begin 2018 het peil in de kop van het Havenkanaal opgezet van 6,6 m NAP naar 9,1 m NAP.

In Figuur 2-18 zijn een situatieschets van de situatie voor de peilverhoging en de situatie na de peilverhoging weergegeven (TAUW, 2016). Hierin laten ze zien dat voor de peilverhoging het kanaal een drainerende werking had en dat deze na de verhoging begint te infiltreren. Het Havenkanaal ligt tussen damwanden. Afhankelijk van de diepte van deze damwanden (wel of niet tot in de potklei) wordt de invloed van het kanaal op de grondwaterstanden in de omgeving beperkt.





Figuur 2-18 Figuren peilverhoging kop Havenkanaal uit TAUW (2016)

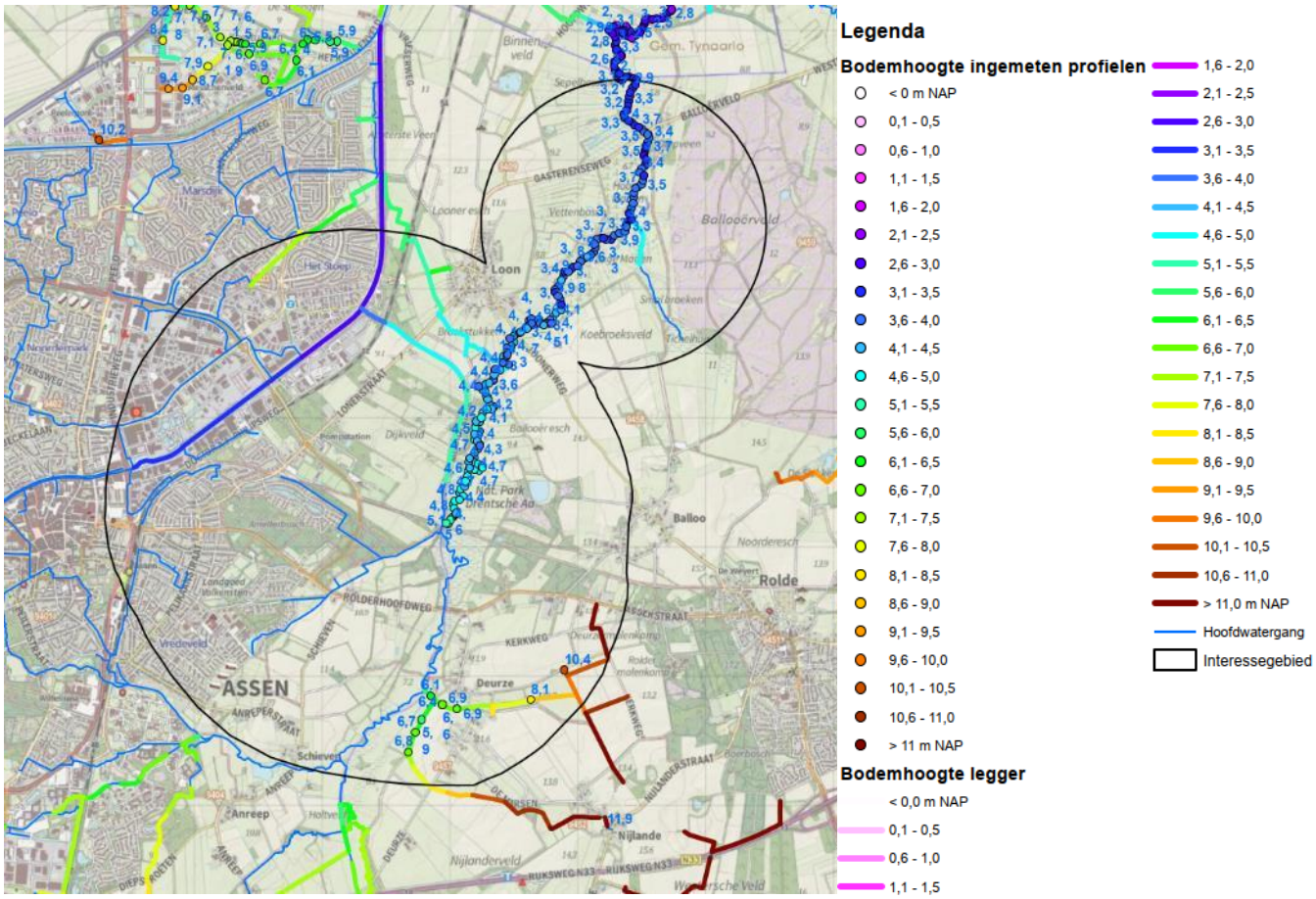
2.5.3 Bodemhoogtes binnen het interessegebied

Voor de bodemhoogtes zijn eveneens drie datasets beschikbaar:

1. De leggerwaterlopen met bijbehorende bodemhoogtes uit de genormaliseerde profielen;
2. Ingemeten (werkelijke) profielen (momentopname) beekloop;
3. Ingemeten profielen Havenkanaal (2019).

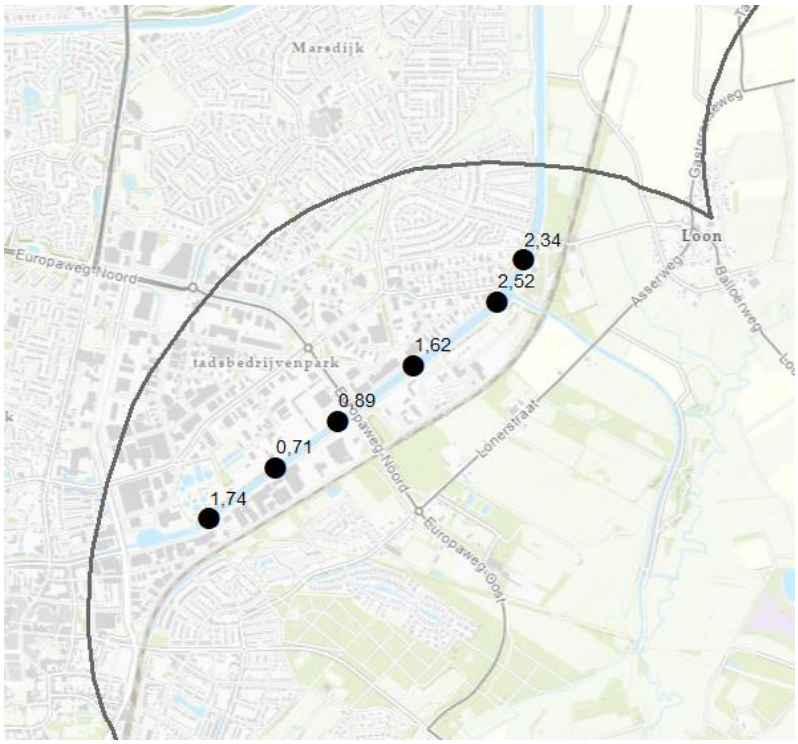
In Figuur 2-19 zijn de bodemhoogtes van de legger WHA weergegeven in combinatie met de bodemhoogte uit de ingemeten profielen. (voor grotere kaart zie bijlage 2). Voor de leggerbodemhoogtes is per segment het gemiddelde bepaald tussen de beneden- en bovenstroomse bodemhoogte.

In het zuidelijke deel van het interessegebied en bij het Smalbroekerloopje ontbreekt data voor de bodemhoogtes.



Figuur 2-19 Bodemhoogte legger en ingemeten profielen

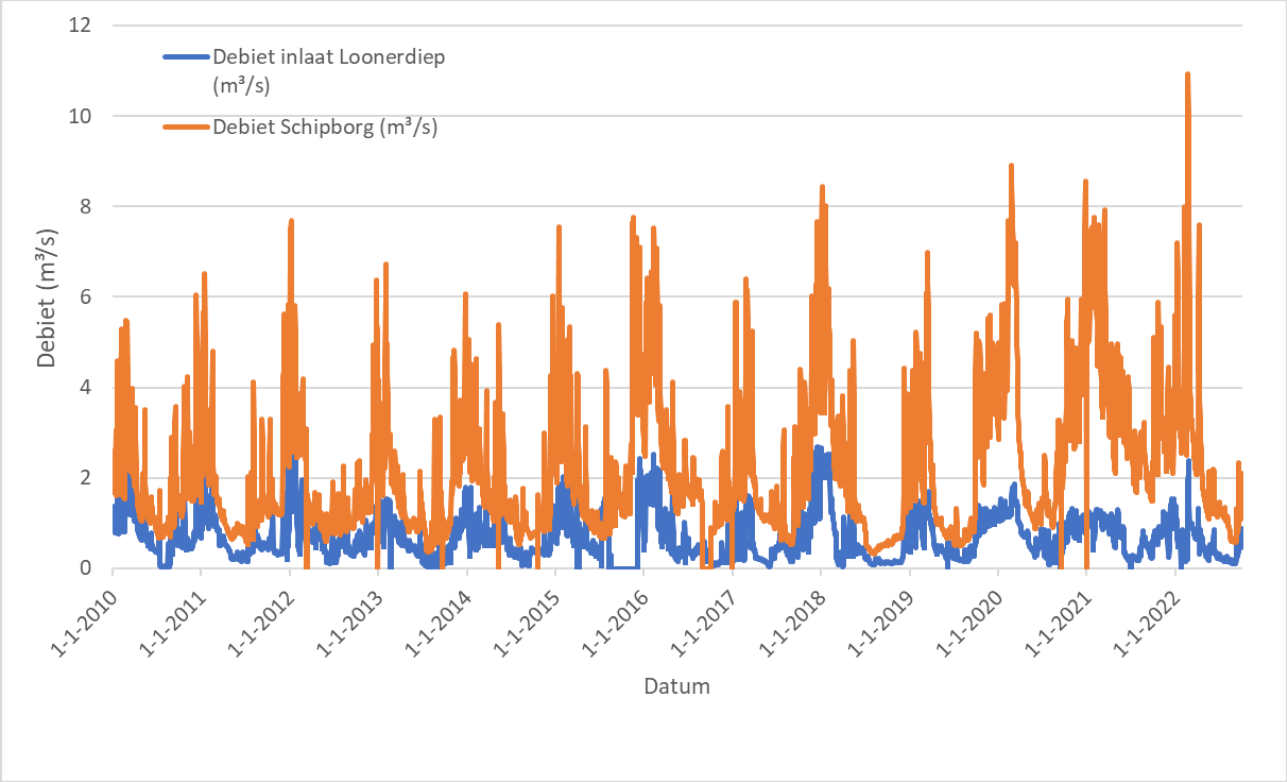
In 2019 nieuwe profielen ingemeten in het Havenkanaal. Hieruit blijkt dat de bodemhoogte beduidend *lager* ligt dan in MIPWA is aangenomen: verschillen lopen op tot zo'n 2,5 m (zie Figuur 2-20 voor de locaties van de ingemeten profielen en het verschil met bodemhoogte in MIPWA).



Figuur 2-20 Verschil tussen bodemhoogte ingemeten profiel en bodemhoogte MIPWA

2.5.4 Afvoeren

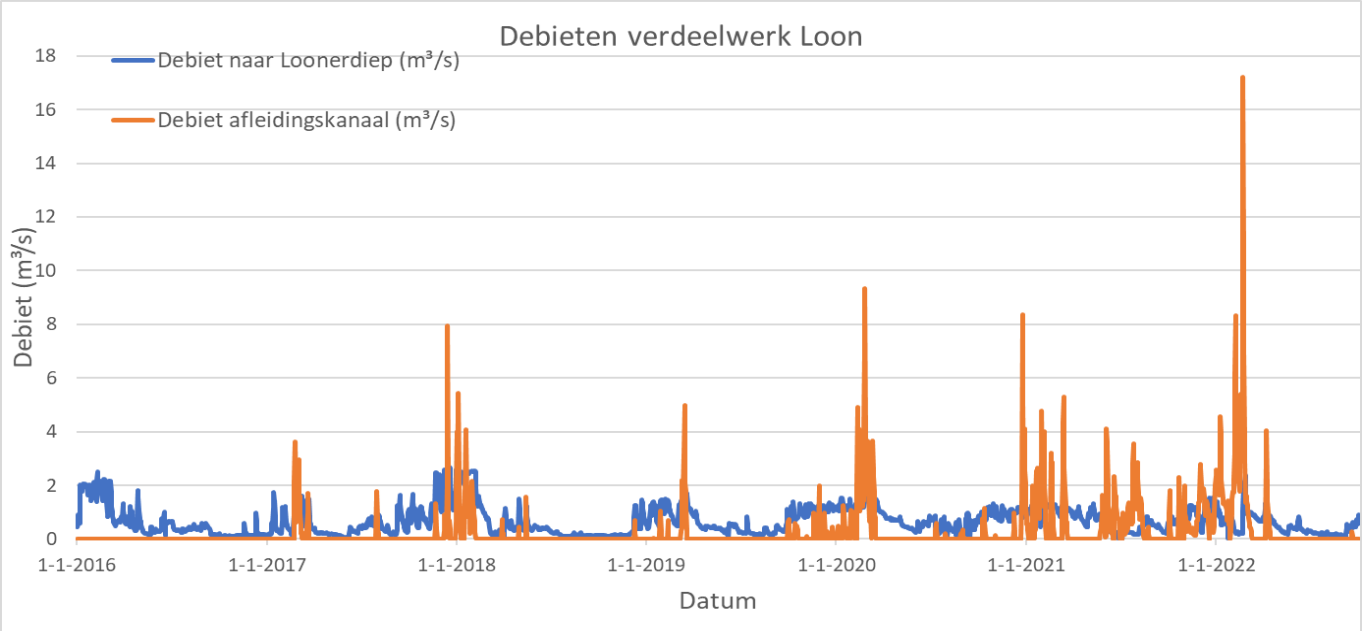
Op enkele locaties binnen het modelgebied zijn meetreeksen met afvoeren beschikbaar van de Drentsche Aa, waaronder bij het verdeelwerk Loon. In Schipborg, net ten noorden van het modelgebied, is ook een meetreeks met afvoergegevens beschikbaar waar de totale afvoer van de Drentsche Aa wordt gemeten. In Figuur 2-21 zijn de debieten voor de inlaat naar het Loonerdiep en het debiet bij Schipborg weergegeven.



Figuur 2-21 Debieten inlaat Loonerdiep en Schipborg

In Figuur 2-22 zijn de debieten bij het verdeelwerk Loon weergegeven na 2015. Het debiet naar het Loonerdiep is de nieuwe inlaat naar de Drentsche Aa. Het debiet bij het afleidingskanaal ligt daar iets ten noorden van.

Het debiet van het afleidingskanaal is doorgaans laag met pieken in natte periodes wanneer het Loonerdiep de afvoer niet kan verwerken. De peilbeheerder stuurt bij de inlaat direct ten noorden van de Deurzerbrug op een maatgevend peil bij Loon (i.v.m. particuliere eigendommen). In de zomer wordt maximaal circa 2 m^3/s ingelaten indien beschikbaar – de overige afvoer van het Deurzerdiep wordt afgevoerd naar het NW-kanaal. In de winter kan er tot 3 m^3/s worden ingelaten.



Figuur 2-22 Debieten verdeelwerk Loon

2.5.5 Conclusies en voorstel verbetering oppervlaktewater model

Het oppervlaktewatersysteem in MIPWA v4.2.1 dateert uit circa 2012, nog voor de aanpassingen aan het verdeelwerk Loon. De volgende aanpassingen zijn nodig voor het oppervlaktewatersysteem:

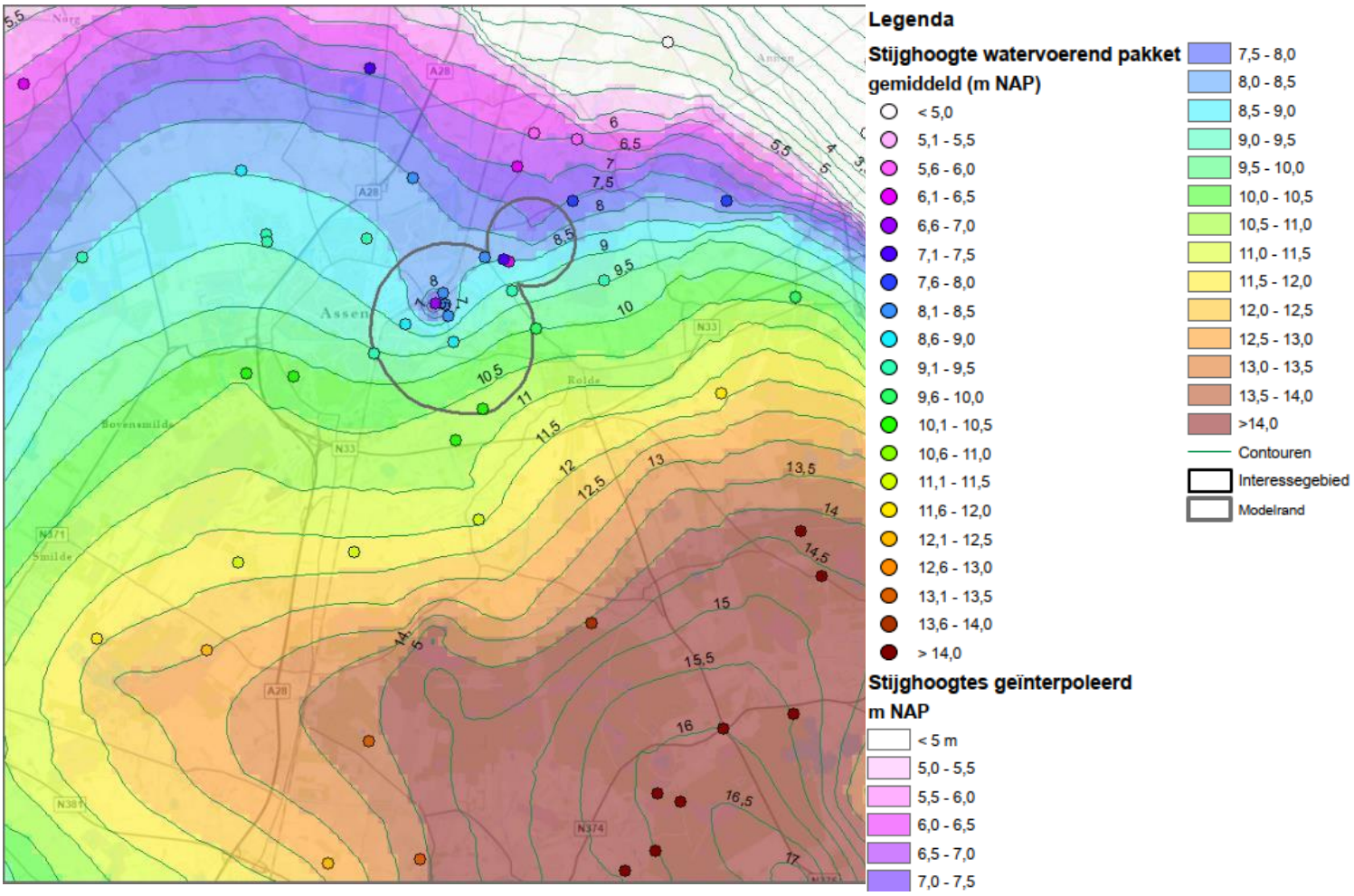
- In het model dienen de gedempte waterlopen in dit gebied dienen te worden verwijderd.
- Ter plaatse van het verdeelwerk Loon wijken de waterpeilen sterk af; het peil in het model is hier circa 0,5m te hoog. Hier wordt het peil lokaal gecorrigeerd, samen met het doorvoeren van de uitgevoerde maatregelen.
- De in 2017 ingemeten bodemhoogten in het Loonerdiep zijn gemiddeld ruim een halve meter lager dan de bodemhoogten in het MIPWA model.
- De bodemhoogte van afleidingskanaal wijkt in het model sterk af van de bodemhoogte uit de Legger: de bodemhoogte in de legger is ruim één meter lager.
- In het Havenkanaal zijn de verschillen tussen de bodemhoogte in MIPWA en die in de ingemeten profielen groot. Daarnaast ligt het kanaal in werkelijkheid in damwanden en is het peil in de kop van het Havenkanaal flink opgezet.
- In het interessegebied is geen wateraanvoer, met uitzondering van het Afleidingskanaal en het Havenkanaal. In het model was echter een klein stukje van het Afleidingskanaal niet als wateraanvoer geschematiseerd, met een infiltratiefactor van 0. Dit wordt gecorrigeerd naar een waarde van 0,1, vergelijkbaar met de rest van het kanaal. Voor alle kanalen in Drenthe is in MIPWA een totale infiltratieweerstand van ruim 600 dagen opgegeven, via een combinatie van de conductance en de

infiltratiefactor. Er zijn geen meetgegevens om deze weerstand mee te valideren.

2.6 Grondwatersysteem

2.6.1 Regionale grondwaterstroming

In Figuur 2-23 zijn de regionale stijghoogten in het watervoerend pakket onder de Peeloformatie weergegeven. De bolletjes geven de peilbuizen aan in deze laag met de gemiddelde gemeten stijghoogte (2010-2020). Vanaf het Drents Plateau stroomt het grondwater overwegend in noordelijke richting, met afbuigingen richting de beekdalen en het lager gelegen Hunzedal. Ook de afbuiging van de isohypsen ter plaatse van het puttenveld van de drinkwaterwinning Assen Oost is zichtbaar.



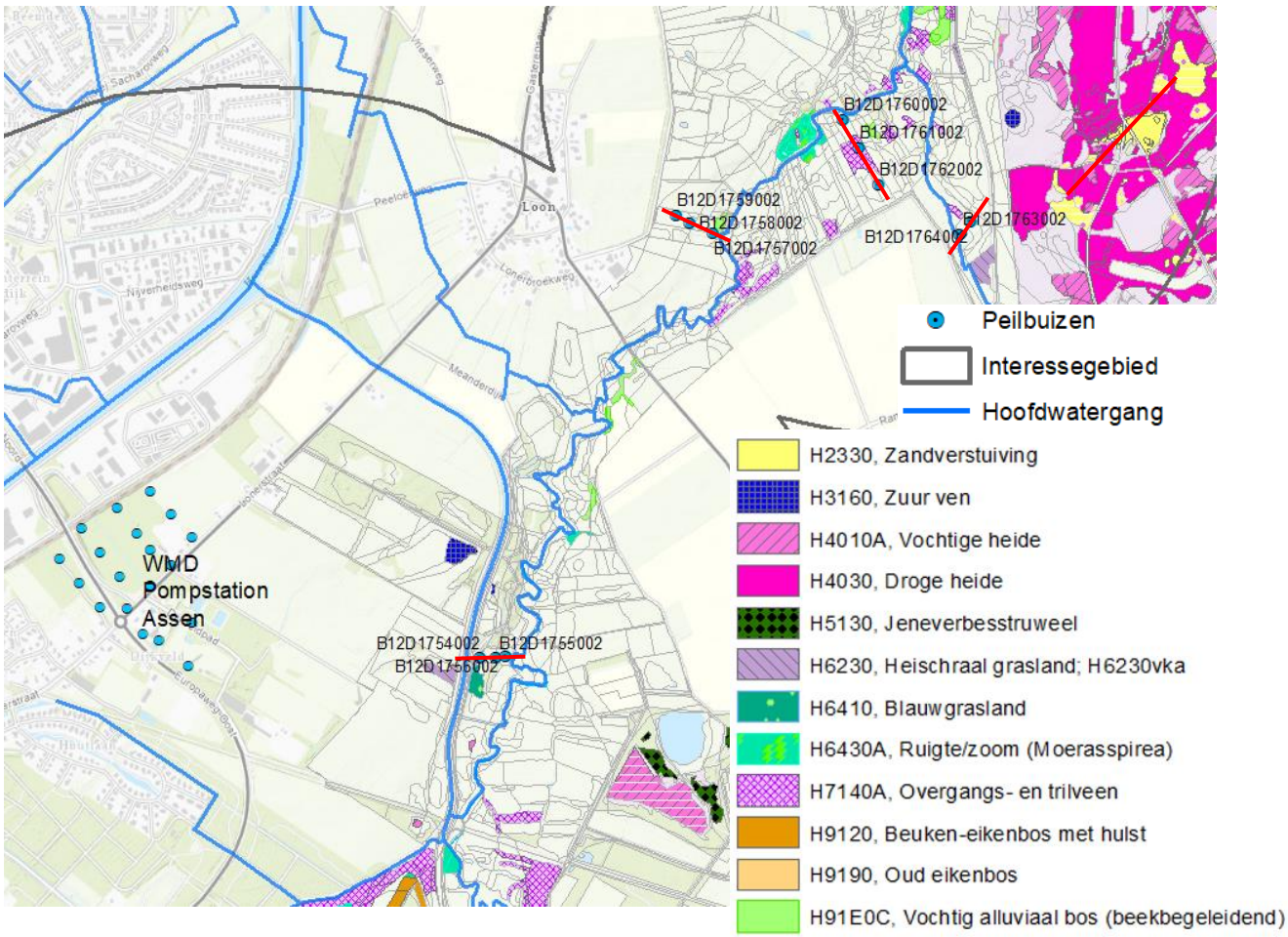
Figuur 2-23 Stijghoogten watervoerend pakket onder Peeloformatie (modellaag 5 – 7, geactualiseerd basismodel)

2.6.2 Kwel/wegzijging

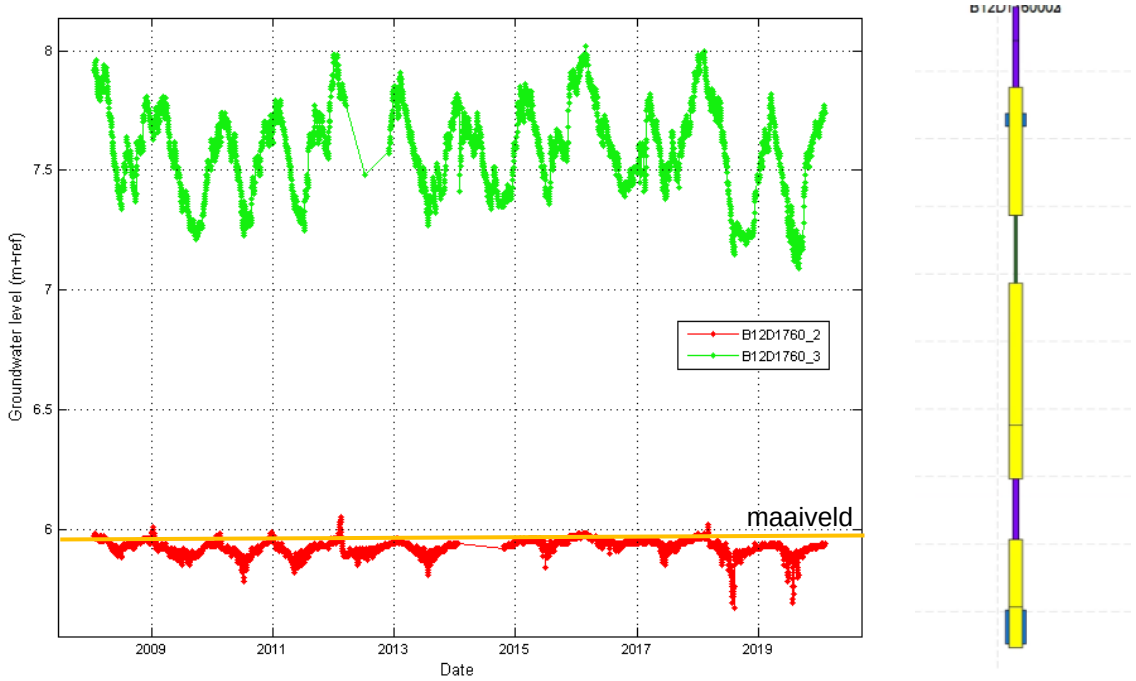
Algemeen is er sprake van infiltratie op de hogere ruggen en kwel in de beekdalen. De mate van kwel in de beekdalen is daarbij afhankelijk van de situering (bovenloop, middenloop, benedenloop) en het voorkomen van weerstandbiedende lagen in de ondergrond in de vorm van veen, beekleem en Peeloweerstanden (Peeloklei en terugvalzanden).

In het interessegebied zijn vier raaien van het meetnet verdroging beschikbaar met een dubbele filterstelling, waarmee een goed beeld wordt verkregen van de mate van kwel/wegzijging in het beekdal en de flanken. De situering van deze raaien in relatie tot het voorkomen van grondwatergevoelige habitattypen is weergegeven in Figuur 2-24. In hoofdstuk 4.2 wordt nader ingezoomd op deze raaien.

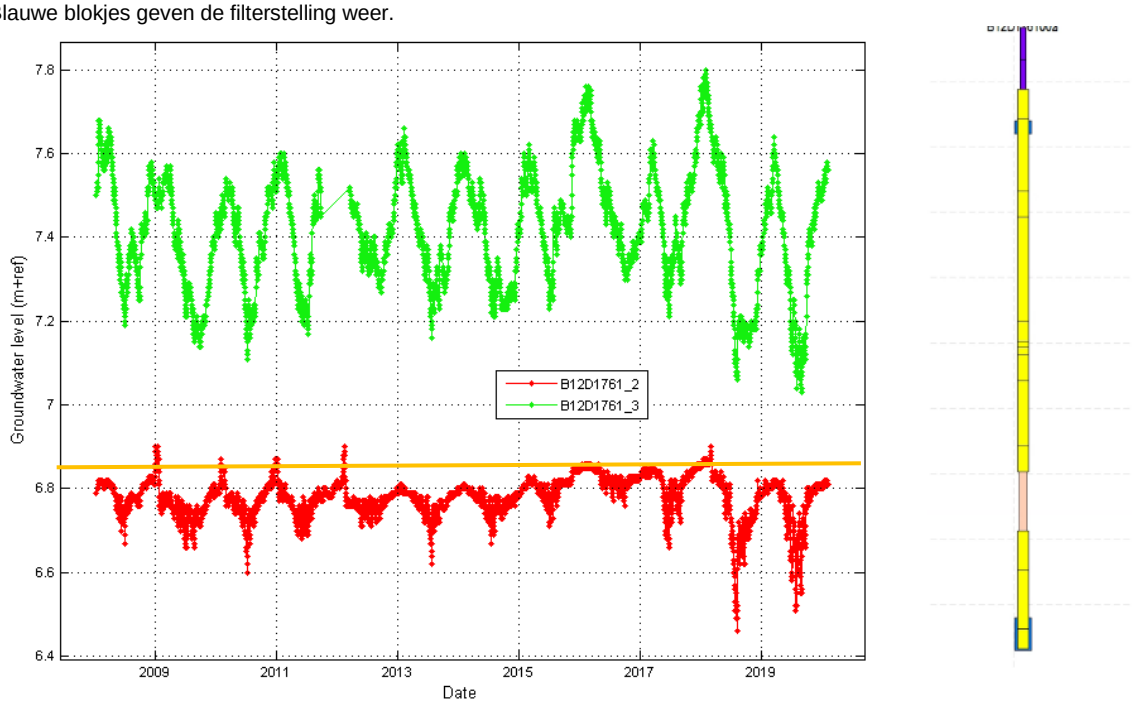
In Figuur 2-25 tot en met Figuur 2-27 zijn de tijdstijghoogten van de raai bij Loon (Lage Maden) weergegeven. Uit deze figuren blijkt dat er in het beekdal zelf een forse kweldruk aanwezig is, die duidt op aanzienlijk weerstanden tussen de 1 en ca 7 m -mv. Hoger op de flanken slaat deze kwel om naar wegzijging.



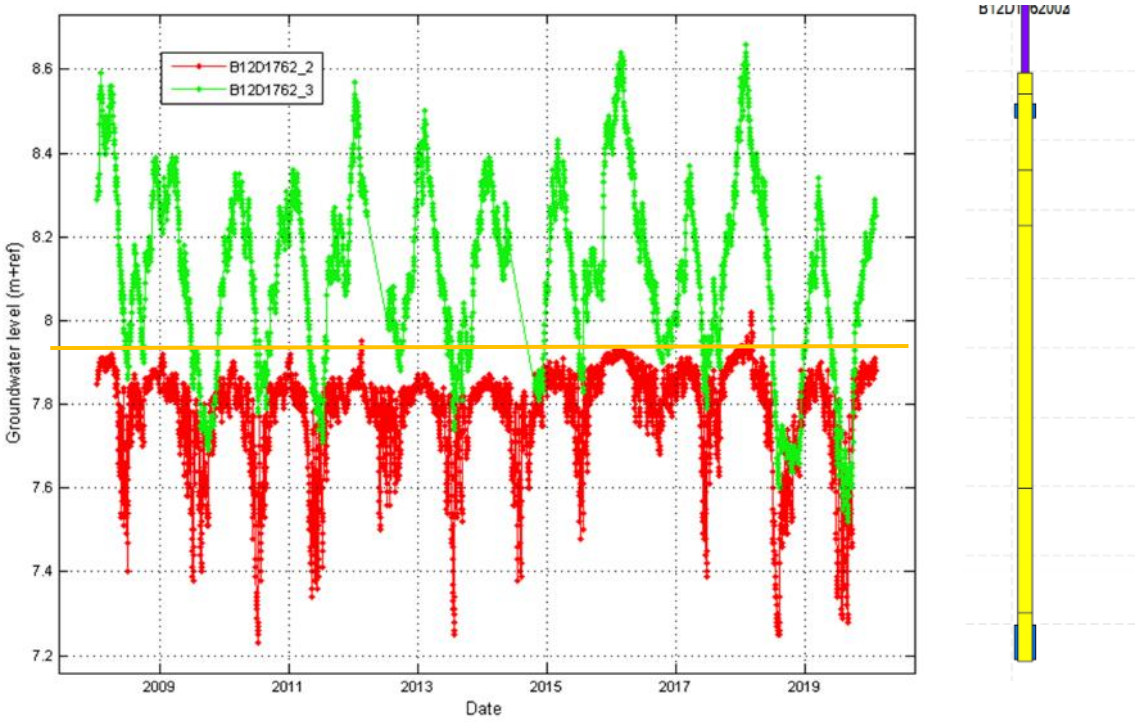
Figuur 2-24 Ligging raaien meetnet verdroging van de provincie Drenthe ter hoogte van het waterwingebied, het Loonerdiep en het Smalbroekerloopje.



Figuur 2-25 Filter nabij beekloop bij Lage Maden, Loonerdiep. Ondiep filter (_2) op NAP +4,18m, diepe filter (_3) op NAP -3,48m. Boorbeschrijving rechts: geel is zand, paars is veen, groen is klei. Blauwe blokjes geven de filterstelling weer.



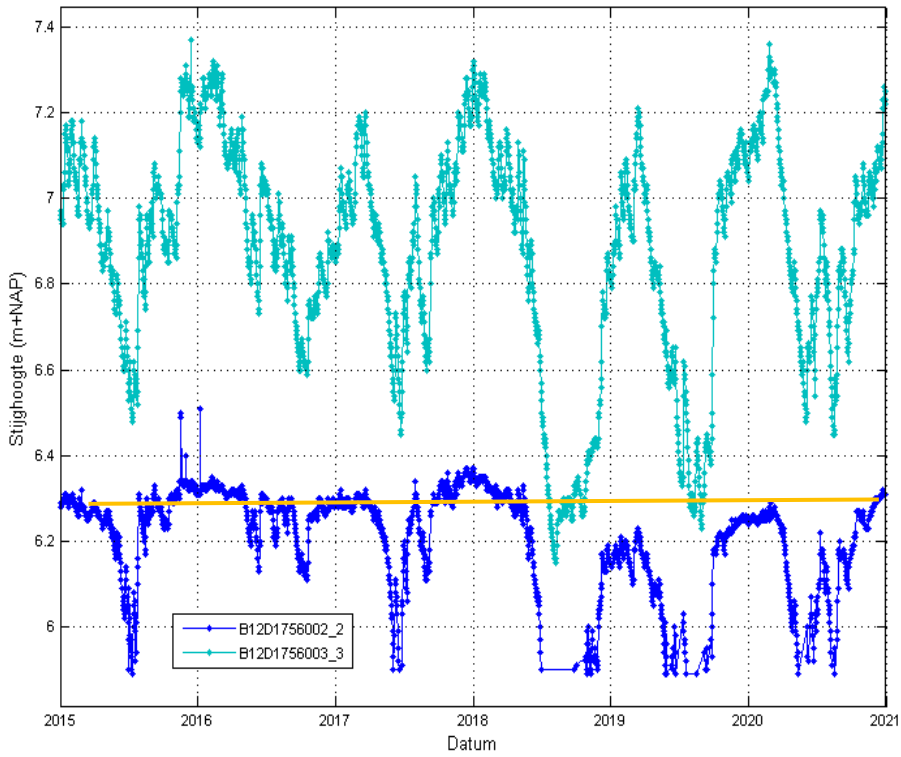
Figuur 2-26 Filter halverwege de Flank bij Lage Maden, Loonerdiep. Ondiep filter (_2) op NAP +5,2m, diepe filter (_3) op NAP -2,7m. Boorbeschrijving rechts: geel is zand, paars is veen, lichtroze is leem. Blauwe blokjes geven de filterstelling weer.

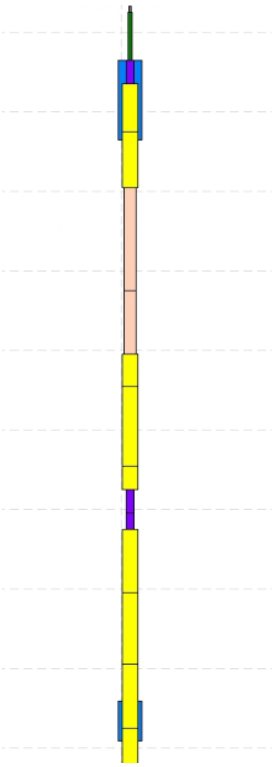


Figuur 2-27. Filter hoger op de Flank bij Lage Maden, Loonerdiep. Ondiep filter (_2) op NAP +6,3m, diepe filter (_3) op NAP -1,51m. Boorbeschrijving rechts: geel is zand en paars is veen. Blauwe blokjes geven de filterstelling weer.

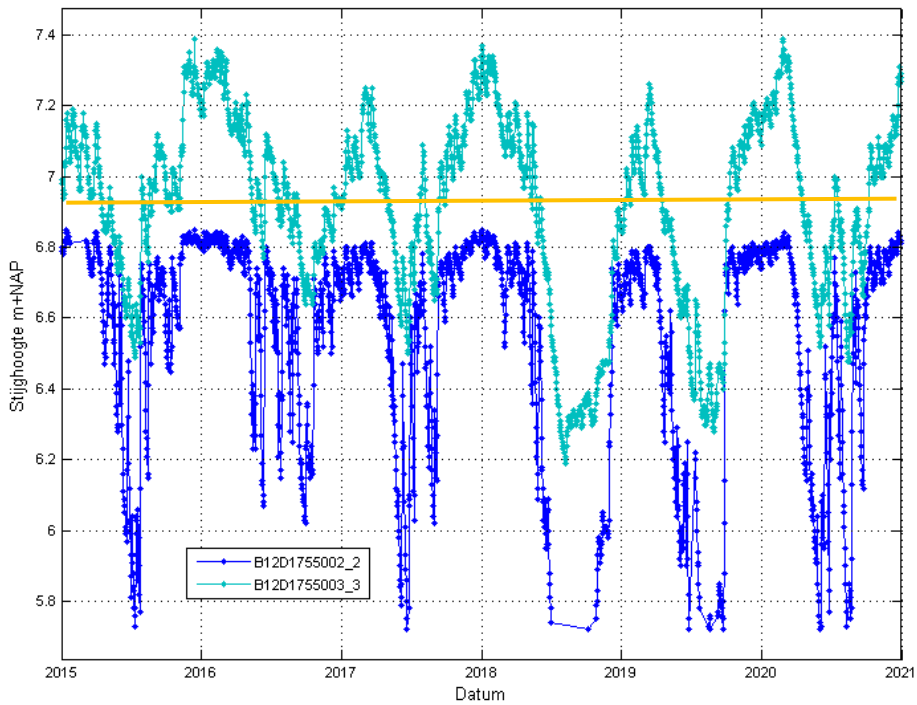
Vergelijkbare potentiaalverschillen en steile gradiënten zien we ook ter plaatse van de raai in het Smalbroekerloopje en de raai bij Loon. De diepere stijghoogte komt in deze gebieden ruim boven het maaiveld, met als gevolg dat de freatische grondwaterstanden in het beekdal in droge perioden niet of nauwelijks uitzakken.

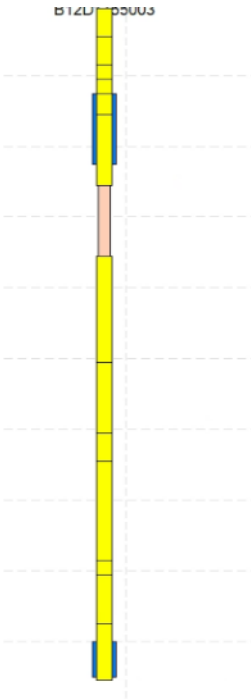
De meest zuidelijk raai, vlakbij het wingebied, laat wel een iets ander beeld zien, zie Figuur 2-28 t/m Figuur 2-30. Er is nog steeds sprake van een kweldruk met diepere stijghoogten in het beekdal tot boven maaiveld. De overdruk is echter wel minder groot en hoe verder van de beek, hoe vaker ook de diepere stijghoogte (onder beekleem) uitzakt tot onder maaiveld. In de zomer zakt de stijghoogte ook uit tot onder het oppervlaktewaterpeil van het Afleidingskanaal (NAP +6,62m). Alleen in de winter werkt deze drainerend op het grondwater. In de zomer infiltreert oppervlaktewater naar het grondwater.



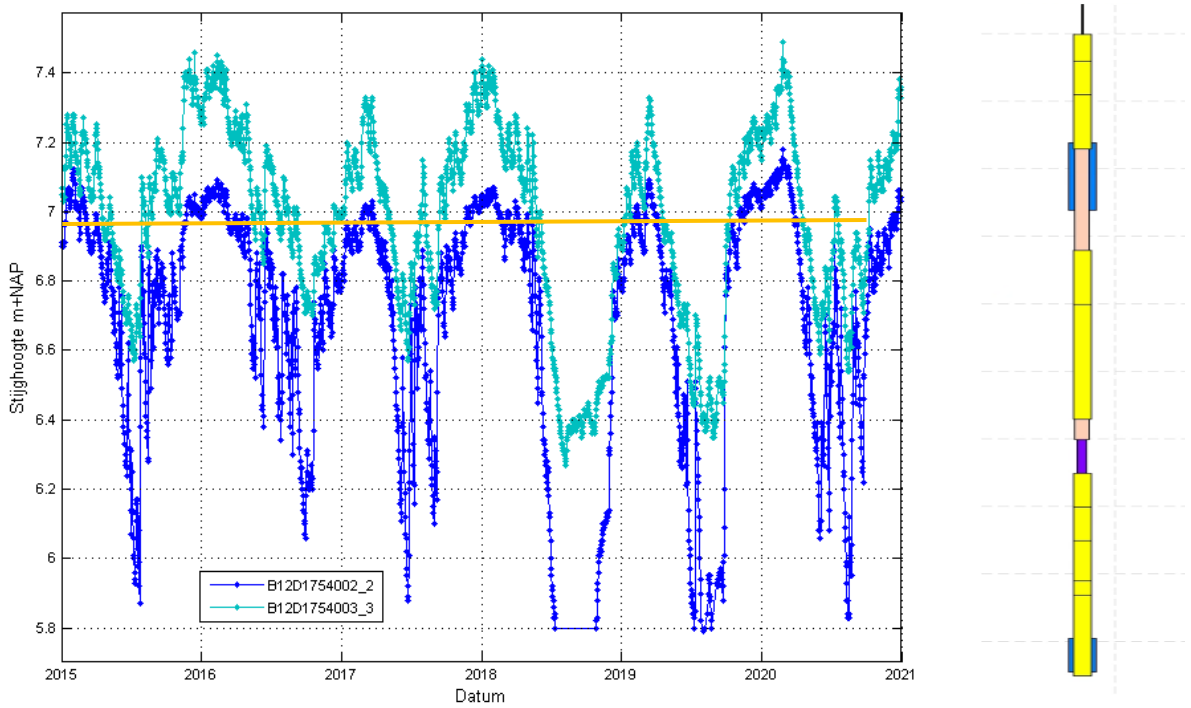


Figuur 2-28. Peilbuis nabij puttenveld in beekdal. Ondiep filter op NAP +5,65m, diepe filter op NAP -2,91m. Boorbeschrijving: geel is zand, roze is leem en paars is veen. Blauwe blokjes geven de filterstelling weer.





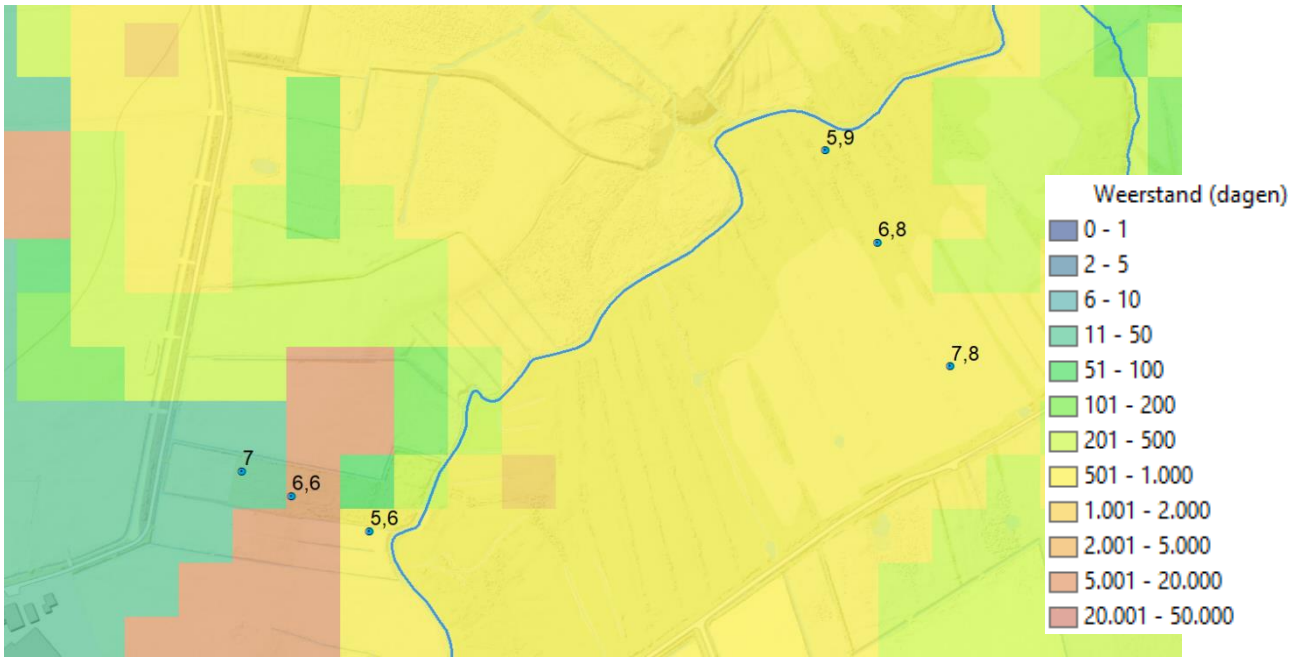
Figuur 2-29. Peilbuis nabij puttenveld iets hoger op flank. Ondiep filter op NAP +4,74m, diepe filter op NAP -2,5m. Boorbeschrijving: geel is zand en roze is leem. Blauwe blokjes geven de filterstelling weer.



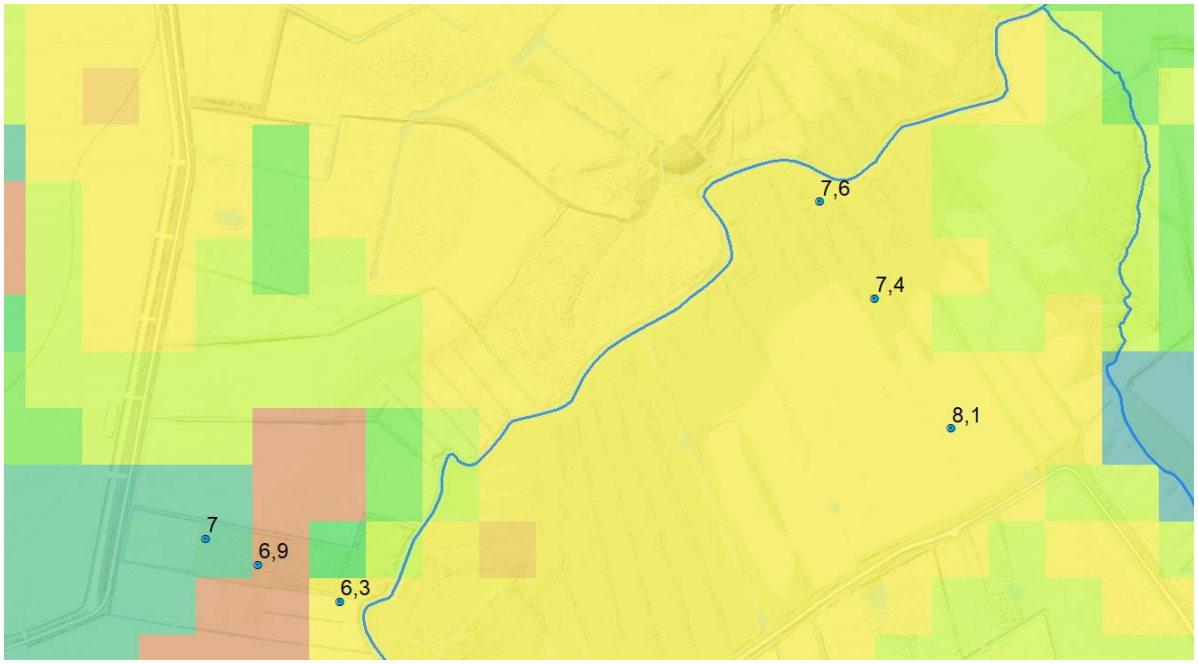
Figuur 2-30 Peilbuis nabij puttenveld nabij Afleidingskanaal. Ondiep filter op NAP +4,38m, diepe filter op NAP -2,45m. Boorbeschrijving: geel is zand, roze is leem en paars is veen. Blauwe blokjes geven de filterstelling weer.

2.6.3 Opbolling tussen de beekdalen

Behalve de grote kweldruk valt ook de sterke gradiënt van het freatische grondwater op de flanken van het beekdal op, zie Figuur 2-31. De opbolling bedraagt hier ruim 1,5m over een afstand van slechts 125 à 250m. Deze sterke opbolling is alleen mogelijk bij een beperkte doorlatendheid van de aanwezige zandlagen in combinatie met aanwezige verticale weerstanden. De gradiënt in de diepere filters (onder een eventuele beekleem) is aanzienlijk kleiner, maar nog steeds relatief groot.



Figuur 2-31. Gemiddelde freatische grondwaterstanden in m+NAP (2010-2020) ter plaatse van de raaien van het meetnet verdroging Loonerdiep met op de achtergrond de weerstand van de Peeloklei1 in combinatie met de terugvalzanden (C modellaag 4 geactualiseerd basismodel in dagen)



Figuur 2-32. Gemiddelde stijghoogte diepe filters in m +NAP (2010-2020) ter plaatse van de raaien van het meetnet verdroging Loonerdiep met op de achtergrond de weerstand van de Peeloklei1 in combinatie met de terugvalzanden (C modellaag 4 geactualiseerd basismodel in dagen)

3. Modelactualisatie

3.1 Werkwijze benodigde modelverbeteringen

Voor deze studie is een uitsnede gemaakt uit het MIPWAv4.1.2 moedermodel. Het model is doorgerekend met iMOD 5.5 en de bijbehorende MetaSWAP versie.

In dit hoofdstuk zijn de doorgevoerde modelverbeteringen beschreven. Het model is op vier onderdelen verbeterd, zie Tabel 3-1: de ondergrond schematisatie is aangepast voor de Peeloformatie en beekleem, de onttrekkingen van de winning Assen Oost zijn herverdeeld over de putten, het oppervlaktewater is geactualiseerd en de buisdrainage van N2000 externe werking is toegevoegd.

Tabel 3-1. Samenvatting modelverbeteringen

Module	Beschrijving aanpassing
Lagenmodel: Peeloformatie	1. SkyTEM verwerkt volgens TopSOIL-methode 2. Peeloklei2 en Peelozand3 aangepast ter plaatste van het puttenveld
Lagenmodel: Beekleem	1. Beekleemkartering provincie Drenthe (1985) verwerkt in gehele modelgebied 2. (Concept) grondradarresultaten Rolderdiep verwerkt 3. Resultaten gevoeligheidsanalyse beekleem verwerkt
Onttrekkingen	Onttrekkingsdebieten winning Assen Oost herverdeeld over putten op basis van pompcapaciteit
Oppervlaktewater	Het oppervlaktewatersysteem is aangepast op een aantal locaties binnen het interessegebied: 1. Verdeelwerk Loon 2. Afleidingskanaal 3. Havenkanaal 4. Deurzerdiep 5. Looner- en Taarlooschediep
Buisdrainage	Buisdrainage N2000 externe werking toegevoegd

In de hierna volgende paragrafen zijn de doorgevoerde aanpassingen nader zijn toegelicht.

3.2 Actualisatie ondergrond

3.2.1 Schematisatie modellagen

Het MIPWA model voor Assen Oost is een uitsnede uit het MIPWA moeder model. Bij het maken van de uitsnede is het model onderverdeeld in 10 watervoerende en 9 weerstand-biedende lagen. Daarbij is de volgende indeling gehanteerd, zie Tabel 3-2. Een volledige tabel, inclusief het % voorkomen en gemiddelde doorlatendheden is opgenomen in bijlage 3:

Tabel 3-2. Schematisatie modellagen

Laag	Eenheid
WVL1	Maaiveldeenheid (dummy laag)
SDL1	Holocene deklaag/veen
WVL2	Boxtel zand 2
SDL2	Beekleem/ Boxtelklei 1
WVL3	Boxtelzand 3
SDL3	Drenthe Gieten klei (keileem)
WVL4	Drenthe, Urk en Peelozand1
SDL4	Peeloklei 1
WVL5	Peelozand 2
SDL5	Peeloklei 2
WVL6	Peelozand 3, Urkzand 4
SDL6	Urk-klei 3
WVL7	Urk-zand 5, Appelscha, PZWA-zand
SDL7	Peize klei
WVL8	PZWA-zand, PZC-zand
SDL8	Peize complex- kleideel
WVL9	PZWA-zand en Maassluiszand
SDL9	Maassluis complex- kleideel
WVL10	Oosterhout zand

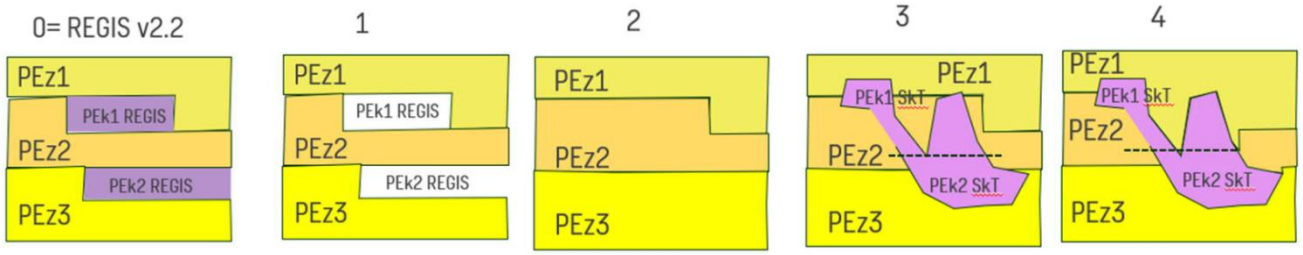
3.2.2 Peeloformatie

De Peeloformatie is in twee stappen aangepast in het model:

1. De SkyTEM is verwerkt;
2. De Peeloklei2 en Peelozand3 is verbeterd ter plaatse van het puttenveld.

<u>Ad.1 SkyTEM</u>

De SkyTEM data is verwerkt op dezelfde manier als in het TopSoil project en is in deze paragraaf kort samengevat (voor meer informatie: ‘Drentsche Aa SkyTEM-lagenmodel, Sweco 2021 pagina 48).



Figuur 3-1 Schematische weergave inbranden kleilagen SkyTEM binnen REGIS lagenmodel (uit 'Drentsche Aa SkyTEM-lagenmodel', Sweco 2021)

De TopSoil methode bestaat uit drie onderdelen:

A. het geogenetisch consistent inbranden van de kleilagen binnen het SkyTEM gebied in het lagenmodel, zie Figuur 3-1
B. het verwerken van de terugvalzanden via een KVA-factor, ook binnen het SkyTEM gebied en
C. Het aanpassen van de weerstand van de Peeloklei1 en Peeloklei2 buiten het SkyTEM gebied.

(A) In Figuur 3-1 zijn de stappen van het inbranden van de kleilagen schematisch weergegeven. 0 geeft het REGIS v2.2 lagenmodel weer. Vervolgens wordt in stap 1 zowel de Peeloklei1 als Peeloklei2 verwijderd. In stap 2 worden deze gaten van onderuit opgevuld met Peelozand2 en Peelozand3. Vervolgens worden in stap 3 de Peeloklei1 en Peeloklei2 uit SkyTEM hard ingebrand in dit lagenmodel waarna dit in stap 4 geogenetisch consistent wordt gemaakt. De weerstand van de kleilagen is overgenomen uit het SkyTEM onderzoek en de Peelozanden houden de horizontale doorlaatbaarheid zoals gedefinieerd in REGIS v2.2.

(B) De terugvalzanden zijn naar verwachting fijne, weerstand-biedende zandlagen. Deze weerstanden zijn verwerkt in het model via een KVA-factor voor Peelozand2. Als deze eenheid niet aanwezig is, is de weerstand toegekend aan het Peelozand1. In MIPWAv4.1.2 wordt de helft van de weerstand in de slecht doorlatende laag boven de betreffende zandlaag toegekend en de andere helft aan de slecht doorlatende laag onder de zandlaag.

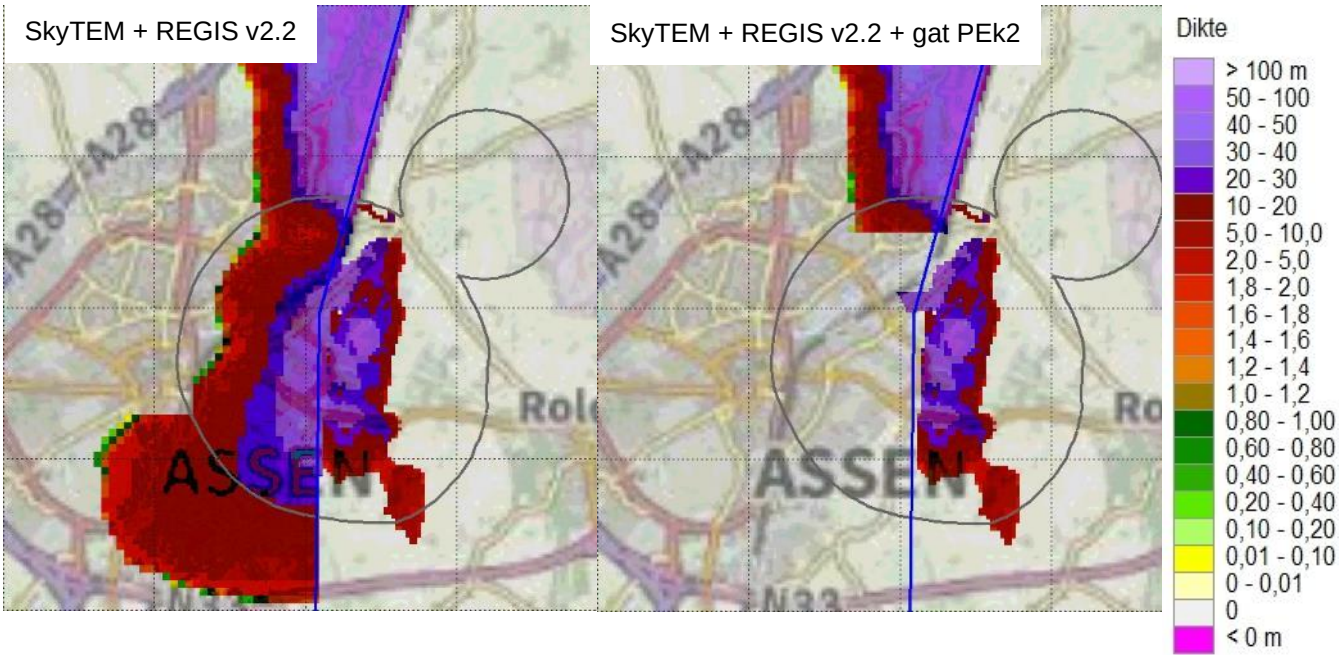
(C) In het TOPSoil project is in samenspraak met TNO bepaald dat, als de weerstand van de Peeloklei buiten het SkyTEM gebied lager is dan 20.000 dagen, de weerstand door 10 wordt gedeeld. Vanwege een aanvullende analyse naar de Peeloformatie onder de kop van het Havenkanaal is besloten om voor de huidige studie de grens van 20.000 dagen op te schuiven naar 25.000 dagen. Deze aanpassing is voor zowel de Peeloklei1 als Peeloklei2 doorgevoerd.

<u>Ad.2. Peelo klei2 en Peelo zand3 ter plaatse van het puttenveld</u>

Naast de verwerking van de SkyTEM-inzichten is er op basis van de resultaten van de systeemanalyse een extra aanpassing gedaan ter plaatse van het puttenveld van de winning Assen Oost. In het gebied rondom de winning is de Peeloklei2 verwijderd en het gat dat hierdoor is ontstaan, is opgevuld met

Peelozand3. Op de locaties waar volgens REGISv2.2 geen Peelozand3 aanwezig is en de Peeloklei2 is verwijderd, is er een kh van 20 meter/dag toegekend aan het zand. In Figuur 3-2 is de dikte van de Peeloklei2 voor en na het verwijderen van de klei rondom het puttenveld weergegeven.

De resulterende dikten van de Peelo klei 1 en Peeloklei 1 in het interessegebied na alle aanpassingen zijn weergegeven in bijlage 4. De totale weerstand van de Peelo, inclusief de Peelo-terugvalzanden voor het hele modelgebied, is weergegeven in bijlage 3.



Figuur 3-2 Locatie waar de Peeloklei2 is verwijderd uit het model

3.2.3 Boxtelklei1 (beekleem)

Drie beekleem aanpassingen zijn doorgevoerd:

1. De Beekleemkartering van de provincie Drenthe (1985) is verwerkt in gehele modelgebied;
2. De (Concept) grondradarresultaten vanuit het project Rolderdiep is verwerkt (Zie rapport Geohydrologische systeemverkenning Rolder- en Andersche Diep, Sweco, 2023);
3. De resultaten op basis van een gevoeligheidsanalyse voor de beekleem is verwerkt.

Uit een gevoeligheidsanalyse bleek dat het modelresultaat op veel plekken verbeterde door het toevoegen van meer beekleem in de beekdalen. Op deze plekken, is een laag beekleem van 1 m dikte met een weerstand van 200 dagen toegevoegd aan het model.

In Tabel 3-3 is samengevat hoe de eenheden van de Boxtelformatie verwerkt zijn. Voor de bovenkant van de Boxtelklei1 is uitgegaan van de onderkant van de bovenliggende Boxtelzand 2, met een minimale diepte van 1 m-mv. Waar nodig is de onderkant van het Boxtelzand2 dus verlaagd naar 1 m-mv. Op deze plekken krijgt het zand een kh waarde van 5 m/dag. De Boxtelklei1 krijgt een kv waarde van 0,01 dag/m voor de grondradar en beekleemkaart en een kv waarde van 0,005 dag/m op de plekken waar beekleem is toegevoegd op basis van de gevoeligheidsanalyse.

De resulterende weerstand van de Beekleem voor het hele modelgebied is weergegeven in Bijlage 3 (C laag 2). De dikte van de beekleem na doorvoering van alle actualisaties is weergegeven in bijlage 5.

Tabel 3-3 Parametrisatie aangepaste eenheden Boxtelformatie

Eenheid	Parametrisatie
Boxtelzand2 (BXz2)	Bovenkant: REGIS Onderkant: REGIS, minimaal 1 m-mv kh: 5 m/dag
Boxtelklei1 (BXk1): grond-radar en beekleemkaart	Bovenkant: onderkant BXz2 Onderkant: bovenkant – dikte beekleemkartering kv: 0,01 dag/m
Boxtelklei1 (BXk1): gevoe-ligheidsanalyse	Bovenkant: onderkant BXz2 Onderkant: bovenkant – 1 m kv: 0,005 dag/m

3.3 Onttrekkingen

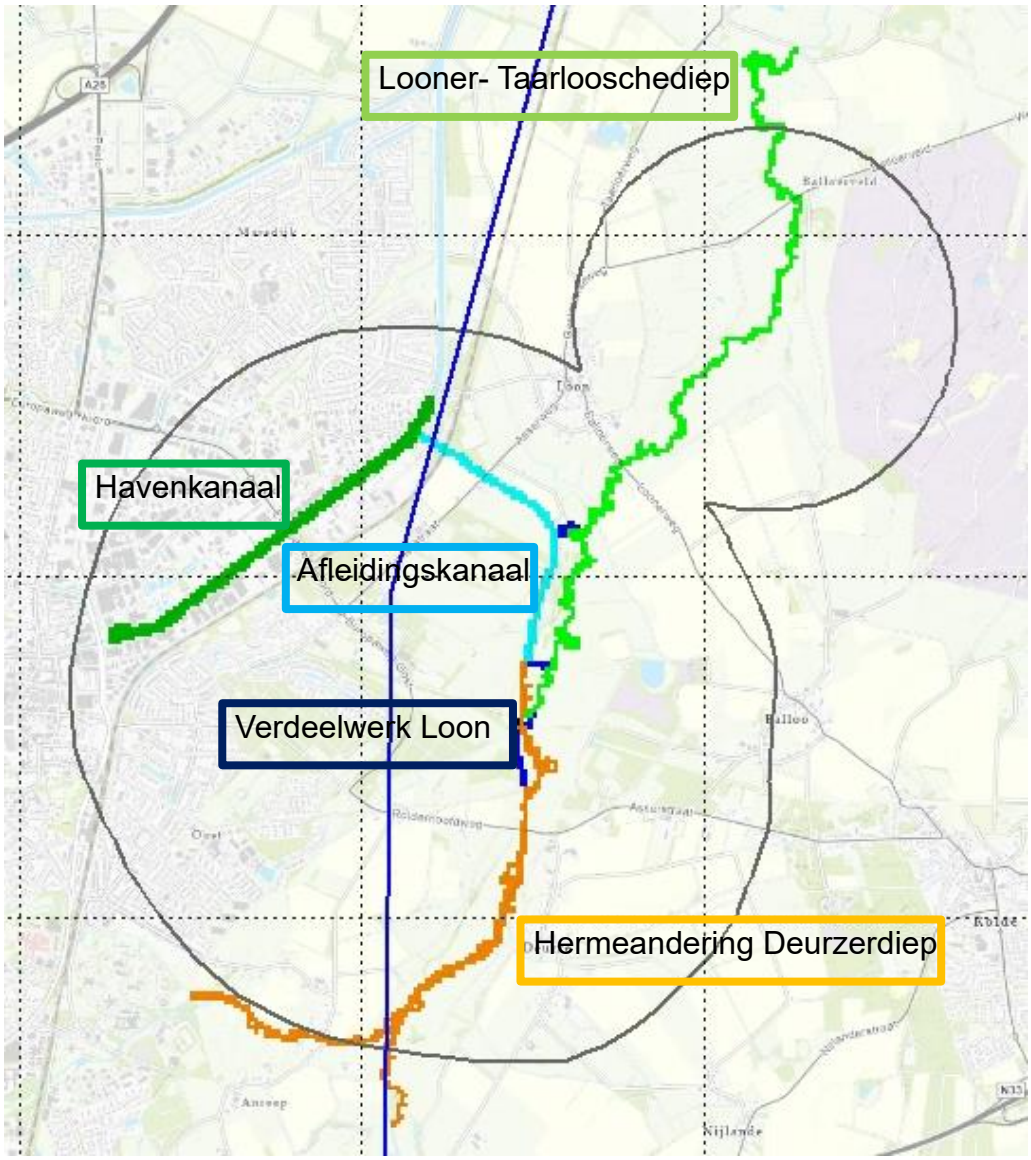
De onttrekkingen voor Assen Oost zijn in zowel het stationaire als niet stationaire model gecorrigeerd naar rato van de putcapaciteit (zie Tabel 3-4). Zie Figuur 2-11 voor de ligging van de putten en de stationaire dag-debieten na de herver-deling).

Tabel 3-4 percentages capaciteit onderwaterpompen

Pompput	% van totale capaciteit	Pompput	% van totale capaciteit
ASPP01	4,38%	ASPP16	5,78%
ASPP02	3,17%	ASPP17	6,43%
ASPP04	3,36%	ASPP18	5,87%
ASPP06	4,29%	ASPP19	6,24%
ASPP09	3,82%	ASPP20	2,98%
ASPP10	3,63%	ASPP21	5,96%
ASPP11	4,19%	ASPP22	8,48%
ASPP12	7,92%	ASPP23	6,90%
ASPP13	5,41%	ASPP24	4,85%
ASPP15	6,34%		

3.4 Topsysteem en drainage

In Figuur 3-3 zijn de 5 gebieden weergegeven waar aanpassingen zijn doorgevoerd in het oppervlaktewater systeem. Daarnaast is de buisdrainage uit N2000 externe werking verwerkt in het model.



Figuur 3-3 Locaties aanpassingen oppervlaktewatersysteem

Het oppervlaktewater systeem in MIPWA is geschematiseerd in vier bestanden:

1. STAGE: het peil in een watergang een cel.
2. BOTTOM: de bodemhoogte van de watergang in een cel.
3. INFFCT: de infiltratiefactor die weergeeft of er sprake is van alleen drainage (INFFCT = 0), of ook infiltratie (INFFCT > 0). Standaard staat de infiltratiefactor van vrij afwaterende watergangen op 0. De legger waterlopen op 0,33 of 0,16 en de Drentse kanalen op 0,1.

4. COND: de conductance is een maat voor de weerstand die aanwezig is tussen het grondwater en het oppervlaktewater.

In Tabel 3-5 is een samenvatting gegeven van de aanpassingen die zijn uitgevoerd voor de vijf gebieden. In paragraaf 3.4.1 t/m 3.4.4 wordt dieper ingegaan op deze aanpassingen.

Tabel 3-5 Samenvatting aanpassingen oppervlaktewatersysteem

Watergang	Gebruikte data	Aanpassingen
Deurzerdiep	SOBEK-model (aangeleverd door WHA)	STAGE, BOTTOM, INFFCT & COND uit SOBEK-model
Looner- en Taarlooschediep	- Meetreeksen oppervlaktewaterstand (WHA) - Bodemhoogtes ingemeten profielen (WHA, 2017)	STAGE: mediaan uit meetreeks geïnterpoleerd tussen meetpunten BOTTOM: geïnterpoleerd tussen profielen INFFCT: 0 COND: uit top10vlakkenbestand tenzij niet aanwezig, dan 100
Afleidingskanaal	- Oppervlaktewaterstand ingemeten profielen (WHA, 2005) - Bodemhoogte legger (WHA)	STAGE = 6,6 m NAP BOTTOM = 5,1 m NAP INFFCT = 0,1 COND = -
Verdeelwerk Loon	Kaartje gedempte waterlopen (Figuur 2-14)	STAGE, BOTTOM, INFFCT & COND NoData
Havenkanaal	- Ingemeten profielen bodemhoogte	STAGE: aangepast verhoogd binnen kop naar 9,1 m NAP BOTTOM: geïnterpoleerd tussen profielen INFFCT en COND: - HFB package toegevoegd om damwand te simuleren

3.4.1 Deurzerdiep

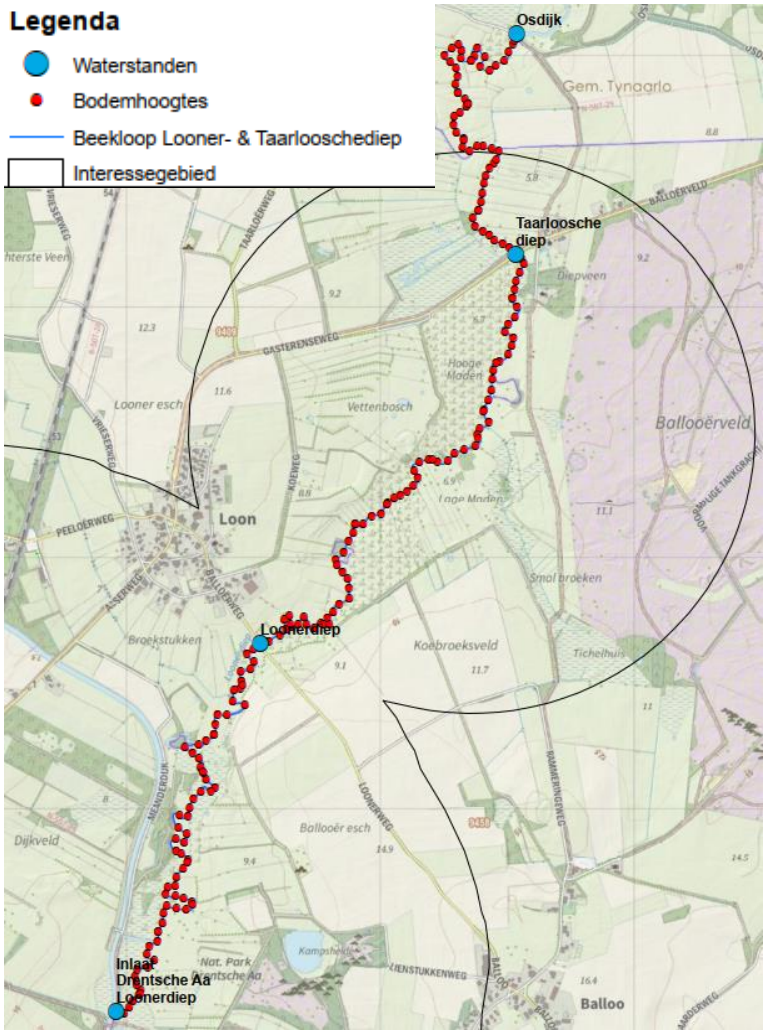
Voor de hermeandering van het Deurzerdiep is het door het waterschap aangeleverde SOBEKmodel verwerkt in MIPWA. De 0,2Q is gebruikt als winterpeil, de 0,05Q als zomerpeil en het gemiddelde is gebruikt in stationaire berekeningen.

3.4.2 Looner- en Taarlooschediep

Voor het Looner- en Taarlooschediep is een groot aantal bodemhoogtes uit ingemeten profielen uit 2017 beschikbaar (Waterschap Hunze en Aa's, Figuur 3-4). Deze bodemhoogtes zijn lineair geïnterpoleerd langs de watergang van het Looner- en Taarlooschediep vanaf het verdeelwerk Loon. Het verschil tussen de gemeten bodemhoogten en de originele bodemhoogten in het MIPWA v4.1.2 moedermodel is weergegeven in bijlage 6.

De mediane waterstanden zijn eveneens lineair geïnterpoleerd langs de watergang van het Looner- en Taarlooschediep. De mediaan is bepaald van de meetreeks over de hele beschikbare periode 01-10-2017 – 01-10-2022. Er is gekozen om data t/m 2022 mee te nemen zodat de droge zomers van 2018-2020 niet een te grote impact hebben op de berekende mediane waterstanden. Het verschil tussen de gemeten mediane waterstanden en de originele waterstanden in het MIPWA v4.1.2 moedermodel is weergegeven in bijlage 7.

Omdat de beek vrij afwatert is de infiltratiefactor op 0 gezet wat betekent dat de beek alleen kan draineren en niet infiltreert. Op de plekken waar nog geen conductance aanwezig was, is een conductance aangehouden van 100 m2/dag, vergelijkbaar met de aangrenzende delen van de beekloop.



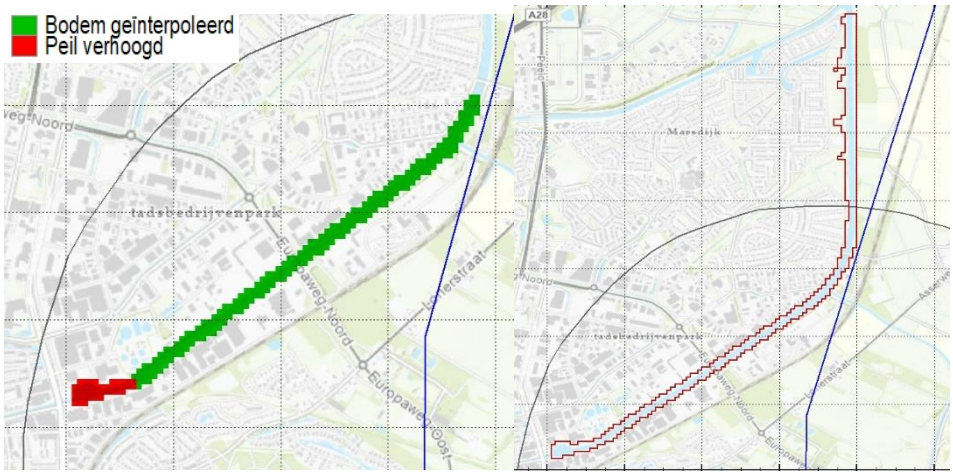
Figuur 3-4 Locaties meetreeksen oppervlaktewaterstanden en bodemhoogtes ingemeten profielen Looner- en Taarlooschediep

3.4.3 Afleidingskanaal

Omdat in het Afleidingskanaal nauwelijks schommeling in waterstand aanwezig is, is gewerkt met vaste waarden. De waterstand is langs het gehele Afleidingskanaal op 6,6 m NAP gezet en de bodemhoogte is met 1 meter verlaagd naar 5,1 m NAP. Verder is de infiltratiefactor in het hele Afleidingskanaal op 0,1 gezet overeenkomstig de kanalen in Drenthe. De conductance is niet aangepast en daarmee conform MIPWAv3,0.

3.4.4 Havenkanaal

In het Havenkanaal zijn drie aanpassingen gedaan: het peil in de kop van het Havenkanaal is verhoogd, de bodemhoogte van het Havenkanaal is geïnterpoleerd op basis van ingemeten profielen en het kanaal is in damwanden gelegd. In Figuur 3-5 (links) is in het rood aangegeven waar het peil in het kanaal is verhoogd van 6,6 m NAP naar 9,1 m NAP. Binnen het groene gebied in Figuur 3-5 is de bodemhoogte opnieuw geïnterpoleerd op basis van ingemeten profielen uit 2019 (aangeleverd door gemeente Assen). In de rechterfiguur is de damwand weergegeven. Deze is zeer ondoorlatend en loopt door tot de bovenkant van de Peeloklei.



Figuur 3-5 Aanpassingen Havenkanaal

3.4.5 Verwerking verdeelwerk Loon

Zoals beschreven in de systeemanalyse zijn er in 2015 aanpassingen gedaan bij het verdeelwerk Loon waarbij een aantal watergangen is gedempt (zie Figuur 2-14). In het model zijn de gedempte watergangen verwijderd uit de oppervlaktewaterbestanden.

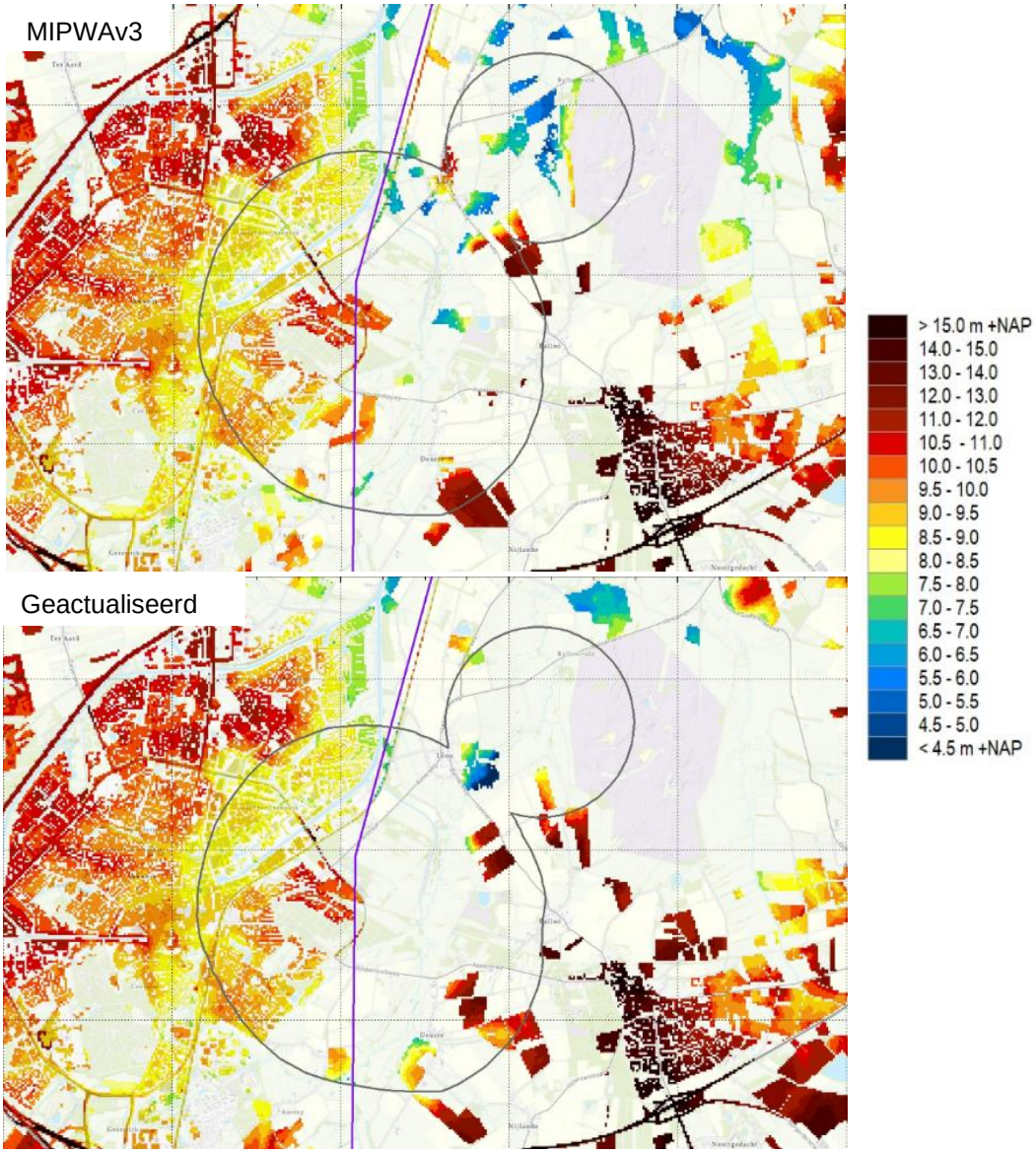
3.4.6 Buisdrainage N2000

In het kader van ‘N2000 externe werking’ is buisdrainage binnen N2000 gebieden opnieuw geïnventariseerd. Binnen deze gebieden zijn de peilen van de buisdrainage aangepast in het model. Hierbij is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- Binnen N2000 gebieden, zoals aangeleverd bij de dataset, is het peil overgenomen uit het nieuwe buisdrainagebestand;
- Als het peil van de buisdrainage lager kwam dan 3 m-mv is het peil op 1 m-mv gezet. Hier is naar verwachting sprake geweest van een typefout;

- Op plekken waar geen conductance aanwezig was binnen de N2000 gebieden is een conductance aan de buisdrainage toegekend van 8,803, overeenkomstig omliggende gedraineerde percelen.

In Figuur 3-6 zijn de peilen van de buisdrainage weergegeven van het oorspronkelijke MIPWA topsysteem (boven) en de geactualiseerde buisdrainage (onder) ingezoomd op het interessegebied.



Figuur 3-6 Veranderingen in ligging en peil buisdrainage ingezoomd op het interessegebied

4. Modelresultaat en -beoordeling MIPWAv4.1.2 Assen Oost

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de modelresultaten en beoordeling van het model voor Assen Oost beschreven. Na een beschrijving van de resulterende grondwaterstanden en stijghoogten, is het model in de volgende paragrafen beoordeeld aan de hand van:

- Modelstatistieken;
- Ruimtelijke residuen (verschil gemeten-berekende stijghoogten GxG);
- Meetreeksen (dynamiek en uitzakkingsverloop);
- De systeemwerking, relatie beekdal-flanken;
- Afvoeren;
- Grondwaterstanden en kwelwegzijging ter plaatse van grondwatergevoelige habitattypen.

4.2 Modelresultaat

4.2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden “GxG’s” veelvuldig besproken. In deze rapportage zijn daarbij de volgende definities gehanteerd:

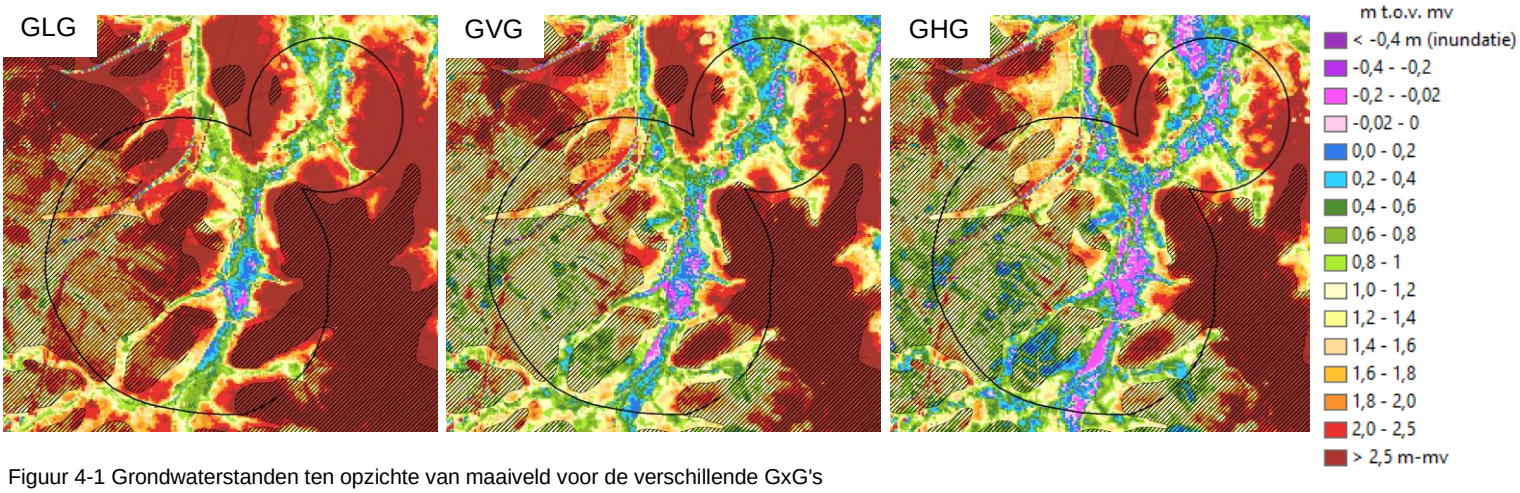
1. GHG: gemiddeld hoogste grondwaterstand. Gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden per hydrologisch jaar (1 april – 31 maart) gemiddeld over de periode 2010-2020.
2. GLG: gemiddeld laagste grondwaterstand. Gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden per hydrologisch jaar (1 april – 31 maart) gemiddeld over de periode 2010-2020.
3. GVG: gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand. Gemiddelde grondwaterstand over 14 maart, 28 maart en 14 april over de periode 2010-2020.

4.2.2 Grondwaterstanden t.o.v. maaiveld

In Figuur 4-1 zijn de met het model berekende grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld weergegeven binnen het interessegebied, voor de verschillende GxG situaties. In de GHG is het nat langs de beek en inunderen grote delen van het Deurzerdiep en Loonerdiep. In de GLG situatie wordt met het model

lokaal nog steeds innundatie berekend ter plaatse van Deurzerdiep. Op de flanken en op het plateau zakt het grondwater, zeker in de GLG situatie, diep uit. Schijngrondwaterspiegels boven de keileem kunnen niet met het model worden berekend, en ontbreken daarom in onderstaande figuren. Gebieden met ondiepe keileem, waar deze schijnspiegels verwacht worden, zijn in onderstaande figuren gearceerd

.



Figuur 4-1 Grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld voor de verschillende GxG's

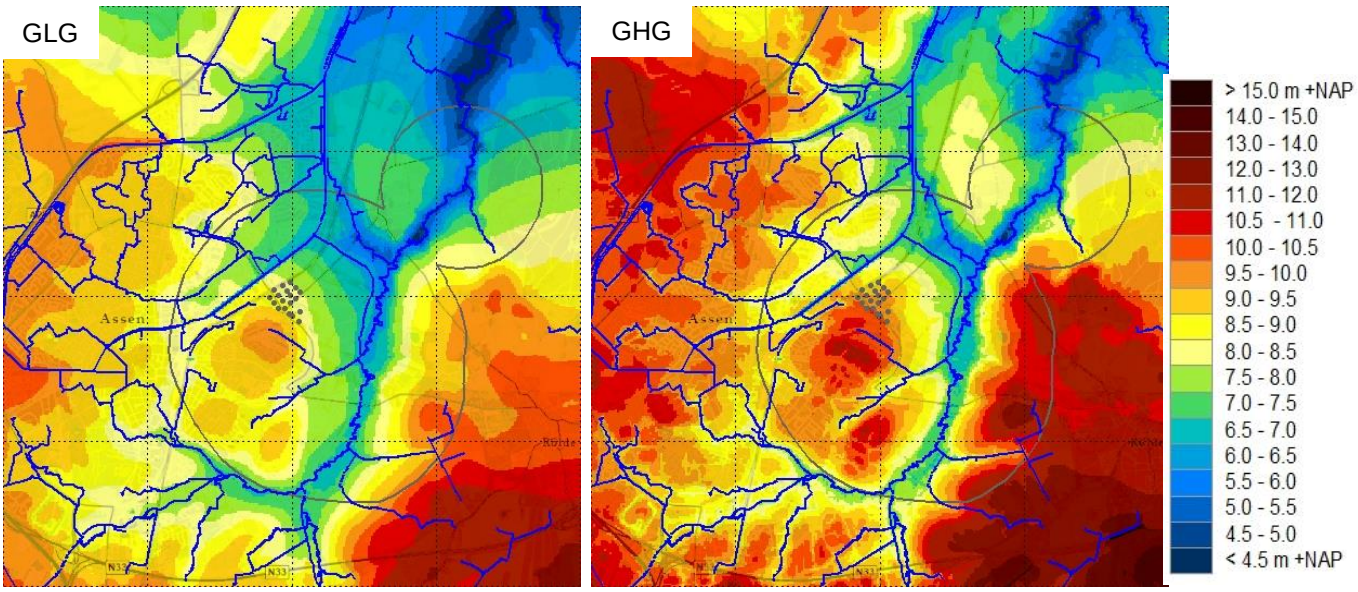
4.2.3 Berekende stijghoogtes

In bijlage 8 zijn de berekende GHG, GVG en GLG (2010-2020) ten opzichte van NAP weergegeven voor twee modellagen:

1. Het freatische grondwater boven de keileem en beekleem (WVL1, watervoerende laag 1);
2. De regionale stijghoogte uit het watervoerende pakket onder de Peeloklei (WVL6, watervoerende laag 6).

In onderstaande paragraaf zijn deze nader toegelicht en zijn enkele figuren uitgelicht in de tekst.

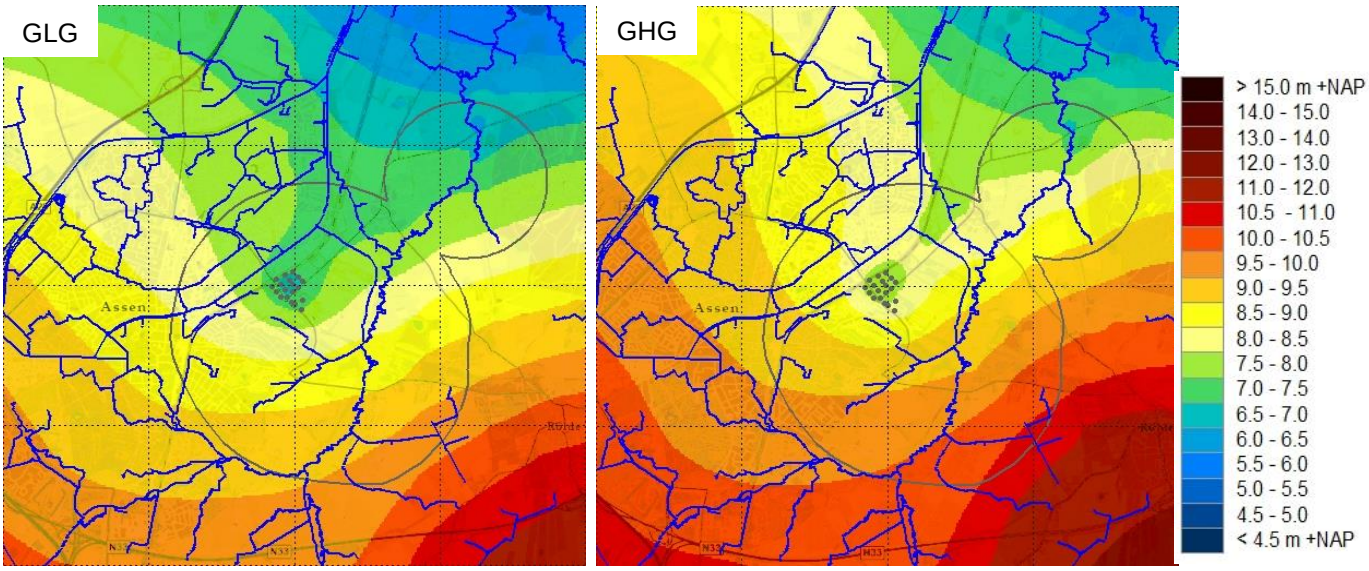
Freatische stijghoogten
In Figuur 4-2 zijn de freatische stijghoogten ten opzichte van NAP weergegeven voor de GLG en GHG. De stijghoogten tonen een opbolling met steile gradiënten. De opbolling is groter in de GHG dan in de GLG situatie. In het beekdal worden de stijghoogten bepaald door het oppervlaktewaterpeil (in het model een vast mediaan peil), het maaiveld en de kweldruk waardoor de stijghoogte in de zomer nauwelijks uitzakt.



Figuur 4-2 Freatische grondwaterstanden (modellaag 1). De grijze bollen geven de ligging vn het puttenveld Assen Oost weer

Regionale stijghoogten watervoerende pakket

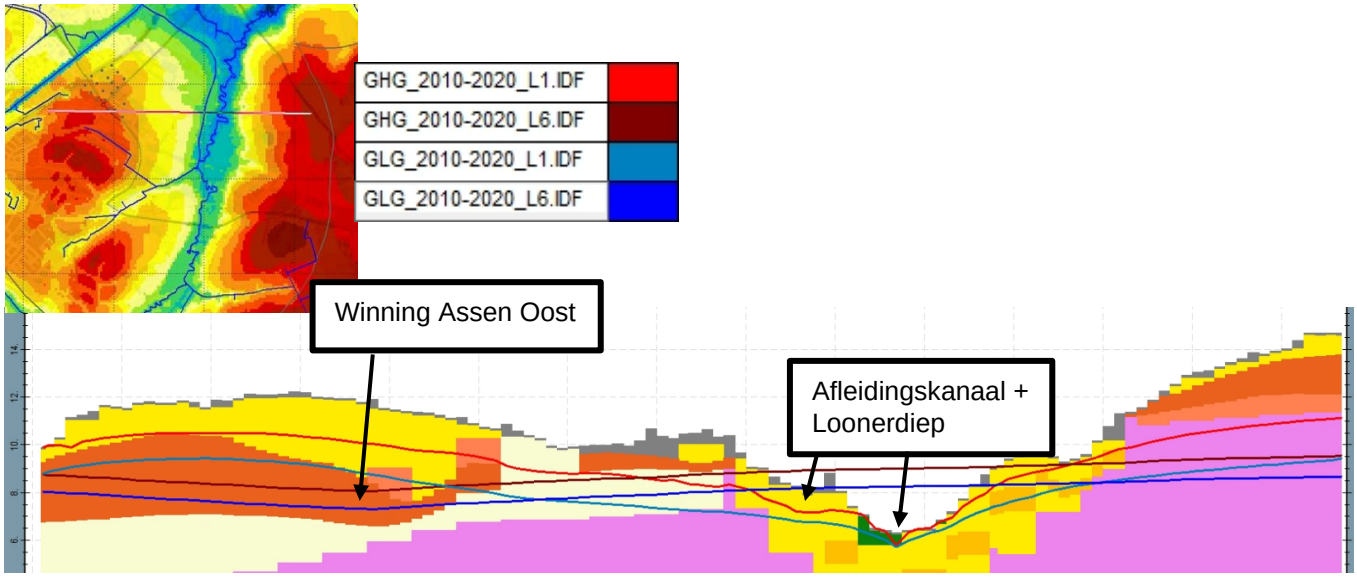
In Figuur 4-3 zijn de regionale stijghoogten in het watervoerende pakket onder de Peeloklei weergegeven. Ter plaatse van de drinkwaterwinning Assen Oost is in beide GxG's een verlaging van de stijghoogte zichtbaar. In het noordelijke gedeelte van het interessegebied zien we een kleine afbuiging van de regionale stijghoogte richting de beekloop. Hier ontbreken de Peelo weerstanden en is alleen een beekleemweerstand aanwezig in de ondergrond. Hierdoor heeft de beek een drainerend effect op de regionale stroming.



Figuur 4-3 Stijghoogten watervoerend pakket onder Peeloklei (modellaag 6)

In Figuur 4-4 is een dwarsdoorsnede getrokken door het puttenveld en het Loonerdiep waarbij de freatische grondwaterstanden en regionale stijghoogte voor zowel de GHG als de GLG zijn geplot:

- De lichtblauwe en licht rode lijn zijn de freatische stijghoogten voor respectievelijk de GLG en GHG situatie. Hierin is te zien dat deze freatische stijghoogten sterk naar de beek toe worden getrokken en vervolgens oplopen de flank op.
- De donkerbruine en donkerblauwe lijnen zijn de diepe stijghoogten voor de GHG en GLG situatie. Als gevolg van de aanwezige weerstanden bevindt de diepe stijghoogte zich in het beekdal ruim boven maaiveld. Het effect van de drinkwaterwinning Assen Oost is zichtbaar als een kleine dip in de diepe stijghoogte onder de Peeloklei.

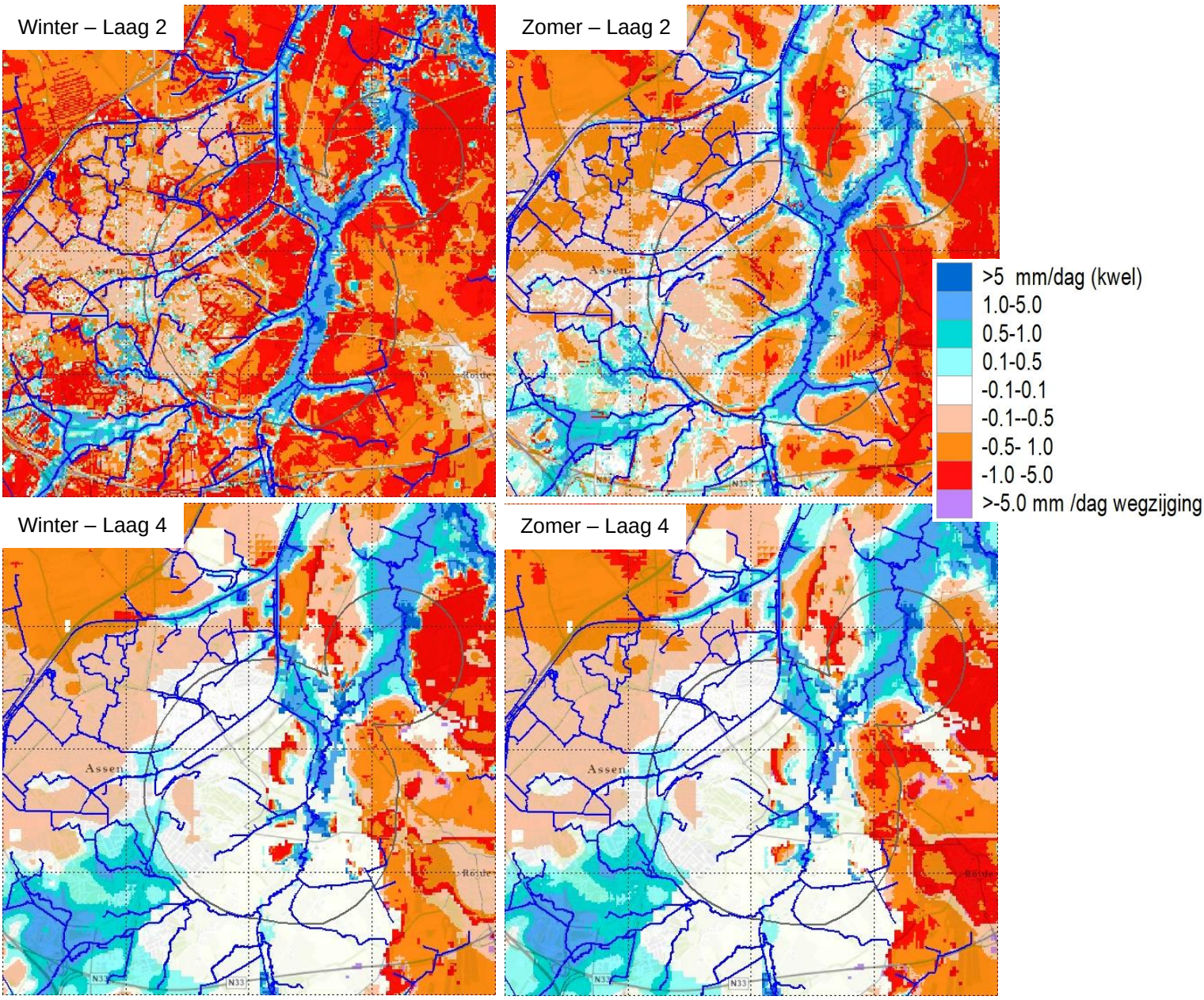


Figuur 4-4 Dwarsdoorsnede met freatische grondwaterstanden en diepe stijghoogtes

4.2.4 Kwel/wegzijging

In de dwarsdoorsnede is te zien dat er in het beekdal een grote kweldruk wordt berekend. Vanuit het beekdal de flanken omhoog slaat de kwel om in wegzijging: de freatische grondwaterstand is daar hoger dan de diepe stijghoogte. In de GLG ligt dit omslagpunt verder de flank op vergeleken met de GHG. Dit komt doordat de GHG een sterkere opbolling geeft op de flanken en daardoor eerder boven de regionale stijghoogte uitkomt.

In Figuur 4-5 zijn de kwelfluxen in mm per dag weergegeven voor de zomer (1 april – 30 september) en de winter (1 oktober - 31 maart). De fluxen zijn weergegeven over twee weerstandbiedende lagen namelijk naar modellaag 2 (kwel over de beekleem) en naar modellaag 4 (kwel over de peeloklei1). Opvallend is de grote witte vlek in het zuiden van het interessegebied: De hele hoge weerstanden van de Potklei in dit gebied minimaliseren de kwelflux in dit gebied.



Figuur 4-5 Kwelfluxen in mm/dag voor laag 2 (kwel over de beekleem) en laag 4 (kwel over de Peeloklei1)

4.3 Modelbeoordeling

4.3.1 Validatieset

In bijlage 9 zijn voor de volledigheid alle beschikbare peilbuizen en monitoringsmeetnetten weergegeven. Niet alle meetreeksen zijn echter geschikt voor het valideren van het model.

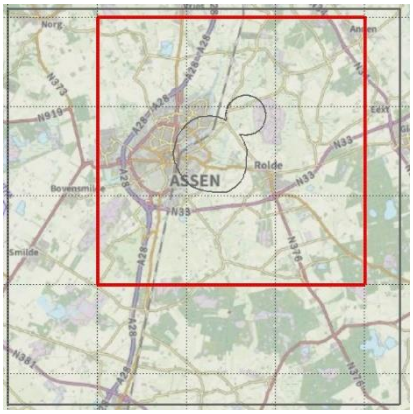
Voor de modelstatistieken is de basisselectie van de MIPWA validatie set gebruikt. Dit zijn buizen met meerdere meetjaren binnen de validatieperiode (2010-2020). Buizen met verdachte en sterk afwijkende waarden zijn gecorrigeerd of verwijderd uit de dataset. In Bijlage 10 is deze validatieset met lange meetreeksen weergegeven. Naast deze lange reeksen, zijn enkele sets met korte reeksen aangeleverd (recent geplaatste peilbuizen). Deze zijn weergegeven in bijlage 11 en zijn als aanvulling gebruikt worden om gemeten en gemodelleerde meetreeksen te vergelijken of potentiaalverschillen over modellagen de valideren.

4.3.2 Modelstatistieken

De modelresiduen voor de peilbuizen binnen een gedeelte van het modelgebied (rode rechthoek in Figuur 4-6) zijn samengevat in Tabel 4-1 en Tabel 4-2. Hierin is per modellaag en per GxG bepaald wat de gemiddelde afwijking tussen de gemeten en gemodelleerde stijghoogte is. In Tabel 4-1 gaat het om de mean error die laten zien of het model te nat of te droog is in de verschillende lagen. In Tabel 4-2 is het gemiddelde van de absolute afwijkingen weergegeven. Dit laat de grootte van de residuen zien.

Tabel 4-1 Mean errors residuen voor de GxG's

Layer	N	Onderzijde begrensd-door:	GLG (ME)	GVG (ME)	GHG (ME)
1	11	Veen	-0,82	-0,61	-0,53
2	44	Beekleem	-0,29	-0,39	-0,39
3	80	Keileem	-0,31	-0,39	-0,42
4	91	Peeloklei1	-0,04	-0,12	-0,17
5	26	Peeloklei2	-0,12	-0,14	-0,18
6	11	Urkklei3	-0,09	-0,04	-0,05
7	7	Peizeklei1	-0,03	-0,03	-0,09
8	4	PZc- klei	-0,37	-0,38	-0,56
9	1	MSc- klei	-0,29	-0,19	-0,22
10	7	Breda-klei	-0,37	-0,33	-0,37
Total	**282**		**-0,21**	**-0,26**	**-0,29**



Figuur 4-6 Gebied waarbinnen residuen zijn bepaald (rode lijn). Grijze lijn= niet stationaire modelgebied

Tabel 4-2 Mean absolute errors residuen voor de GxG's

Layer	N	Onderzijde begrensd-door:	GLG (MAE)	GVG (MAE)	GHG (MAE)
1	11	Veen	0,87	0,64	0,55
2	44	Beekleem	0,43	0,43	0,41
3	80	Keileem	0,40	0,46	0,49
4	91	Peeloklei1	0,27	0,27	0,30
5	26	Peeloklei2	0,22	0,25	0,28
6	11	Urkklei3	0,22	0,18	0,18
7	7	Peizeklei1	0,26	0,26	0,22
8	4	PZc- klei	0,37	0,38	0,56
9	1	MSc- klei	0,29	0,19	0,22
10	7	Breda-klei	0,37	0,33	0,37
Total	**282**		**0,35**	**0,36**	**0,38**

Het voorkomen van 9 slecht-doorlatende lagen, binnen het interessegebied, geeft de complexiteit van de ondergrond in dit gebied aan. Dit zien we terug in de berekende residuen.

Het model geeft het beste resultaat in laag 4 t/m laag 7, de watervoerende lagen onder de keileem en boven de Peize klei. Laag 6 en 7 zijn belangrijke lagen voor de huidige studie omdat de drinkwaterwinning uit deze lagen onttrekt. De ondiepe stijghoogten boven de keileem worden (veel) te droog gemodelleerd. Dit is logisch aangezien de schijngrondwaterspiegels door stagnatie van regenwater boven de keileem niet met het model berekend worden. Onder de Peizeklei wordt het model weer wat te droog.

Belangrijk is om te vermelden dat de peilbuizen in het modelgebied zowel ruimtelijk als naar de diepte toe niet homogeen verdeeld zijn. Er zijn relatief veel buizen boven de keileem (lagen 1 t/m 3), en in de peelozanden boven de Peeloklei. Ruimtelijk zijn veel buizen aanwezig in het N2000 gebied Witterveld en het deelgebied Geelbroek (Drentse Aa). Deze liggen buiten het verwachte invloedgebied van de drinkwaterwinning, en geven daarmee een vertekend beeld van de modelprestaties.

4.3.3 Ruimtelijke residuen

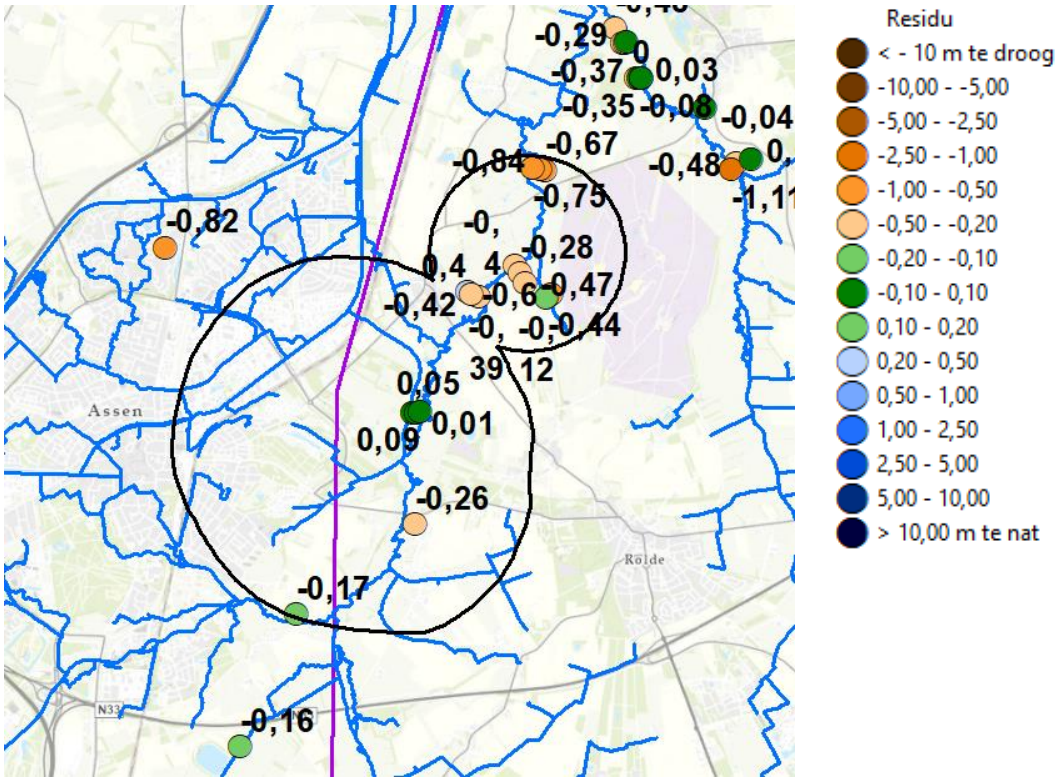
De ruimtelijke residuen zijn daarom eveneens in beeld gebracht voor het gebied binnen de rode rechthoek (Figuur 4-6). In Bijlage 12 zijn de residukaarten voor de GVG en GLG situatie weergegeven. De residuen zijn gegroepeerd in vier lagen:

1. Boven de beekleem: modellaag 1 en 2
2. Boven de keileem: modellaag 3
3. Boven de Peeloklei1: modellaag 4
4. Onder de Peeloklei1, boven Peizecomplex: modellaag 5 – 8

In deze paragraaf zijn alleen de residuen voor de GVG weergegeven en is meer ingezoomd in het interessegebied.

Vrijwel alle ondiepe peilbuizen liggen in het beekdal of op de flank, zie Figuur 4-7. Op veel locaties wordt het model iets te droog gesimuleerd. Lokaal zijn grotere afwijkingen. De meetraai van het meetnet verdroging in het Loonerdiep, direct grenzend aan het puttenveld van de winning Assen Oost wordt wel goed tot zeer goed gesimuleerd met het model. Eén peilbuis in Assen Noord wordt veel te droog gesimuleerd. Hier komen in de ondergrond verschillende weerstandbiedende lagen voor: keileem, Peeloklei 1 en Urkklei 3. Mogelijk is de weerstand in 1 of meerdere van deze lagen hier onderschat.

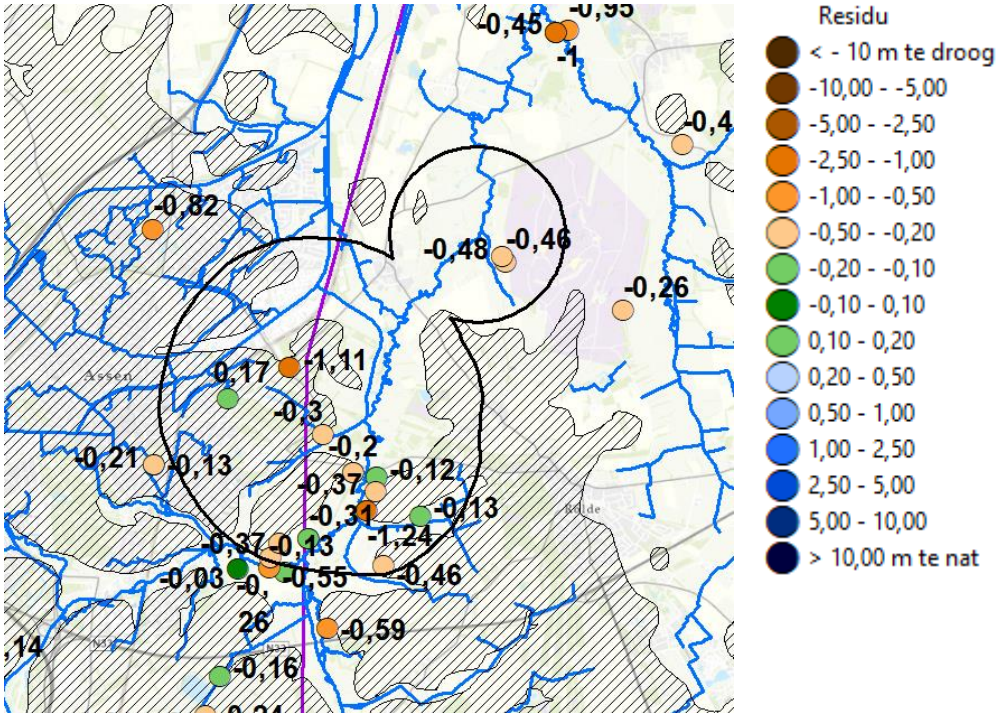
De residuen in de GLG situatie geven een vergelijkbaar beeld, zie bijlage 12.



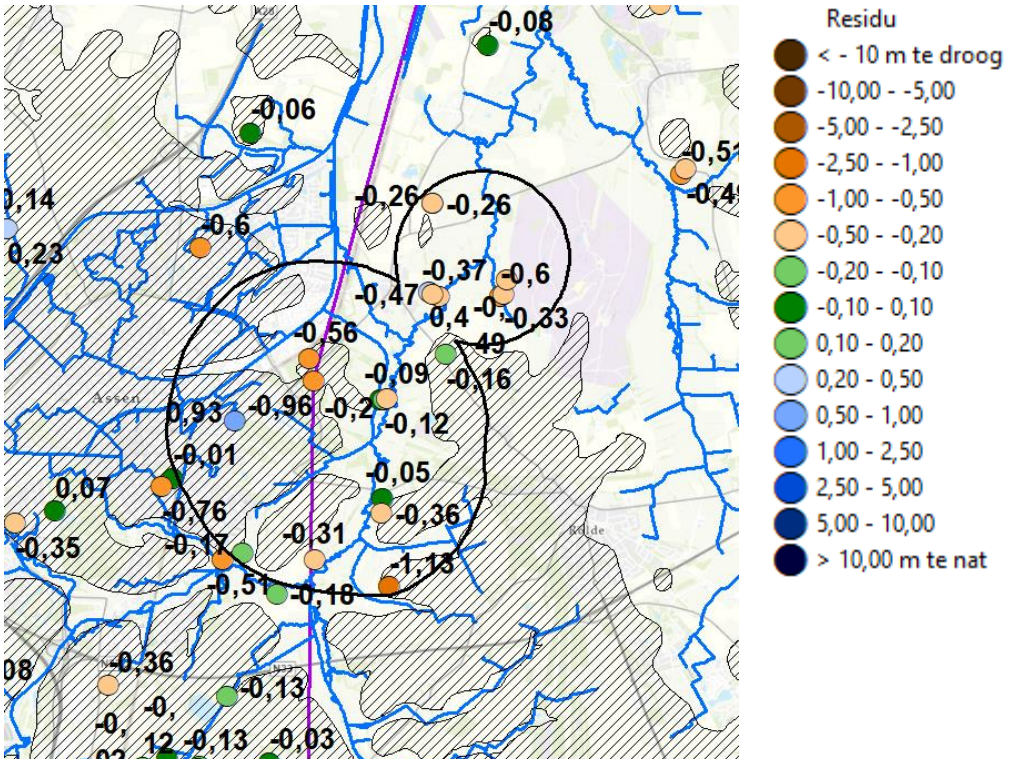
Figuur 4-7 Ruimtelijke residuen GVG modellaag 1 en 2 (boven beekleem)

In Figuur 4-8 zijn de residuen in de modellaag onder de beekleem, maar boven de keileem weergegeven. De arcering geeft de verbreiding van de keileem weer. Binnen het interessegebied zijn een aantal groene bolletjes zichtbaar met kleine residuen, zowel op locaties met- als zonder keileem. Over het algemeen is het model te droog. Waar keileem voorkomt is dit logisch aangezien de schijngrondwaterspiegels, door stagnatie van regenwater boven de keileem, niet met het model berekend worden.

In Figuur 4-9 zijn de residuen in de modellaag onder de keileem, maar boven de Peeloklei 1 weergegeven. Deze geven een vergelijkbaar beeld als de laag er boven. Veel peilbuizen zijn gesitueerd in de beekdalen waar de keileem ontbreekt. Hier bevinden de peilbuizen zich in dezelfde watervoerende laag als de buizen in de modellaag boven de keileem.



Figuur 4-8 Ruimtelijke residuen GVG modellaag 3 (onder beekleem, boven keileem). Keileemverbreiding is gearceerd.

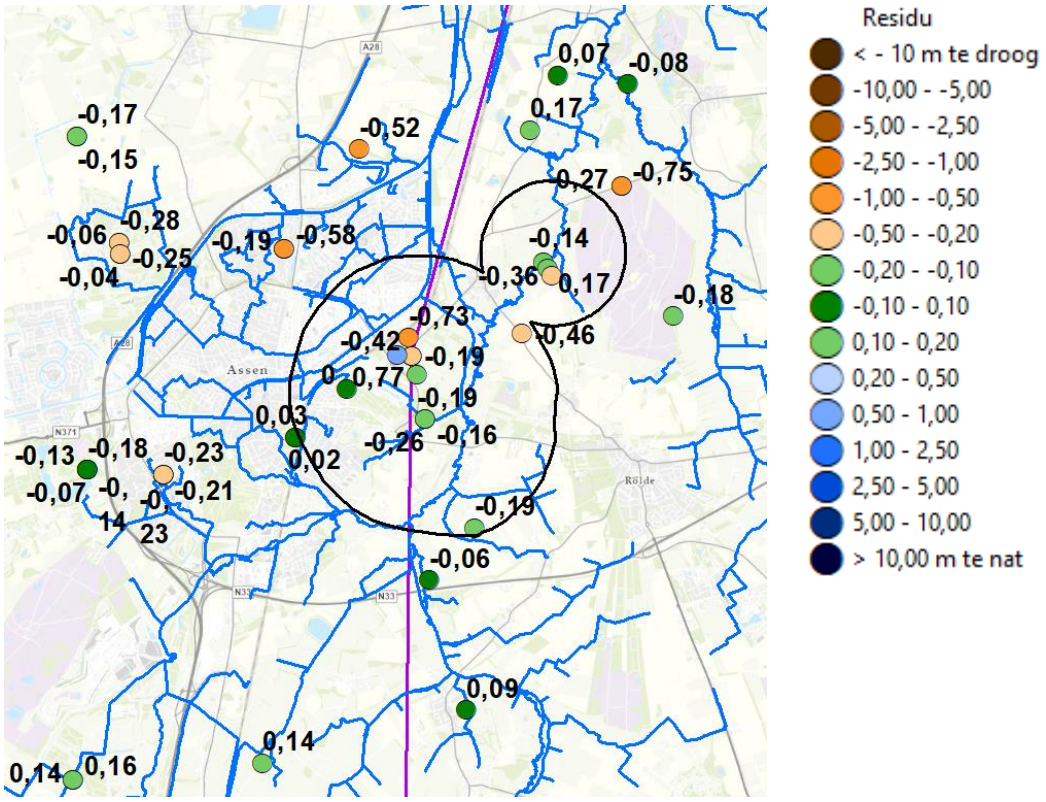


Figuur 4-9 Ruimtelijke residuen GVG modellaag 4 (onder keileem, boven peeloformatie). Keileemverbreiding is gearceerd.

In Figuur 4-10 zijn de residuen in het regionale watervoerende pakket onder de Peeloklei1 weergegeven. Deze residuen zijn aanzienlijk beter dan de ondiepere residuen:

- In het interessegebied presteert het model goed en zijn de residuen algemeen klein (groene bolletjes).
- Heel lokaal ter plaatse van het puttenveld geven de residuen wel een sterk wisselend beeld van te droog en te nat. Deze buizen zijn niet geschikt voor validatie, aangezien ze soms zeer dicht bij de pompputten staan. De lokale verlagingskegel bij de pompput is met een 25m modelresolutie niet goed te simuleren (het model geeft hier een gemiddelde verlaging voor de hele cel).
- Ook in de ruimere omgeving buiten het interessegebied worden de regionale stijghoogten algemeen redelijk tot goed gesimuleerd. De afwijkingen zijn lokaal wel iets groter dan we gewend zijn van andere gebieden in Drenthe. De complexe ondergrond speelt hier een rol.

De diepteligging van de buizen in deze modellagen (5 t/m 8) varieert sterk. Dit komt door de aanwezigheid van diep uitgesleten tunneldalen van de formatie van Peelo die in dit gebied voorkomen. De top van modellaag 5 komt lokaal, ook binnen het interessegebied, boven de 8 m+NAP maar ook onder de -60 m NAP. De weerstanden van de Terugvalzanden worden in het model voor de helft boven en voor de helft onder deze dikke Peelozand laag geschematiseerd. In werkelijkheid kunnen de weerstanden van deze fijne slibhoudende zandlagen meer verspreid zijn naar de diepte. De precieze filterstelling (boven, midden of onderin de zandlaag) kan dan zorgen voor afwijkingen in de residuen.



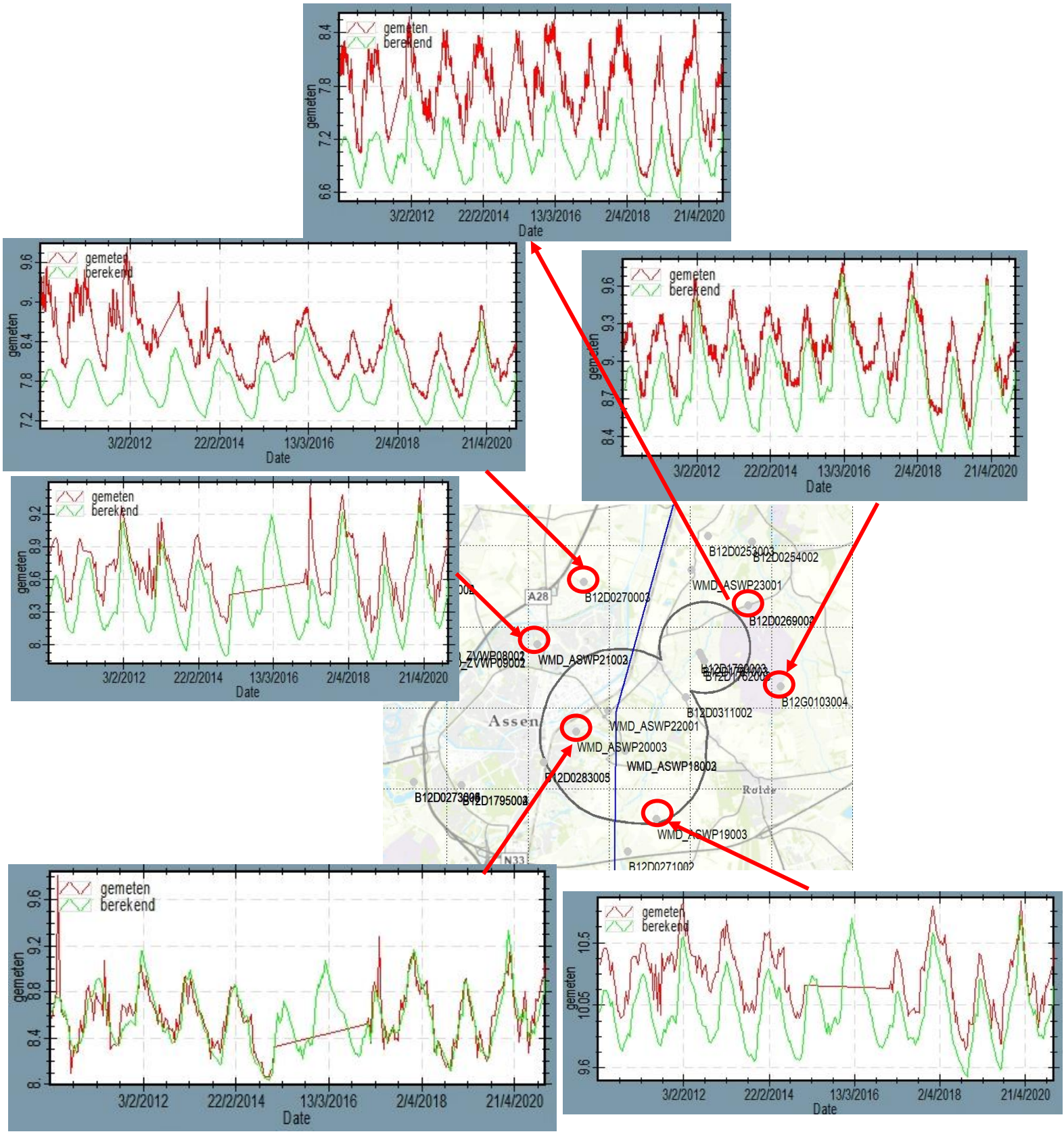
Figuur 4-10 Ruimtelijke residuen GVG modellaag 5 - 8 (onder Peeloklei1)

4.3.4 Validatie meetreeksen watervoerend pakket

In Figuur 4-12 zijn de gemeten en gesimuleerde meetreeksen van de peilbuizen in het interessegebied, voor modellaag 5 t/m 7 weergegeven in het bepompte pakket. De buizen in het puttenveld zelf zijn buiten beschouwing gelaten (zie vorige paragraaf).

De WMD buis dichtbij de winning binnen de 100 jaarzone (onderste cirkel) wordt de laatste jaren zeer goed gesimuleerd.

De overige peilbuizen geven iets meer afwijkingen van ca 20 tot 40cm te droog. B12D0269, ten noorden van het Balloërveld geeft een vergelijkbare afwijking. Deze peilbuis is in eerdere rapporten (Sweco, 2020) ook besproken: Deze peilbuis heeft een filter boven en onder een Peeloklei laag (op ca 20m -mv) en meet een potentiaalverschil van ca 0,6m. De SkyTEM geeft hier echter lokaal geen kleilaag en ook geen weerstand in de Terugvalzanden. De potklei schol lijkt te lokaal te zijn om te worden opgepikt door de SkyTEM.

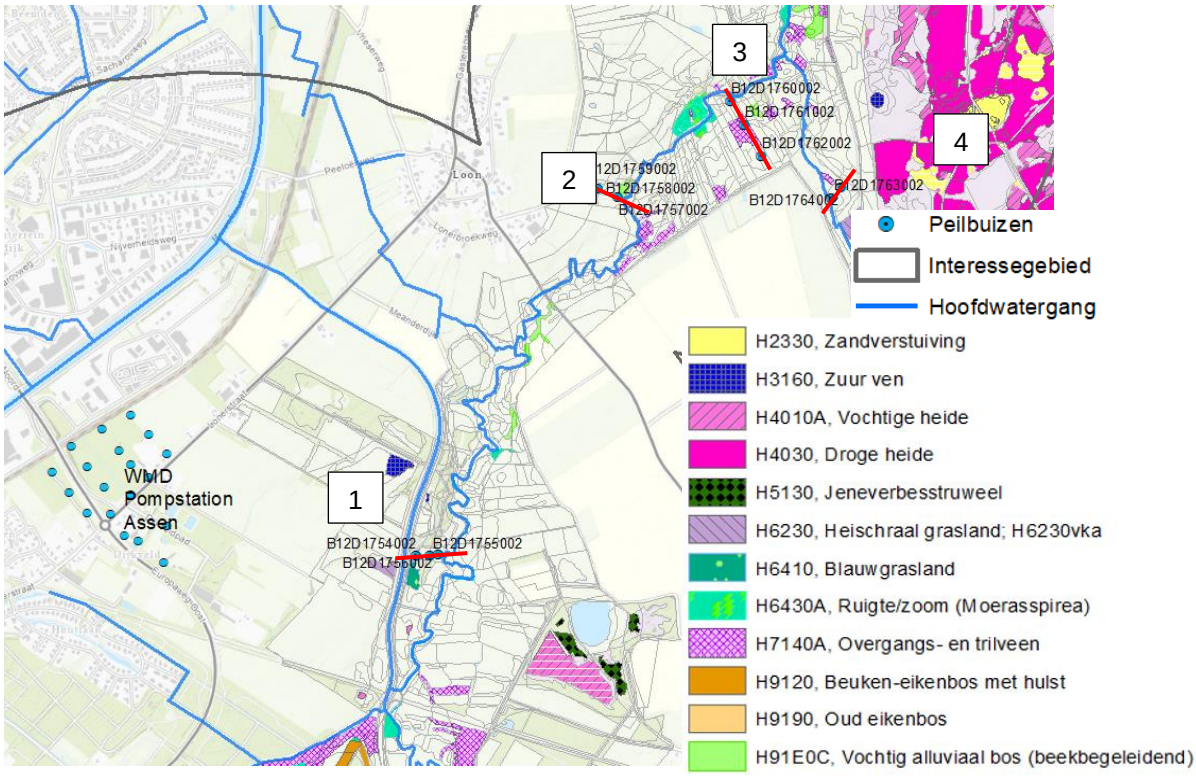


Figuur 4-12 Meetreeksen en gemodelleerde reeksen in het watervoerend pakket onder de Peeloklei1

4.3.5 Validatie systeemwerking beekdal-flank

In het beekdal zijn vier meetraaien beschikbaar ondiepe en middeldiepe filters (zie Figuur 4-13). Deze buizen geven een goed beeld van de potentiaalverschillen in de ondiepe ondergrond, en de gradiënt in de stijghoogte de flank omhoog. De diepe filters staan boven eventueel aanwezige lokale Potklei, maar in de laag met de fijne Peelozanden (Terugvalzanden). Er zijn in dit gebied helaas geen peilbuizen met filters onder de Peelo Formatie.

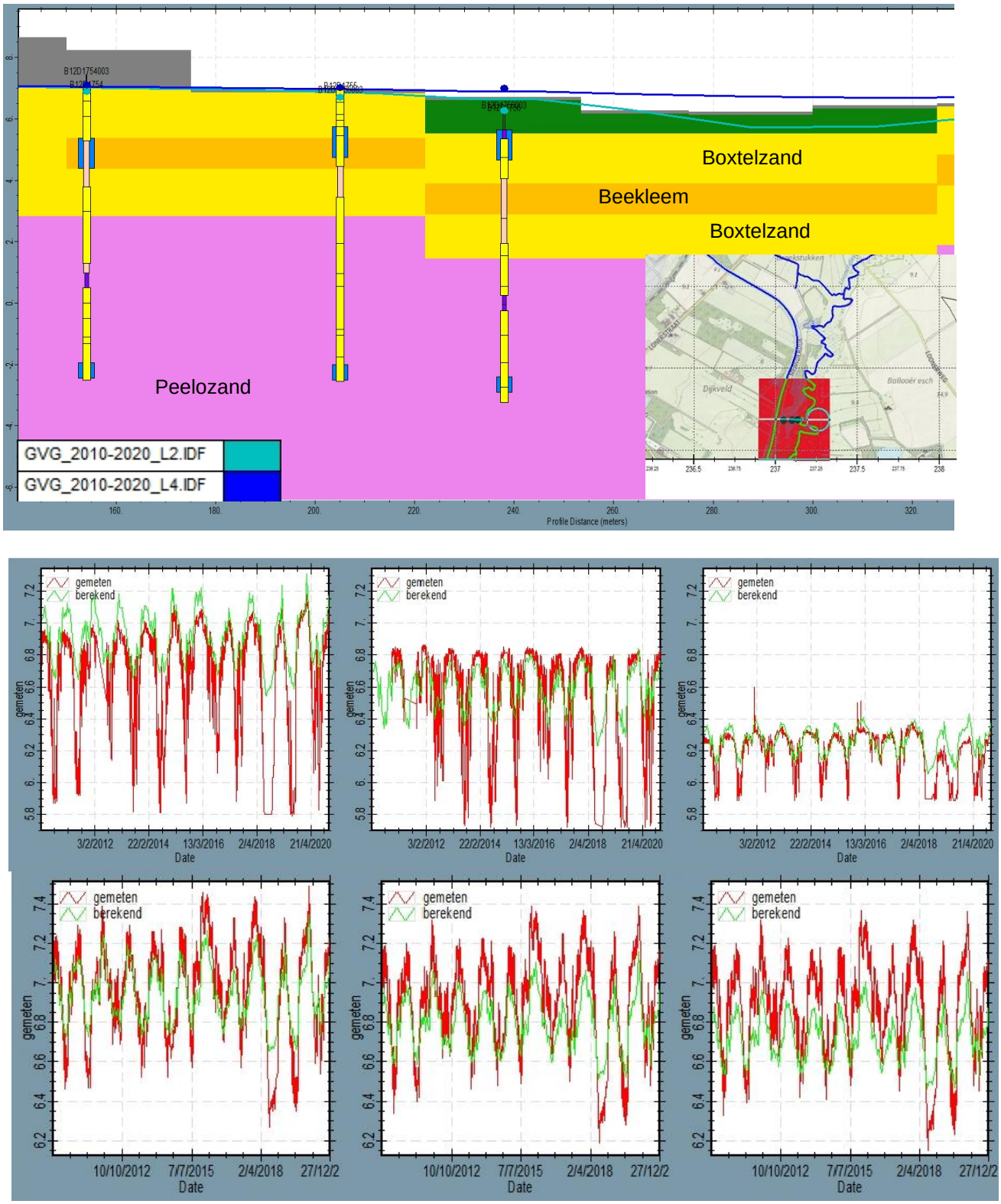
In deze paragraaf worden de vier raaien weergegeven met daarin de boringen, filterstelling en gemeten (bolletjes in de dwarsdoorsnede bij de peilbuis) en berekende (blauwe lijnen) stijghoogten in de GVG situatie. In Figuur 4-14 is de legenda weergegeven die hoort bij de boringen in de dwarsdoorsnedes.



Figuur 4-13 Meetraaien beekdal

In Figuur 4-15 is de dwarsdoorsnede het dichtst bij het puttenveld weergegeven, tussen het Loonerdiep en het Afleidingskanaal. De gemiddelde stijghoogten in de diepere filters worden goed tot zeer goed gesimuleerd. De grondwaterstanden in de ondiepe filters reiken zowel in de meetreeksen als in het model duidelijk tot aan maaiveld in het beekdal. Ondanks de kweldruk zakken de grondwaterstanden in de gemeten reeksen relatief diep uit. In het model blijven de grondwaterstanden in zomer ook stabiel hoog.

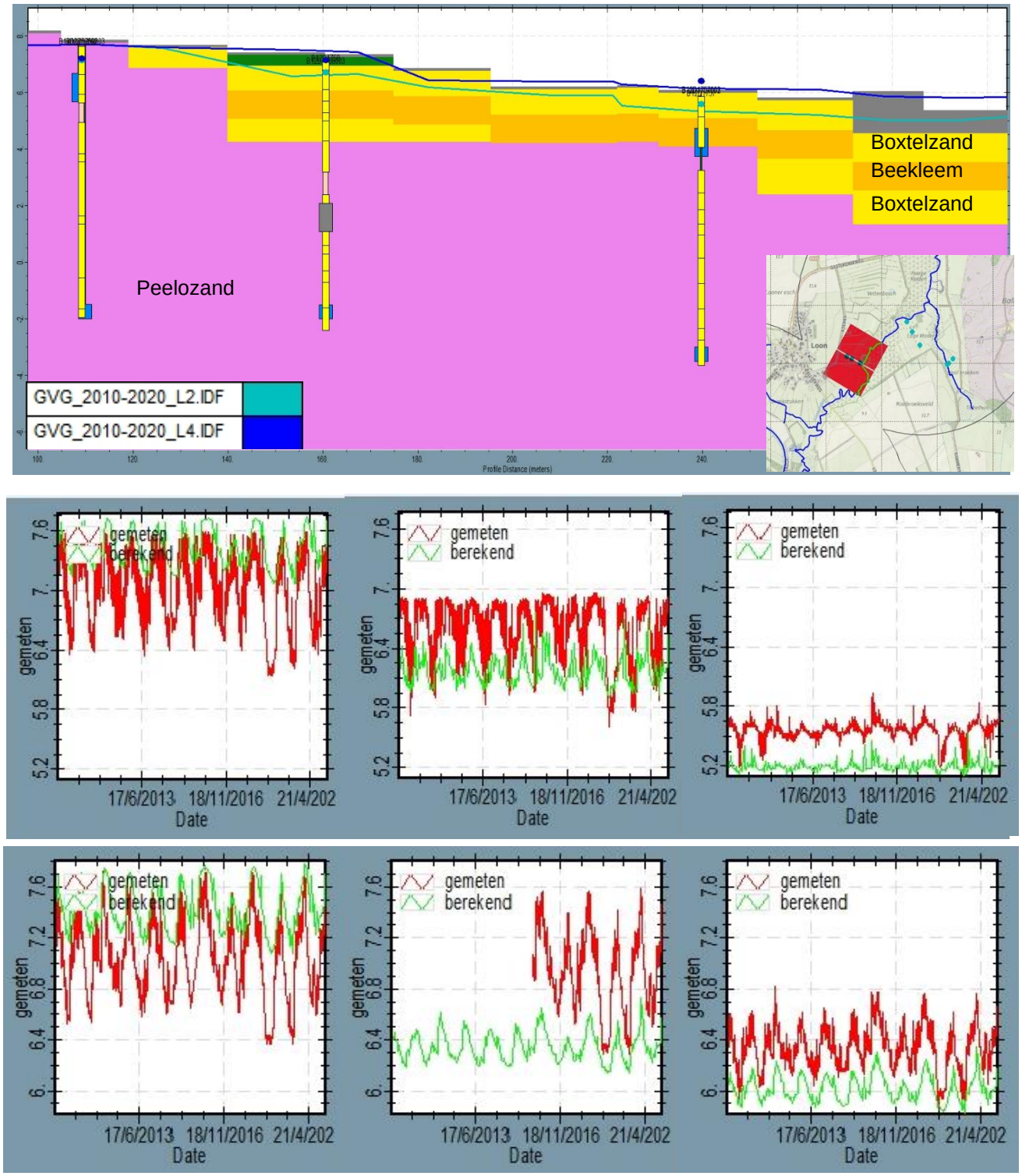
Figuur 4-14 Legenda boringen voor de dwarsdoorsnedes



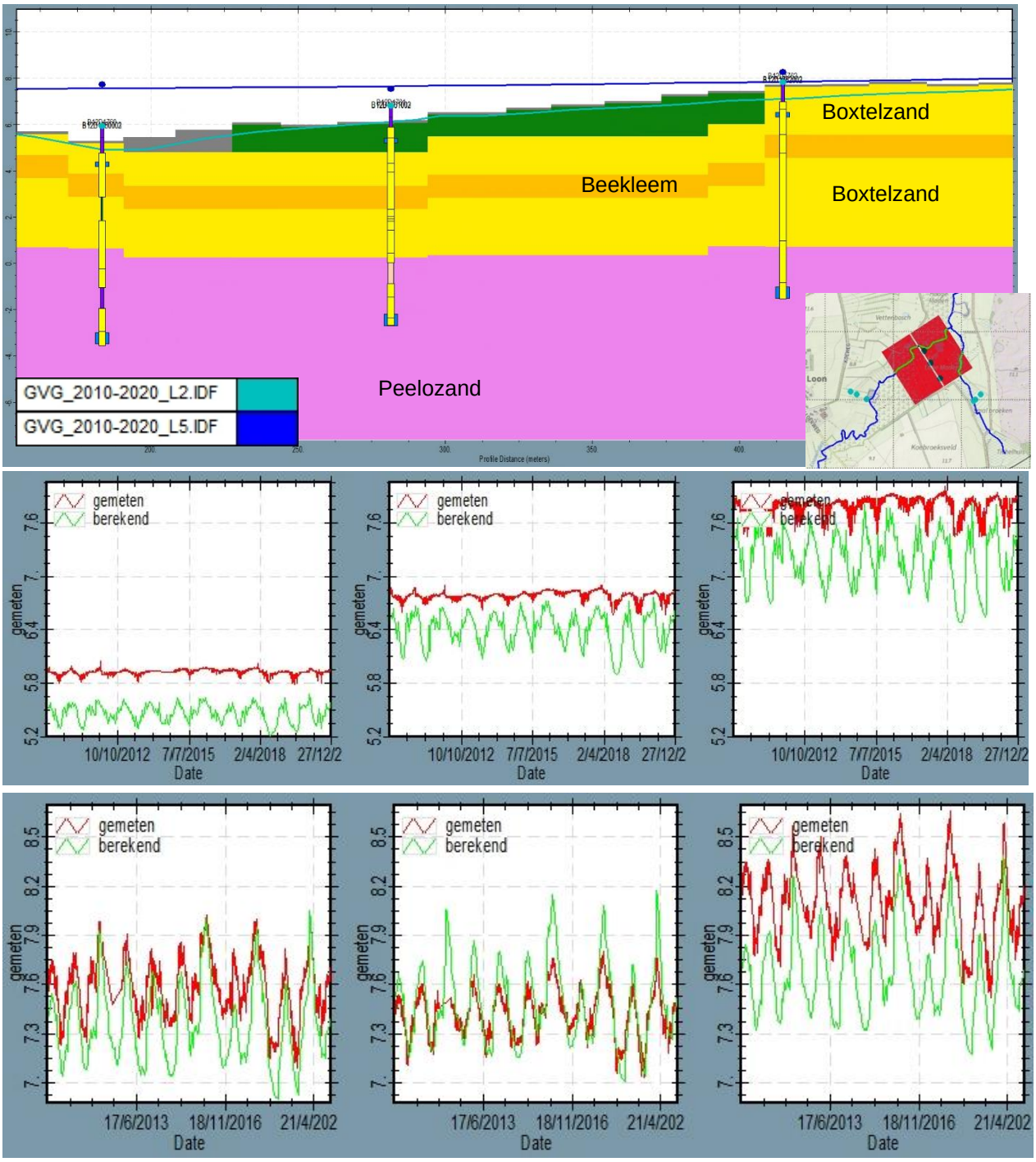
Figuur 4-15 Dwarsdoorsnede 1 (boven), gemeten en berekende stijghoogten in modellaag 2 (bovenste grafieken) en modellaag 4 (onderste grafieken)

De dwarsprofielen voor de drie meetraaien in het noordoosten van het interessegebied zijn weergegeven in Figuur 4-16 t/m Figuur 4-18. Deze geven een minder eenduidig beeld. Soms wordt de stijghoogte zeer goed gesimuleerd, soms is het model te nat, dan weer te droog. De grilligheid van de fijne Peelozanden, lokale beekleem lenzen en aanwezige veenlagen laten zich lastig vereenvoudigen tot een model-schematisatie.

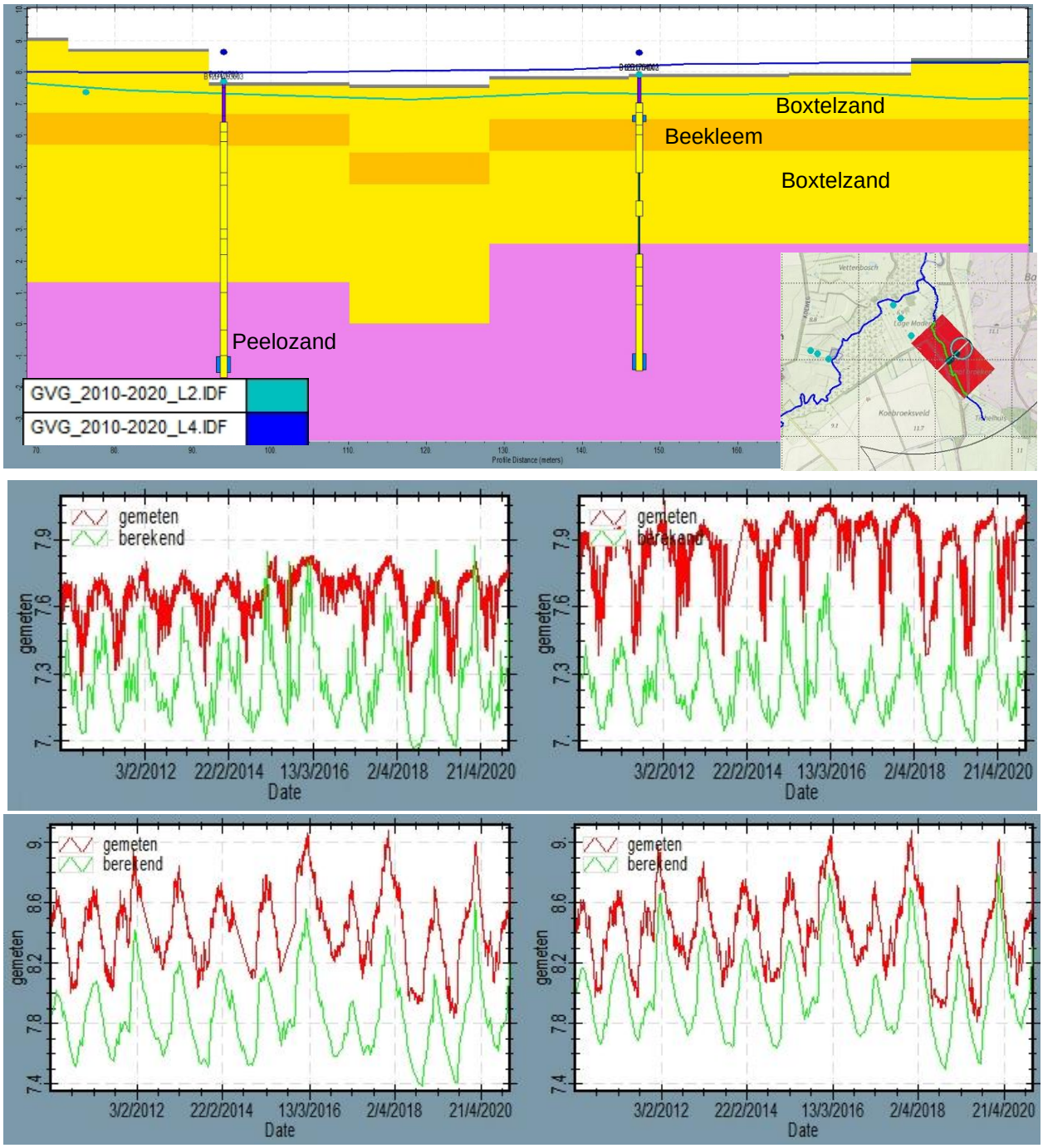
Het regionale systeem wordt in alle raaien wel redelijk tot goed gesimuleerd: wegzijging hoog op de flank, met redelijk diep uitzakkende stijghoogten. In lage delen van het beekdal een flinke kweldruk en weinig dynamiek: door de kwel zakken de grondwaterstanden in het beekdal maar beperkt uit. Het verhang op de flank is verder vrij groot.



Figuur 4-16 Dwarsdoorsnede 2 (boven), gemeten en berekende stijghoogten in modellaag 2 (bovenste grafieken) en modellaag 4 (onderste grafieken)



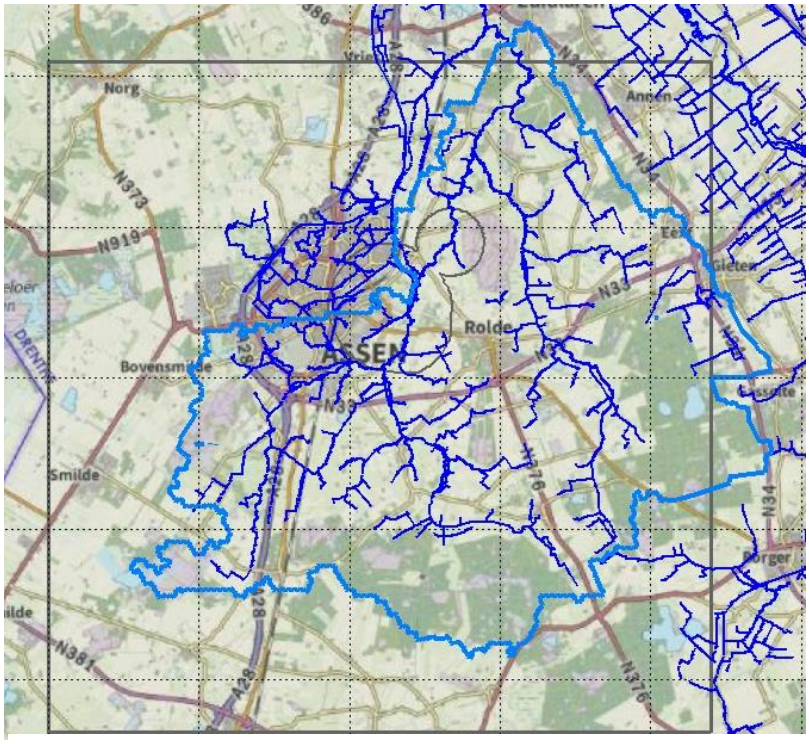
Figuur 4-17 Dwarsdoorsnede 3 (boven), gemeten en berekende stijghoogten in modellaag 2 (bovenste grafieken) en modellaag 5 (onderste grafieken)



Figuur 4-18 Dwarsdoorsnede 4 (boven), gemeten en berekende stijghoogten in modellaag 2 (bovenste grafieken) en modellaag 4 (onderste grafieken)

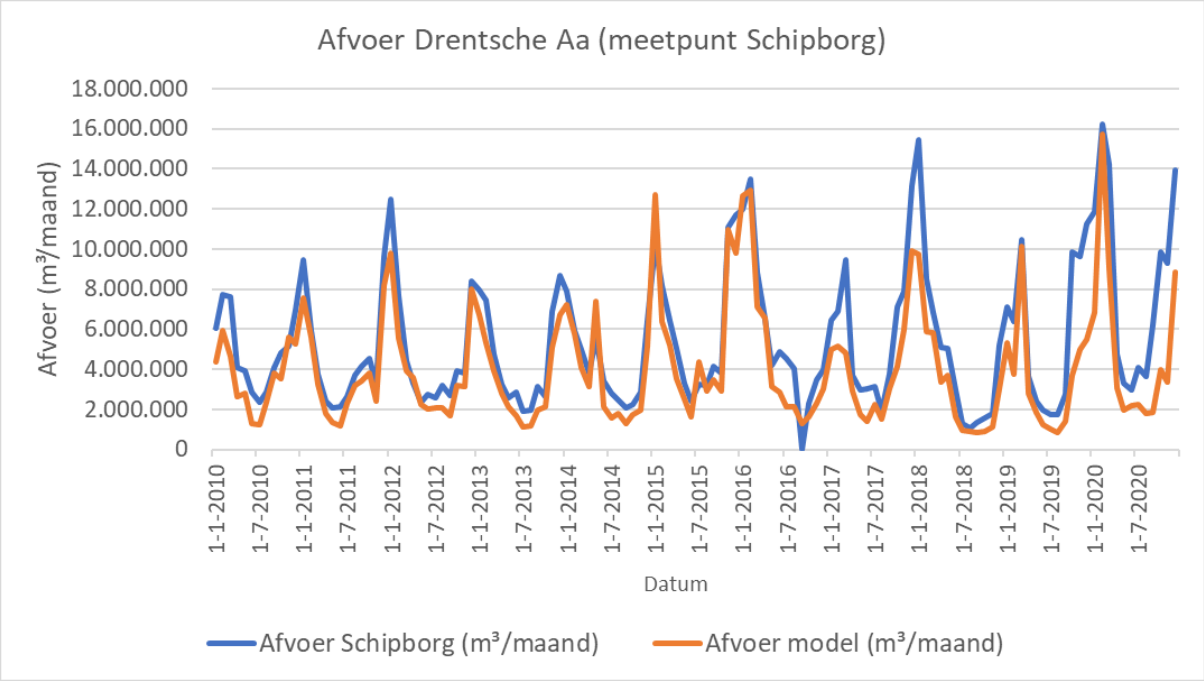
4.3.6 Validatie afvoer

De afvoer is gevalideerd op basis van afvoermetingen bij Schipborg. Het gaat hierbij om het hele stroomgebied van de Drentse Aa (binnen de lichtblauwe begrenzing in Figuur 4-19). Een klein stukje van het afvoergebied ligt buiten het modelgebied. Dit zal echter geen groot effect hebben op de vergelijking tussen de gemeten en berekende afvoeren. De modelafvoer is bepaald door de fluxen van de drainage en watergangen te sommeren. Kanttekening bij het bepalen van de afvoer is dat de beeklopen in het model een vast peil hebben; de waterstand in de beekloop kan in het model niet variëren door het jaar heen.



Figuur 4-19 Stroomgebied Drentse Aa waarvoor de waterbalans is bepaald

In Figuur 4-20 zijn de gemeten en berekende afvoeren weergegeven. Over het algemeen worden de afvoeren goed benaderd door het model. In de winter van 2017 en 2018 wordt wel meer afvoer gemeten dan berekend. In Schipborg wordt de afvoer bepaald door middel van een Qh relatie waarbij de afvoer wordt ingeschat aan de hand van de waterstand. In deze periode is de beek minder onderhouden waardoor het peil hoger was. Hierdoor is de “gemeten” afvoer overschat.



Figuur 4-20 Gemeten en berekende afvoer Schipborg

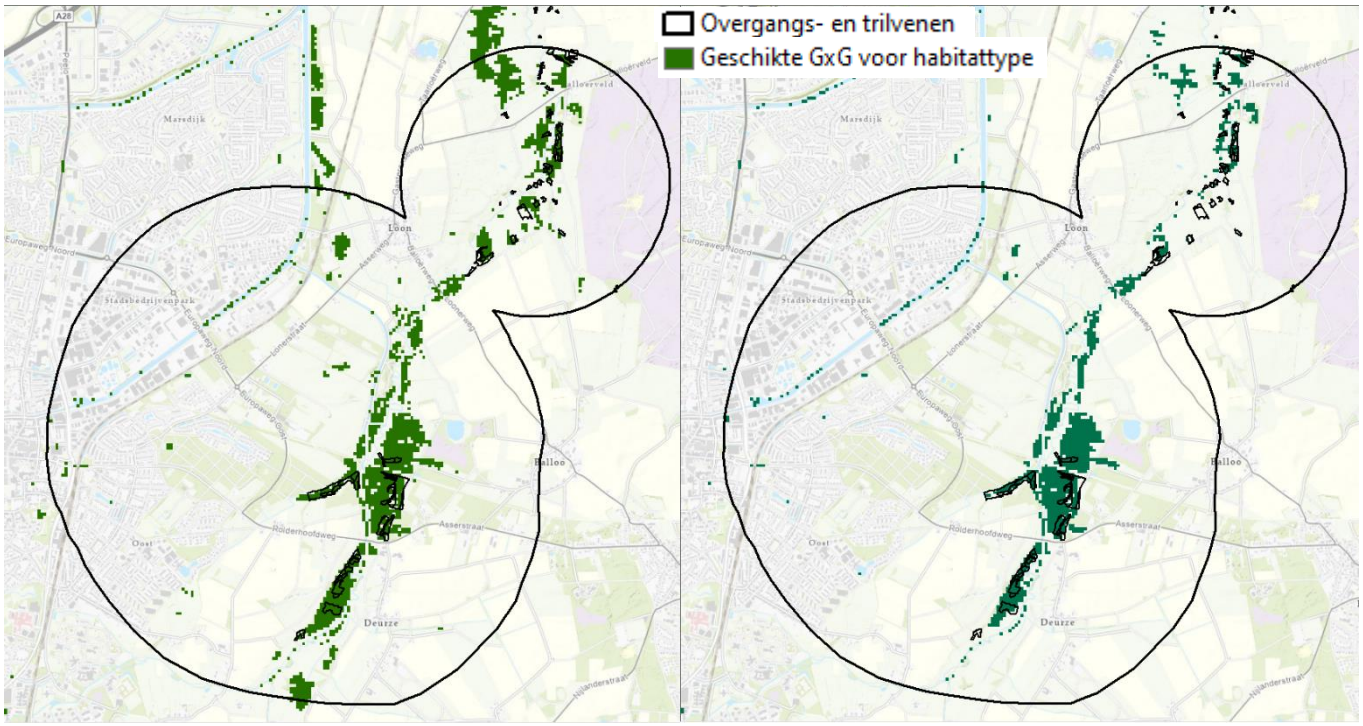
4.3.7 Validatie habitattypen

In het beekdal komen twee belangrijke grondwaterafhankelijke habitattypen voor: trilvenen en beek-begeleidende bossen. De hydrologische vereisten voor deze habitattypen zijn weergegeven in Tabel 4-3.

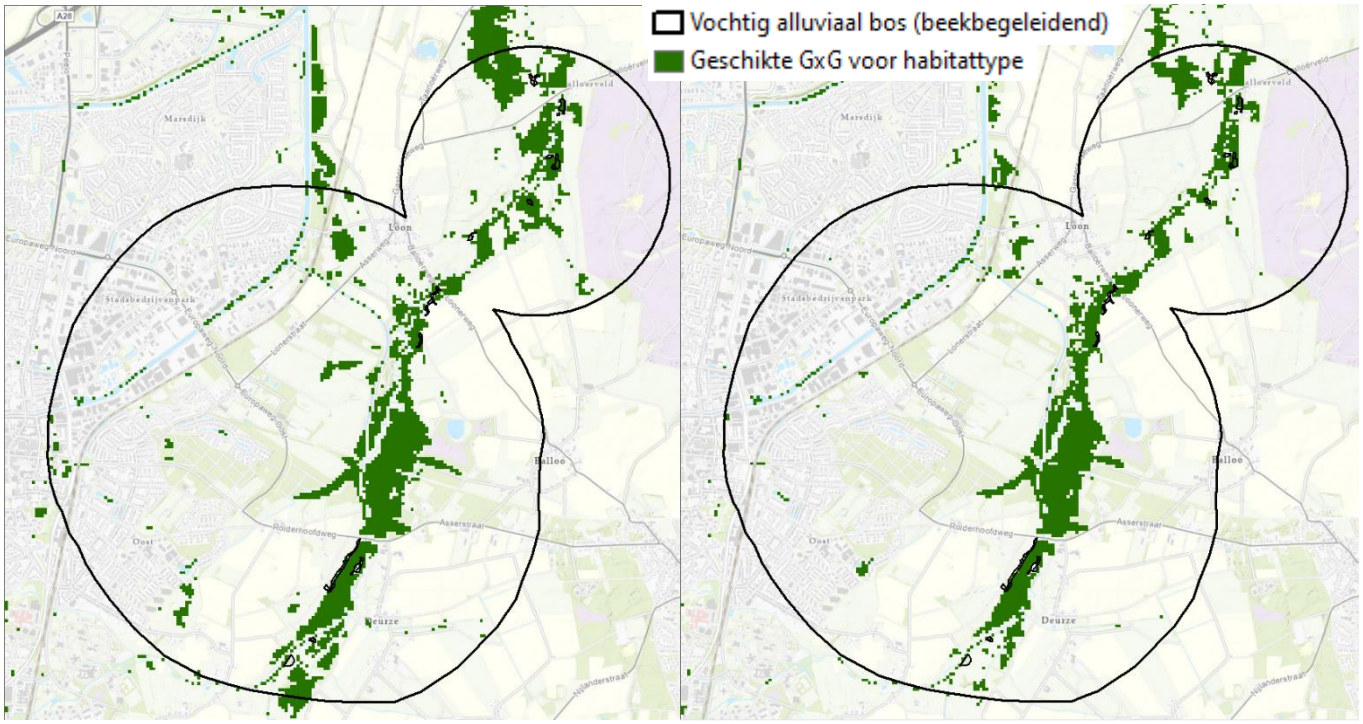
Tabel 4-3 Minimale en maximale GVG en GLG voor habitattypen in cm t.o.v. mv

Habitattypen	GVG min	GVG max	GLG min	GLG max
Trilvenen/overgangsvenen	-5	25	-9999	40
Vochtige alluviale bossen	-20	40	-9999	60

In Figuur 4-21 zijn in groen de plekken weergegeven die op basis van het model geschikt zijn voor overgangs- en trilvenen. In de linker afbeelding is de GVG weergegeven en rechts de GLG. Diezelfde methode is toegepast in Figuur 4-22 voor de vochtige alluviale bossen. In het zuidelijke deel is een goede match en liggen de habitattypen binnen de gebieden waar deze verwacht worden in het model. In de noordelijke deel liggen ook trilvenen waar het model niet de geschikte GVG en GLG berekent. In voorgaande paragrafen is ook al geconcludeerd dat de ondergrond hier dusdanig heterogeen is, dat deze met het model lastig te schematiseren is.



Figuur 4-21 GVG en GLG geschikt voor trilvenen. Links de GVG en rechts de GLG



Figuur 4-22 GVG en GLG geschikt voor vochtig alluviale bossen. Links de GVG en rechts de GLG

4.3.8 Conclusie modelbeoordeling en geschiktheid

De drinkwaterwinning Assen-Oost is gesitueerd in een geologisch zeer complex gebied. De grillige Peeloformatie met tunneldalen, lokaal aanwezige beekleem en keileem en de dynamiek in de vrij afwaterende beeklopen, maken het lastig om het gebied te vereenvoudigen naar een model schematisatie in MIPWA.

Om toch te komen tot een "gedragen grondwatermodelinstrumentarium" is vooraf gedefinieerd waar het modelinstrumentarium *voor deze specifieke studie* aan moet voldoen. Deze criteria zijn met de projectgroep vooraf afgestemd. Belangrijk is dat het model:

- de werking van het systeem goed simuleert: relatie flanken, beekdal en de drinkwaterwinning;
- Het model geschikt is om effecten van verschillende win-scenario's onderling te vergelijken;
- Het model de reikwijdte van effecten & stroombanen/reistijden in het bepompte pakket ruimtelijk in beeld kan brengen;
- Op basis van de berekende effecten bepaalt kan worden (conceptueel) hoe, en grofweg in welke gebieden, deze effecten *kunnen* doorwerken naar het freatische grondwater/ wortelzone.

Binnen dit project zijn alle beschikbare kennis en inzichten gebruikt om de basisdata, die ten grondslag ligt aan het model, te verbeteren.

systeemwerking

De systeemwerking van het beekdal met zijn flanken wordt op regionale schaal goed benaderd door het model. De gradiënt van de flank richting beekdal wordt goed gemodelleerd. De potentiaalverschillen naar de diepte toe worden eveneens correct gemodelleerd en het omslagpunt van kwel naar wegzijging ligt algemeen op de juiste hoogte van de flank. De diepe regionale stijghoogten in het bepompte pakket worden in het interessegebied voldoende goed gesimuleerd.

De ondiepe modellagen worden gemiddeld te droog gesimuleerd. Dit kan deels verklaard worden door het ontbreken van de schijngrondwaterspiegels boven de keileem in het model. De gemodelleerde afvoer het gebied uit wordt wel goed gesimuleerd. De interactie met het oppervlaktewatersysteem is dus niet de oorzaak van de te laag berekende grondwaterstanden. Mogelijk is de grondwateraanvulling in het model iets onderschat, waardoor er te weinig water het modelgebied in komt. Hiermee worden effecten van een drinkwaterwinning op de freatische grondwaterstanden mogelijk iets overschat (worst case).

De diepe lagen onder het bepompte pakket zijn eveneens te droog gesimuleerd. Deze lagen zijn echter minder relevant voor het bepalen van de effecten van de drinkwaterwinning, en zijn in deze studie niet nader beschouwd.

Geschiktheid model

Het model is hiermee geschikt bevonden om de relatieve effecten van verschillende winscenario's van de winning Assen Oost te bepalen en onderling te vergelijken. Daarnaast is het model in staat om stroombanen en reistijden in het bepompte pakket te berekenen en eveneens voor verschillende scenario's onderling te vergelijken.

In de eerste plaats worden met het model de effecten bepaald op het grote diepe watervoerende pakket (het bepompte pakket). Deze bepaalt de reikwijdte

van het gebied van waar effecten naar boven toe *kunnen* doorwerken. De mate waarin dat gebeurt wordt bepaald door de aanwezigheid van bovenliggende weerstand-biedende lagen en de aanwezigheid van oppervlaktewater, die de effecten dempen. Met het model zijn gebieden in beeld te brengen waar effecten naar verwachting wel- en niet doorwerken naar boven toe.

Met het model kan echter geen uitspraak worden gedaan over effecten in de wortelzone op perceel-/standplaats-niveau, of lokaal optredende toekomstige grondwaterstanden (t.o.v. maaiveld of NAP). Hiervoor is het gebied te heterogeen en is de dichtheid aan beschikbare informatie te gering.

5. Verkennende scenarioberekeningen

5.1 Inleiding

Het doel van het huidige onderzoek is het verkennen de mogelijkheden van injectie van oppervlaktewater in het watervoerend pakket en het in beeld te brengen van de effecten hiervan op omliggende belangen. Het te injecteren oppervlaktewater is afkomstig uit de Drentse Aa (Deurzerdiep) en het Afleidingskanaal. In de huidige situatie wordt een aanzienlijk deel van het neerslag overschot en het regionale kwelwater uit het Drentsche Aa gebied afgevoerd het gebied uit, via het Afleidingskanaal naar het Noord Willemskanaal. Doel van de WMD is om dit water vast te houden in het gebied en te gebruiken om de effecten van (een uitbreiding van) de drinkwaterwinning te compenseren.

5.2 Scenario's

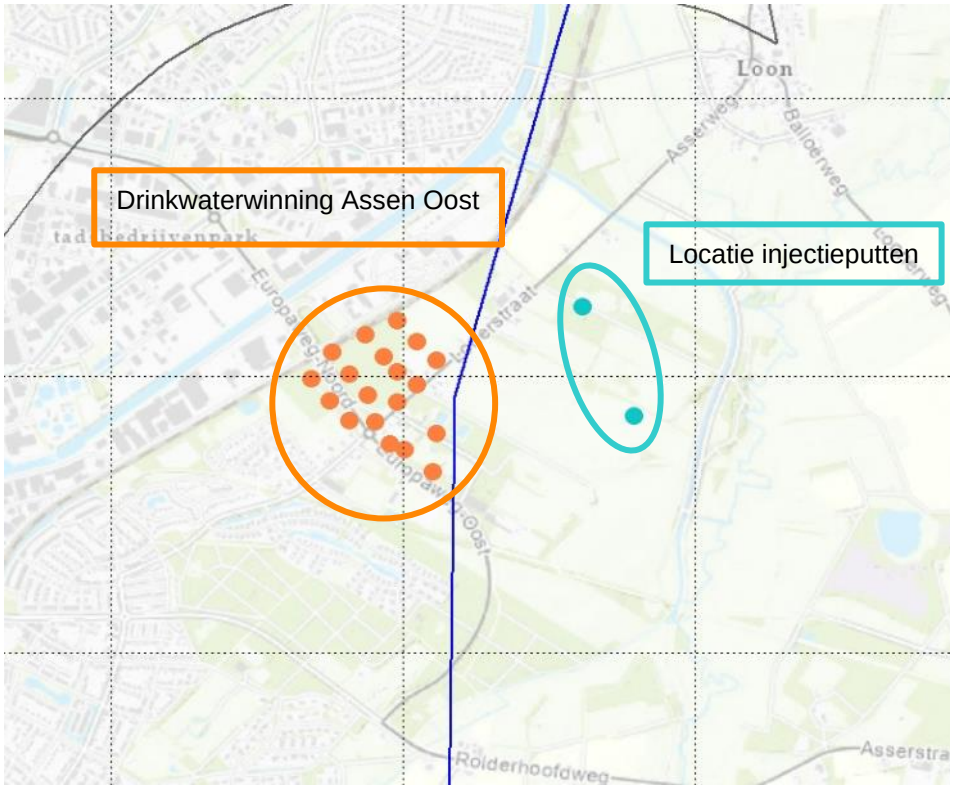
De volgende drie berekeningen zijn uitgewerkt en niet-stationair doorgerekend:

1. **Referentiemodel (REF):** onttrekking van 2,5 Mm³/jaar (afgesproken winningsdebiet convenant);
2. **Winscenario 1 (SCEN1):** uitbreiding onttrekking naar 4 Mm³/jaar + injectie van 0,75 Mm³/jaar jaarrond;
3. **Winscenario 2 (SCEN2):** uitbreiding onttrekking naar 4 Mm³/jaar + injectie van 0,75 Mm³/jaar, alleen in de wintermaanden.

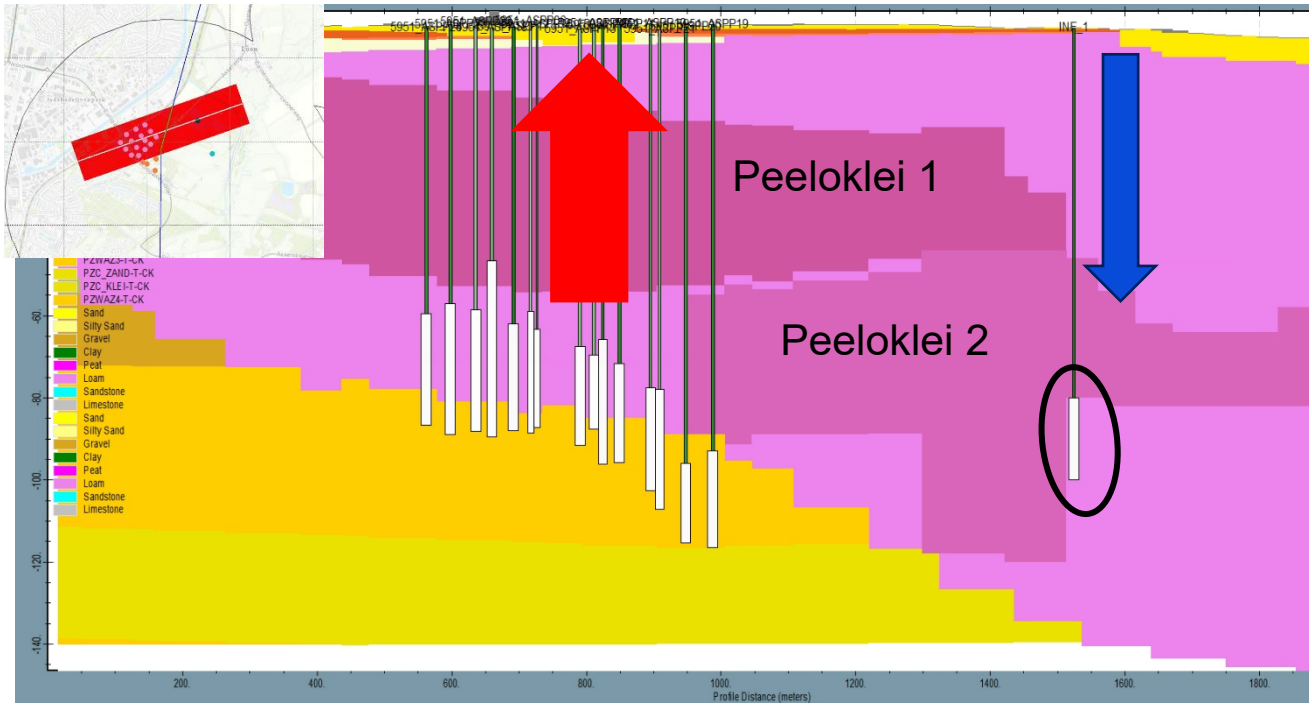
Voor beide winscenario's zijn twee injectieputten toegevoegd aan het model. In Figuur 5-1 zijn de injectieputten en de huidige onttrekkingsputten van de drinkwaterwinning getoond. De injectieputten zijn geplaatst tussen de winning en de beek haaks op de regionale stroomrichting. In Figuur 5-2 is voor één van de injectieputten weergegeven hoe deze in het lagenmodel terecht komt. De injectieputten zijn onder de Peeloklei 2 geschematiseerd en zitten daarmee in hetzelfde watervoerend pakket als waar uit onttrokken wordt door de winning.

Voor de drie scenario's geldt dat de onttrekking evenredig is verdeeld in de tijd en over de winputten. Ook de injectie is gelijk verdeeld over beide injectieputten. In winscenario 1 wordt het hele jaar door geïnjecteerd met een totale hoeveelheid van 0,75 Mm³/jaar. In winscenario 2 wordt een tijdscomponent meegenomen om meer inzicht te krijgen in de na-ijl effecten van het injecteren. Over het jaar gezien wordt dezelfde hoeveelheid water geïnjecteerd als in

winscenario 1 maar deze hoeveelheid wordt van oktober t/m maart geïnjecteerd teerd. Van april t/m september vindt er geen injectie plaats.



Figuur 5-1 Locatie drinkwaterwinning en injectieputten voor de scenarioberekeningen



Figuur 5-2 Dwarsdoorsnede door de drinkwaterwinning en de noordelijke injectieput

6. Resultaten verkennende scenarioberekeningen

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de verkennende scenarioberekeningen beschreven. Hierbij wordt naar de volgende onderdelen gekeken:

1. Effecten op stijghoogten onder de Peeloklei;
2. Freatische effecten;
3. Effecten op de kwel/wegzijging.

De effecten voor winscenario 1 en winscenario 2 zijn bepaald ten opzichte van het referentiemodel met een onttrekking 2,5 Mm³/jaar.

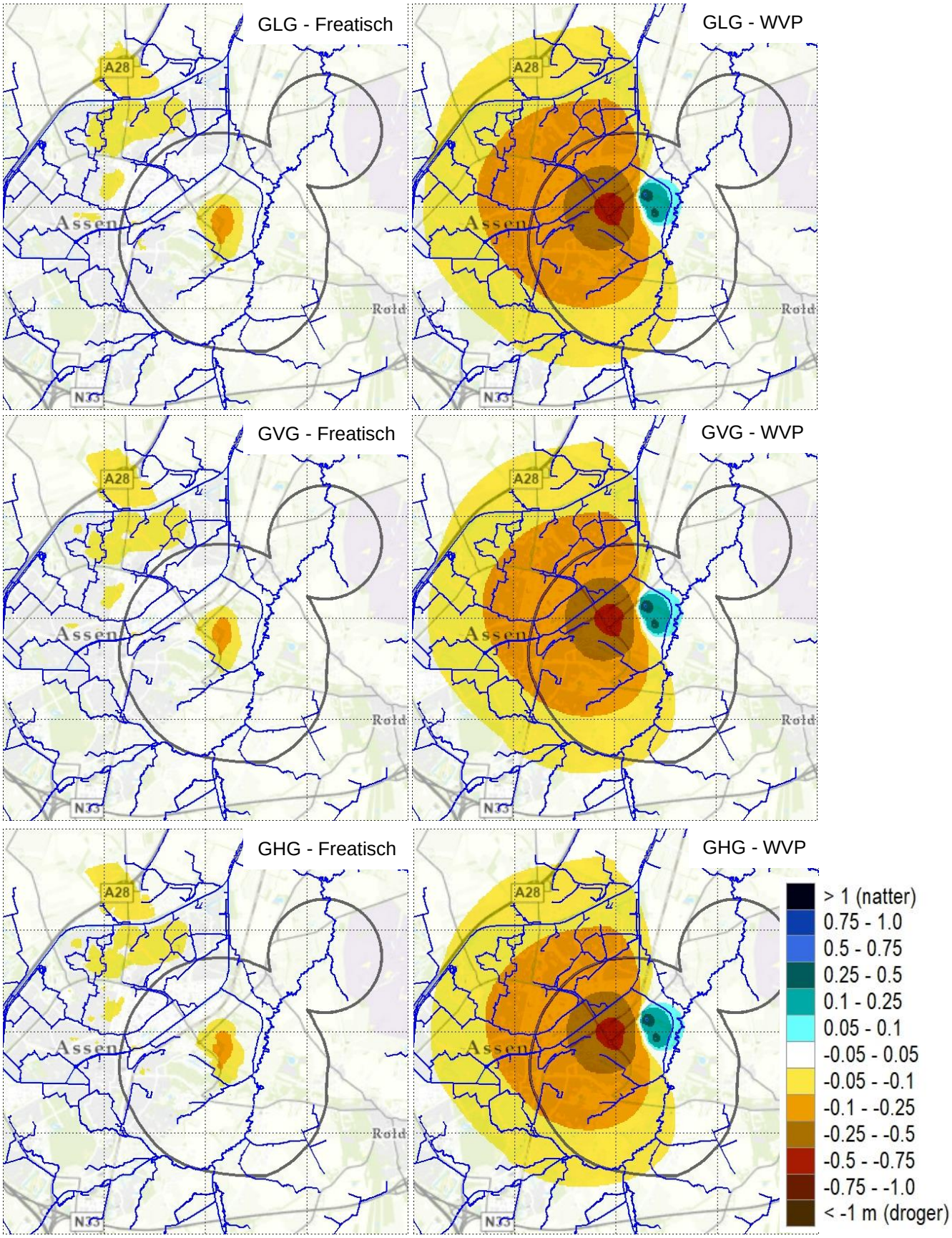
6.2 Effecten winscenario1: vergroten winning + injectie jaarrond

In Figuur 6-1 zijn de effecten op de diepe stijghoogten in het bepompte pakket (WVL6)en de freatische grondwaterstanden (WVL1) getoond.

In de drie rechterplaatjes zijn de effecten op de regionale stijghoogte in het bepompte pakket weergegeven. Deze verlaging werkt door tot maximaal 3,5 km van het puttenveld. Deze grote reikwijdte is het gevolg van de combinatie van een hoge weerstand in de Peeloklei en een grote doorlatendheid in het onderliggende watervoerende pakket. Het effect van de injectieputten is duidelijk zichtbaar: de injectie ‘duwt’ de verlaging weg van het beekdal en voorkomt een daling van de stijghoogte onder de beek. Ten zuiden van de injectie reikt de verlaging wel door tot voorbij het Deurzerdiep. Het gaat hier om een maximale verlaging van zo’n 7 cm.

In de drie linker plaatjes zijn de effecten op de freatische grondwaterstanden weergegeven. Er zijn grofweg twee gebieden te onderscheiden waar effecten doorwerken tot in het freatisch grondwater:

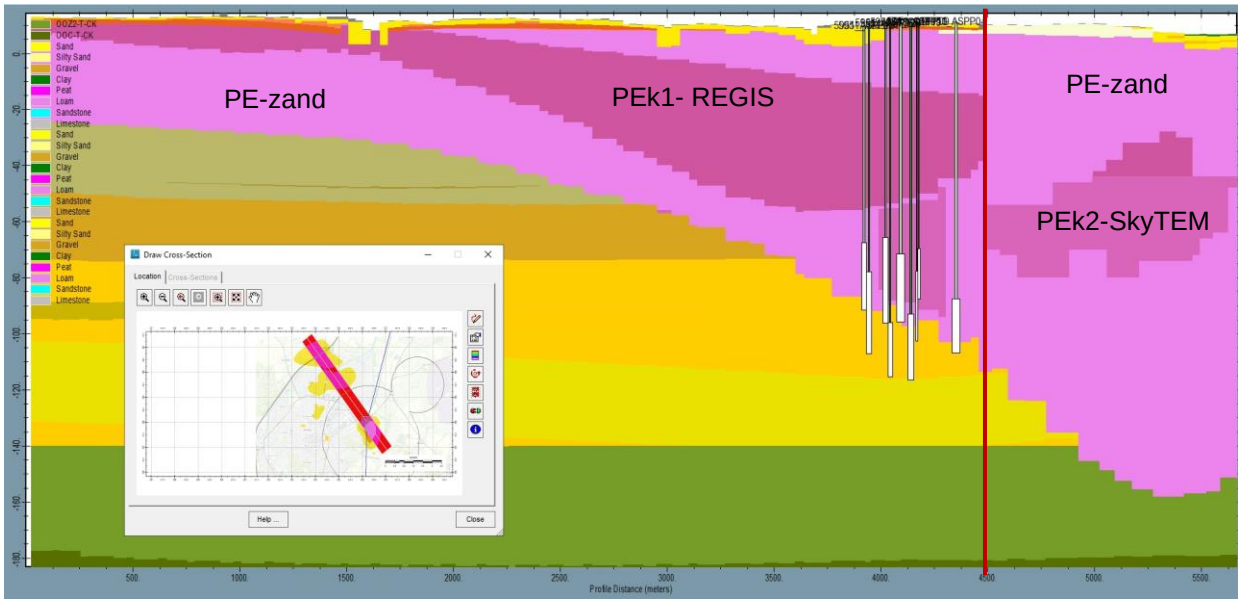
- Net ten oosten van het puttenveld, daalt de freatische grondwaterstand met maximaal 15 cm. Precies op de grens van het SkyTEM gebied verspringt in het model de Peeloklei van PEk1 naar PEk2. De drinkwaterwinning vindt plaats onder de PEk1, maar boven de PEk2. In het model ontstaat er nu kortsluiting tussen deze twee lagen, zie Figuur 6-2, met als gevolg een freatisch effect. In werkelijkheid is de Potklei hier naar verwachting aaneengesloten, maar duikt naar de diepte toe weg. In dat geval treedt dit freatische effect niet op.



Figuur 6-1 Effecten winscenario1 – jaarrond injecteren. Freatisch = modellaag 1, WVP = modellaag 6 onder de Peeloklei

- In Assen-noord daalt de freatische grondwaterstand met maximaal 10 cm. Hier wigt de potklei geleidelijk uit, waardoor de effecten naar boven toe kunnen doorwerken.

In het beekdal zelf treden er geen freatische verlagingen op. Onder het Deurzerdiep en het zuidelijke deel van het Loonerdiep zijn hoge Peeloweerstanden aanwezig waardoor de effecten niet doorwerken naar het freatisch grondwater.

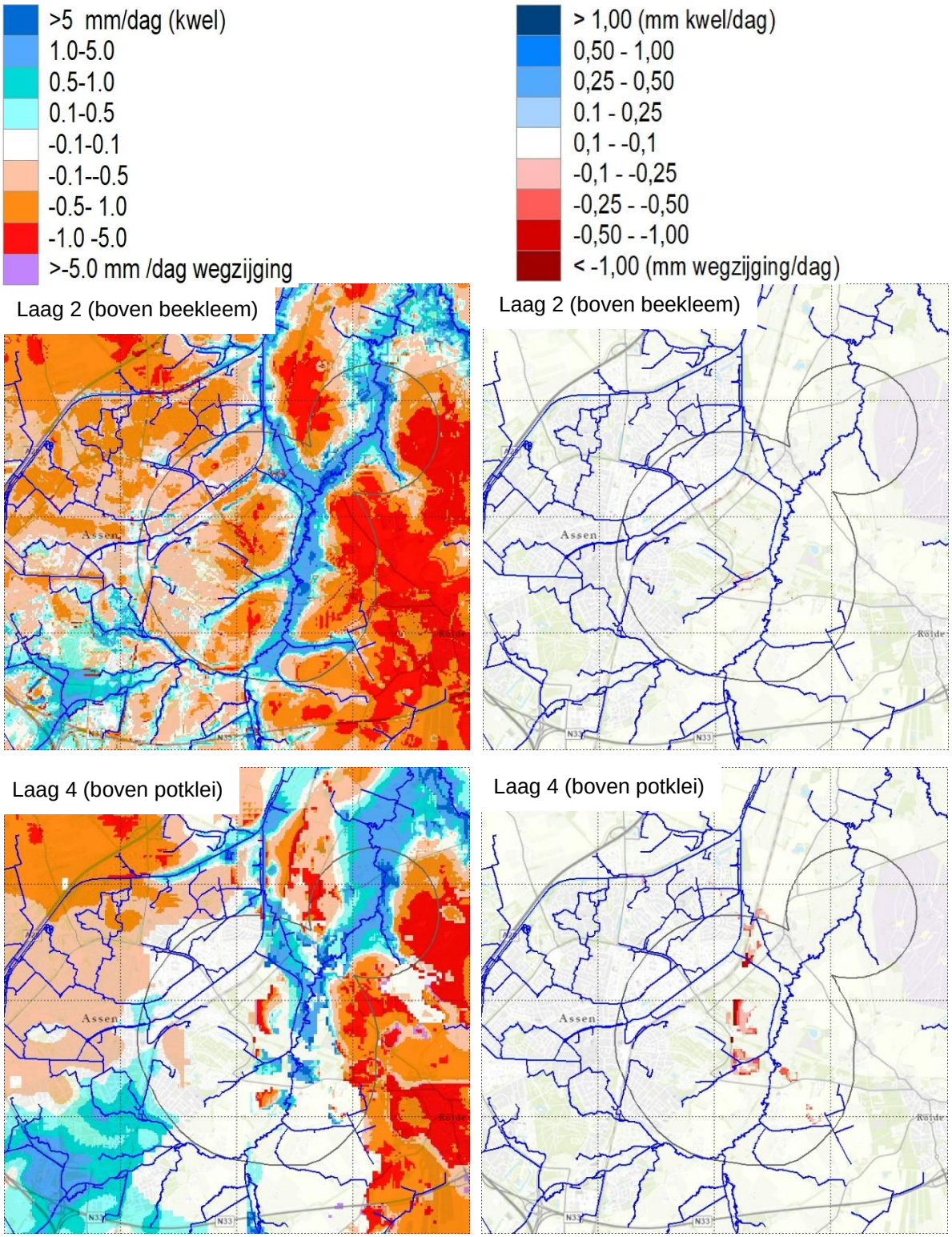


Figuur 6-2. NW-ZO doorsnede door het gebied met freatische effecten. In rood de SkyTEM grens

In Figuur 6-3 zijn de effecten op de kwel/wegzijging weergegeven (in mm) voor de zomersituatie, voor die gebieden waar de verandering in stijghoogte minimaal 2 cm bedraagt. Links is de huidige kwel/wegzijging weergegeven over de beekleem (boven) en over de potklei (onder); rechts is het relatieve effect weergegeven voor dezelfde lagen. De resultaten voor de winter zijn nagenoeg gelijk.

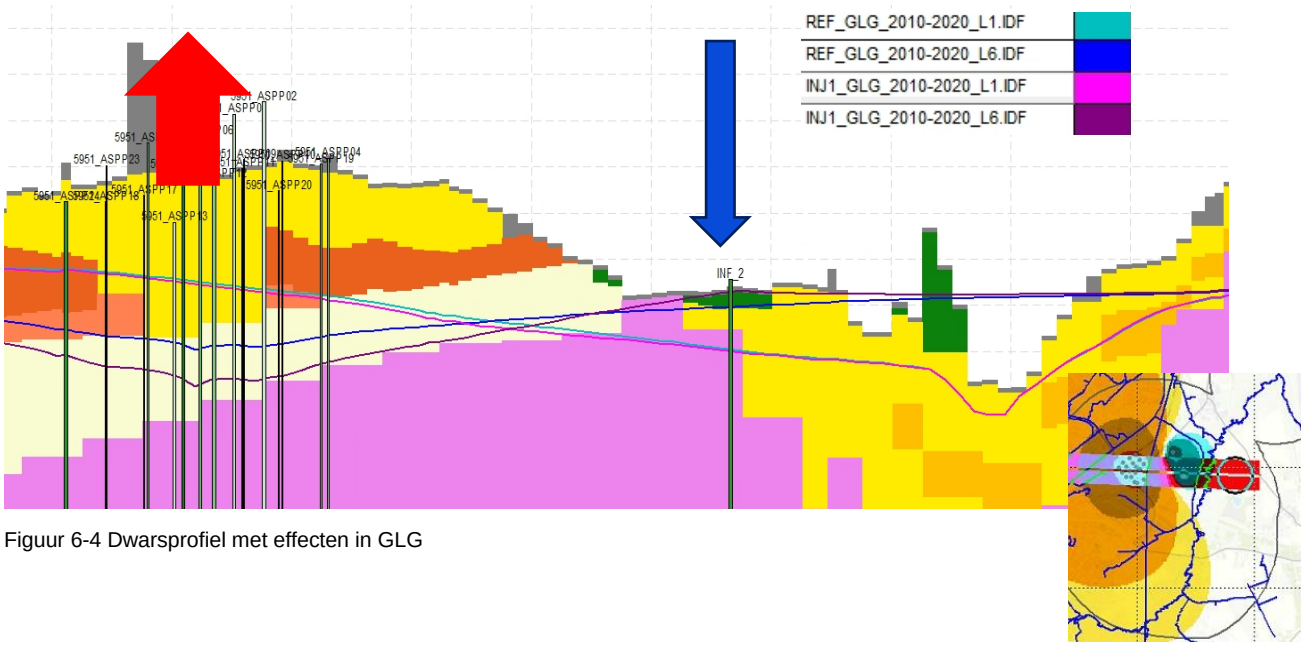
De verandering in kwel/wegzijging over de beekleem is minimaal en niet tot nauwelijks zichtbaar in de figuur.

Over de Peeloklei 1 is er op een aantal plaatsen wel een verandering in de kwel/wegzijging zichtbaar. Lokaal gaat dit om een afname van kwelflux (bijvoorbeeld bij het Anreperdiep) en op andere plekken om een toename in wegzijging (bijvoorbeeld boven het puttenveld). Dit zijn de locaties waar de Peeloklei 1 lokaal ontbreekt en ook de weerstand van de terugvalzanden beperkt zijn. Het relatief grote effect net ten oosten van het puttenveld, hangt ook hier samen met het verspringen van de Peeloweerstand van PEk1 (in REGIS) naar PEk2 (in de SkyTEM), en treedt naar verwachting in werkelijkheid niet op.



Figuur 6-3 Berekende kwel (links) en verandering in kwel (rechts) t.o.v. referentiemodel in de zomersituatie

In Figuur 6-4 is voor de volledigheid nog een dwarsprofiel weergegeven voor de GLG situatie, waarin de relatie tussen de ondiepe en diepe stijghoogten zichtbaar zijn. In de blauwtinten zijn de berekende stijghoogten voor het referentiemodel weergegeven en in de paarstinten de berekende stijghoogten voor winscenario1. De donkere kleuren zijn de stijghoogten onder de peeloklei en de lichte kleuren de freatische stijghoogten. De verticale lijnen onder de rode pijl zijn de onttrekkingsputten en de verticale lijn onder de blauwe pijl ligt een van de injectieputten. Bij de onttrekking is het effect op de diepe stijghoogte te zien: in winscenario1 is de stijghoogte lager dan in het referentiemodel door de verhoogde onttrekking. Bij de injectieput is er juist een stijging zichtbaar in winscenario1. Het omslagpunt van kwel naar wegzijging ligt in winscenario1 iets dichter bij de beek maar dit gaat om ongeveer 25 m (1 modelcel).



Figuur 6-4 Dwarsprofiel met effecten in GLG

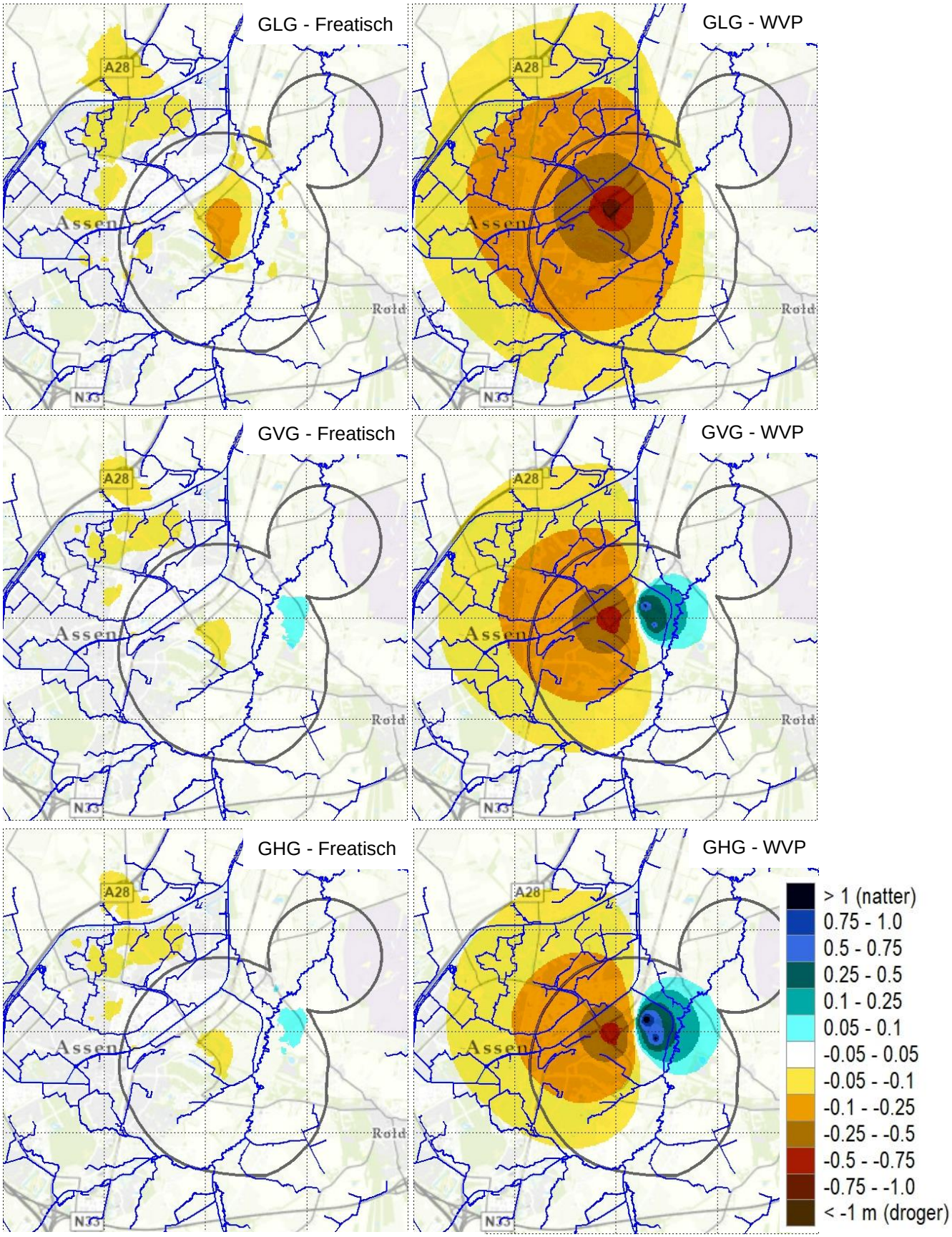
6.3 Effecten winscenario 2: vergroten winning + injectie alleen in winter

In Figuur 6-5 zijn de effecten van winscenario 2 op de stijghoogten en freatische grondwaterstand getoond, waarbij de injectie van 0,75 Mm^3/jaar geconcentreerd is in de maanden oktober t/m maart.

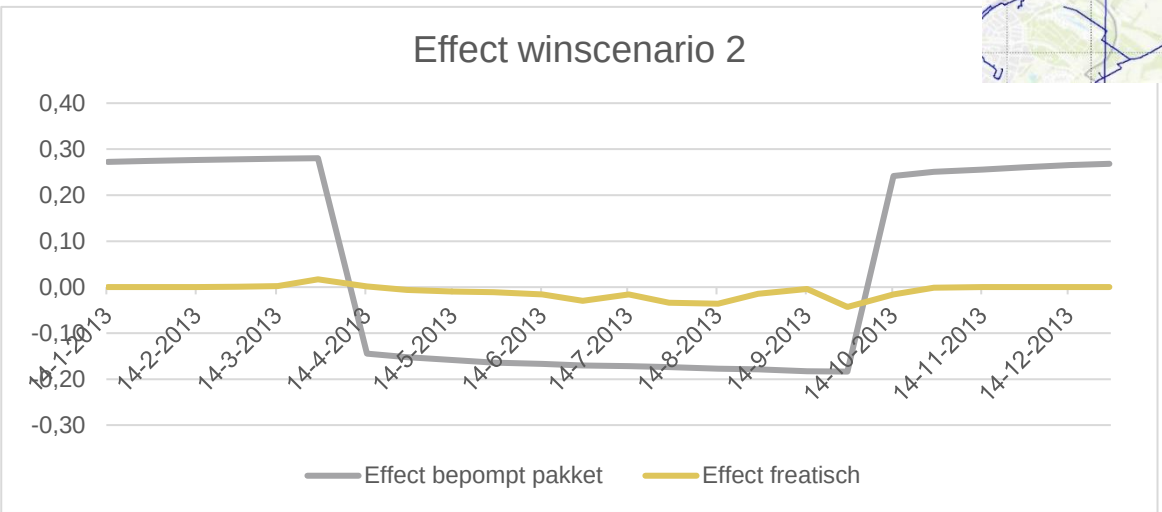
In de drie rechter plaatjes van Figuur 6-5 zijn de effecten op de watervoerende laag onder de Peeloklei weergegeven. In de GHG situatie is het positieve effect van de injectie groter dan in winscenario 1. Dit komt doordat in winscenario 2 dezelfde hoeveelheid water in de helft van de tijd (oktober – maart) geïnjecteerd wordt in de ondergrond. Het effect van de injectie zien we vooral in het Loonerdiep in de GHG en GVG situatie, waar het duidelijk natter wordt. De injectie heeft verder niet alleen invloed op het regionale grondwater benedenstrooms; in het gebied bovenstrooms is de reikwijdte van de effecten in de GHG situatie aanzienlijk kleiner dan in de GLG situatie. In de GLG situatie loopt de verlaging van de diepe stijghoogte alsnog door onder het Deurzerdiep en Loonerdiep. In deze situatie vindt geen injectie plaats maar is er wel een uitbreiding van de winning.

In de drie linker plaatjes van Figuur 6-5 is te zien hoe de diepe effecten doorwerken naar boven toe naar het freatisch grondwater. In de GVG en GHG situatie werkt de vernatting als gevolg van de injectie lokaal door naar boven toe. Dit treedt alleen op in die gebieden waar de weerstand in de ondergrond lokaal gering is of ontbreekt. In de GLG situatie is alleen sprake van een grondwaterstandverlaging. De verlagingen treden daarbij niet op in het beekdal zelf, maar vooral op de flanken.

In Figuur 6-6 is een grafiek weergegeven van het *effect* van winscenario 2 op een locatie direct naast het Loonerdiep (zie roze stip op het kaartje bij Figuur 6-6) in een willekeurig jaar, 2013. Een positieve waarde betekent dat het scenario natter is dan het referentiemodel en vice versa. Het effect in het bepompt pakket slaat bij de start en stop van de injectie snel om. Bij de modelmatige stop van de injectie op 1 april gaat het effect tussen 28 maart en 14 april van 0,28 m naar -0,14 m. Bij de start van de injectie op 1 oktober gebeurt precies het omgekeerde: tussen 28 september en 14 oktober gaat het effect van -0,18 m naar 0,24 m. Dit betekent dat je binnen twee weken het effect van de injectie al kwijt bent. De modelresultaten zijn weggeschreven per 2 weken, zodat de precieze duur van het effect hiermee niet de voorspellen is.



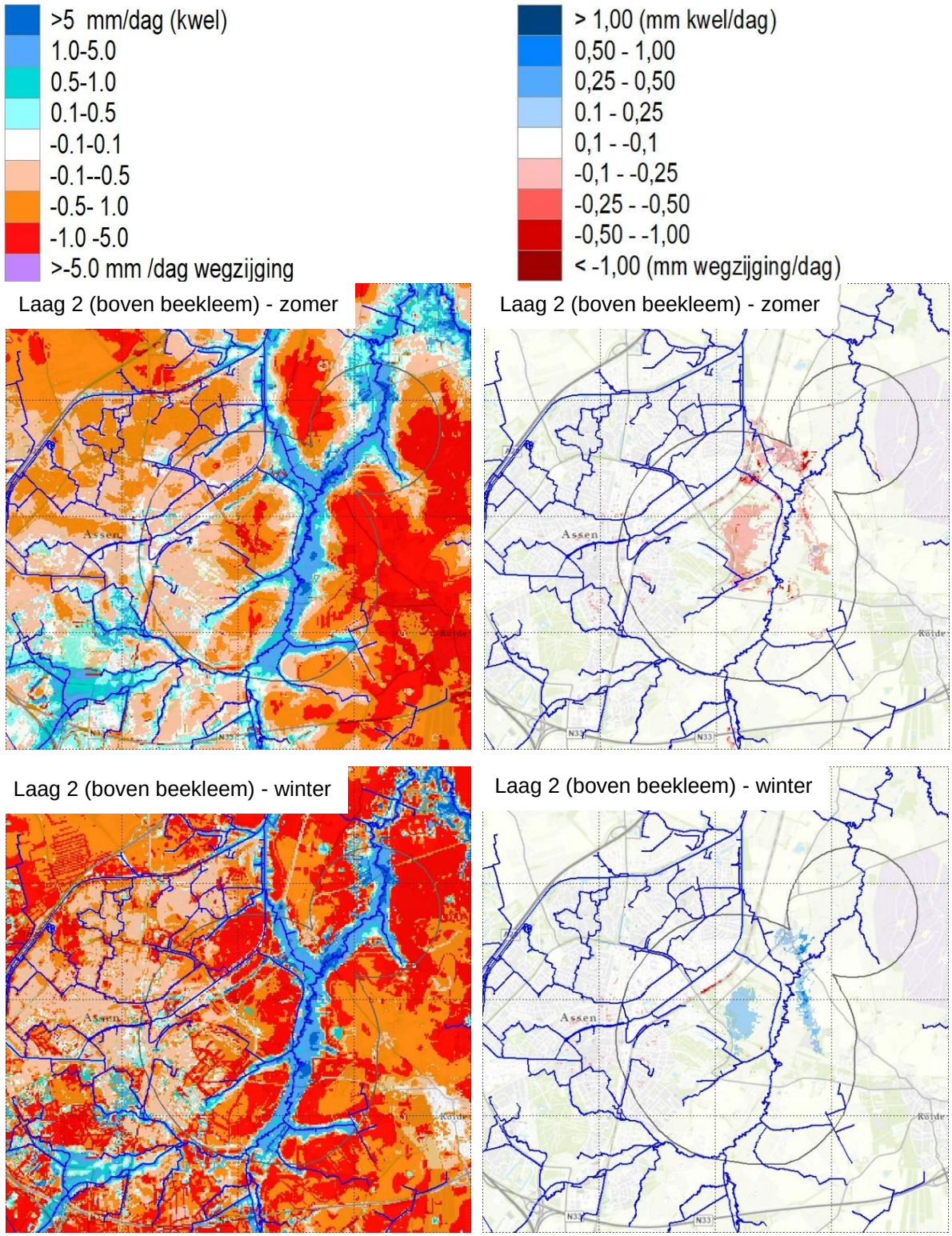
Figuur 6-5 Effecten winscenario2 – oktober t/m maart injecteren



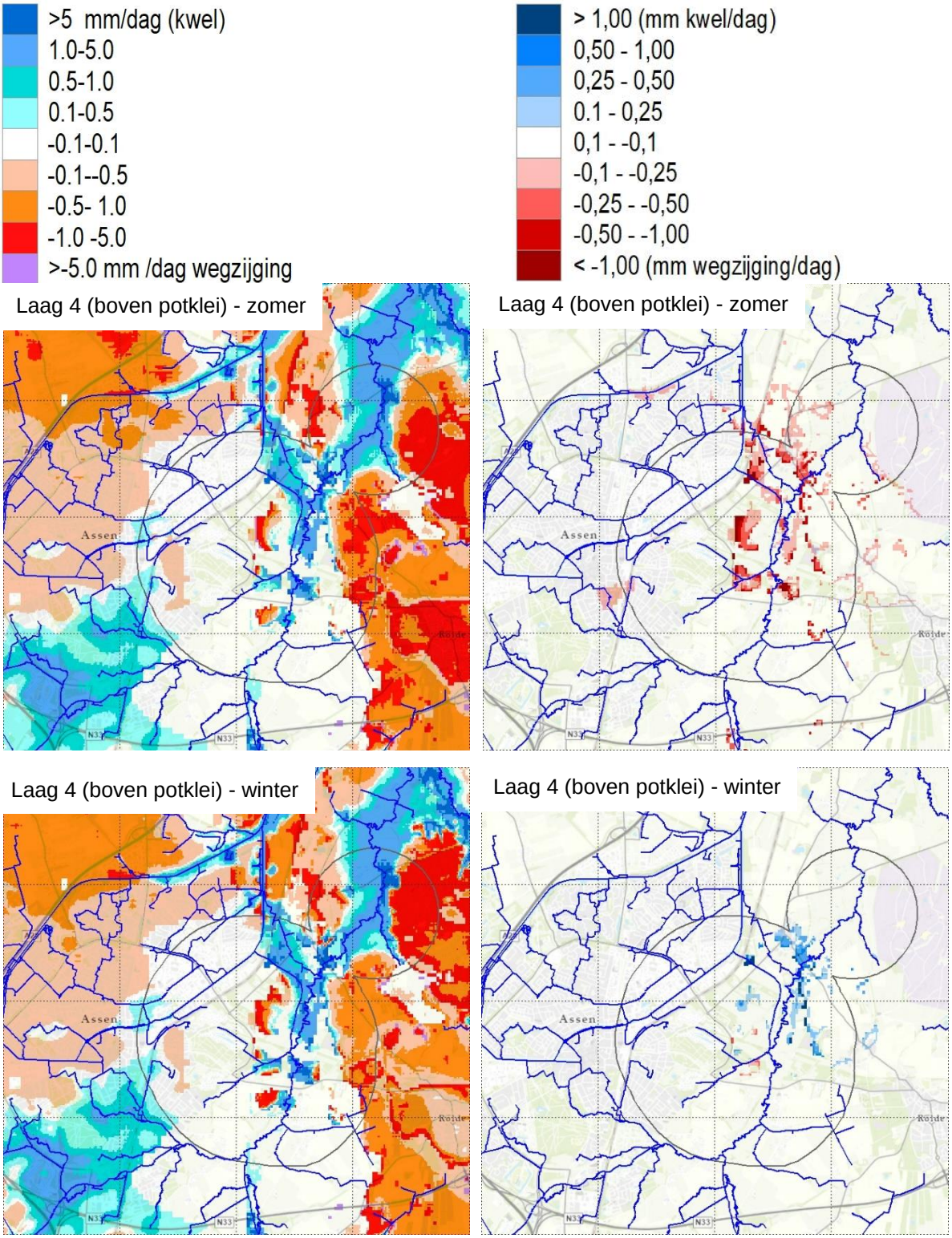
Figuur 6-6 Grafiek met effect bepompt pakket voor winscenario 2. Alleen waarden op de 14e en 28e zijn gebruikt.

Zoals eerder in dit rapport beschreven, is de GVG het gemiddelde van 14 en 28 maart en 14 april. In maart is er nog een positief effect van de injectie en deze is op 14 april al verdwenen. Een positief effect in de GVG is daarom volledig afhankelijk van het moment van starten en stoppen van de injectie. De GLG en GHG laten in dit geval een situatie zonder- en een situatie met injectie zien.

In Figuur 6-7 en Figuur 6-8 zijn de zowel de huidige kwel/wegzijging (links) als de relatieve veranderingen in kwel/wegzijging (rechts) weergegeven over respectievelijk de beekleem en over de Peeloklei 1. Ten oosten van het Loonerdiep neemt de kwelflux in de zomer af en in de winter toe. Het relatief grote effect net ten oosten van het puttenveld, hangt ook hier samen met het verspringen van de Peeloweerstand van PEk1 (in REGIS) naar PEk2 (in de SkyTEM), en treedt naar verwachting in werkelijkheid niet op.



Figuur 6-7 Berekende kwel (links) en verandering in kwel (rechts) t.o.v. referentiemodel boven de beekleem



Figuur 6-8 Berekende kwel (links) en verandering in kwel (rechts) t.o.v. referentiemodel boven de potklei

7. Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

De drinkwaterwinning Assen-Oost is gesitueerd in een geologisch zeer complex gebied. De grillige (post)glaciale ondergrond, lokaal aanwezige keileem en beekleem en de dynamiek in de vrij afwaterende beeklopen, maken het lastig om het gebied te vereenvoudigen naar een model schematisatie in MIPWA.

Om toch te komen tot een "gedragen grondwatermodelinstrumentarium" is vooraf gedefinieerd waar het modelinstrumentarium *voor deze specifieke studie* aan moet voldoen. Deze criteria hebben met name betrekking op de werking van het hydrologisch systeem op regionale schaal, met de infiltratie op de ruggen en de kwel in de beekdalen.

Binnen dit project zijn alle beschikbare kennis en inzichten gebruikt om zowel de basisdata, die ten grondslag ligt aan het model, te verbeteren als ook de conceptuele werking van het MIPWA model te toetsen.

Het model is geschikt bevonden om de relatieve effecten van verschillende winscenario's van de winning Assen Oost te bepalen *en* onderling te vergelijken. Dit is als volgt onderbouwd:

- het model simuleert de systeemwerking van het beekdal met zijn flanken op regionale schaal goed;
- de diepe regionale stijghoogten in het bepompte pakket worden in het interessegebied voldoende nauwkeurig gesimuleerd;
- het omslagpunt van kwel naar wegzijging ligt op de juiste hoogte van de flank.

Daarnaast is het model in staat om stroombanen en reistijden in het bepompte pakket te berekenen en eveneens voor verschillende scenario's onderling te vergelijken.

De ondiepe grondwaterstanden worden wel gemiddeld te droog gesimuleerd. Dit kan deels verklaard worden door het ontbreken van de schijngrondwaterspiegels boven de keileem in het model. Voor het resterende deel wordt dit niet veroorzaakt door een te hoge afvoer vanuit het, maar kan mogelijk wel een gevolg zijn van een onderschatting van de grondwateraanvulling in de infiltratiegebieden. Hiermee worden relatieve effecten van een drinkwaterwinning op de freatische grondwaterstanden mogelijk iets overschat (worst case).

Met het huidige model kan geen uitspraak worden gedaan over effecten in de wortelzone op perceel-/standplaats-niveau, of lokaal optredende toekomstige

grondwaterstanden (t.o.v. maaiveld of NAP). Hiervoor is het gebied te heterogeen en is de dichtheid aan beschikbare informatie te gering.

Met het resulterende model zijn twee winscenario's doorgerekend:

1. Het vergroten van de winning van 2,5 Mm³ naar 4 Mm³ + jaarrond diepinjectie van 0,75 Mm³/jaar;
2. Het vergroten van de winning van 2,5 Mm³ naar 4 Mm³ + diepinjectie van 0,75 Mm³/jaar gedurende de maanden oktober t/m maart.

Conclusie is dat diepinjectie zeker potentie heeft. De twee geplaatste injectieputten mitigeren volledig de extra verlagingen benedenstrooms in het beekdal van het Loonerdiep. Het na-ijl effect is echter wel zeer beperkt. Na stoppen van de diepinjectie, zijn de effecten binnen 2 weken uitgedoofd. Om de effecten in het beekdal te mitigeren is het daarmee noodzakelijk om jaarrond te injecteren. Aangezien er alleen in de wintermaanden naar verwachting voldoende beekwater beschikbaar is, betekent dit dat berging aan maaiveld nodig is om de injectieputten jaarrond van oppervlaktewater te voorzien.

Met de nu doorgerekende put-opstelling worden de effecten wel gemitigeerd in het Loonerdiep, maar niet in het Deurzerdiep. Een verdere optimalisatie van het putontwerp is noodzakelijk om ook de effecten in het Deurzerdiep te mitigeren.

7.2 Aanbevelingen

Met het model kan op dit moment geen uitspraak worden gedaan over effecten in de wortelzone op perceel-/standplaats-niveau, of lokaal optredende toekomstige grondwaterstanden (t.o.v. maaiveld of NAP). Hiervoor is het gebied te heterogeen en is de dichtheid aan beschikbare informatie te gering.

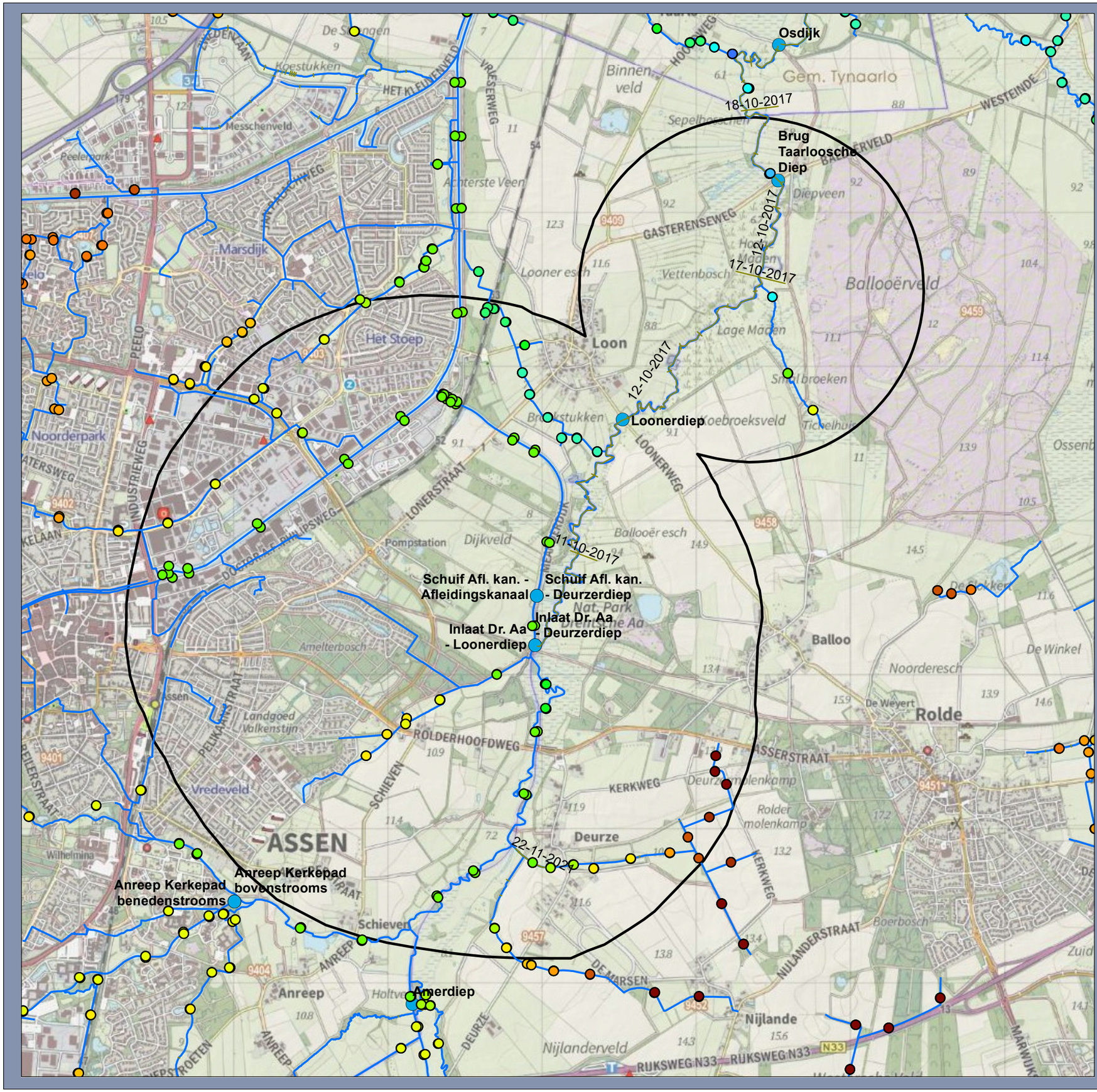
Voor het detailniveau van een M.E.R. kan naar verwachting volstaan worden met het huidige model. Indien het model later ook gebruikt moet worden voor een vergunningaanvraag, dan is mogelijk een detaillering gewenst op de volgende onderdelen:

- Er zijn relatief weinig geschikte diepe buizen aanwezig binnen het verwachte invloedgebed van de winning. Hierdoor kan de huidige verlagingskegel in het bepompte pakket maar beperkt gevalideerd en in de toekomst gemonitord worden.
- Er zijn eveneens maar weinig diepe peilbuizen in het beekdal, waarmee de weerstand van de Peeloklei en terugvalzanden gevalideerd kan worden. Mogelijk dat de TTEM een rol kan spelen om meer inzicht te krijgen in de diepere ondergrond in de beekdalen, nabij de voorkomende kwelafhankelijke habitattypen. Alternatief is om nabij de huidige raaien van het meetnet verdroging in het beekdal van het Loonerdiep één of meerdere diepe peilbuizen bij te plaatsen.

8. Literatuur

1. SWECO (2023). Geohydrologische systeemverkenning Rolder- en Andersche diep; met behulp van MIPWA v4.1.
2. TNO (2022). Concept resultaten tTEM metingen in Drenthe, uitgevoerd in December 2021.
3. SWECO (2021). Drentse Aa SkyTEM-lagenmodel (Topsoil project)
4. TNO (2020). Modellering van de ondergrond van het Drentse Aa projectgebied t.b.v. het TopSOIL project m.b.v. helikopter elektromagnetische metingen.
5. RHDHV (2018). Gebiedsdossier grondwaterwinning Assen
6. Tauw. (2016) Reactie van Tauw op het stuk van Geo2 engineering betreffende de toekomstige grondwaterpeilen bij het Havenkanaal in Assen.
7. TNO (2013). Data-inventarisatie, kartering en parameterisatie van keileem in het MIPWA-gebied.
8. Hoogveld (2013). Veldrapport betreffende grondonderzoek ten behoeve van: project langs het Kanaal en de Havenkade te Assen.
9. Fugro (2012). Damwandconstructie Zwaaikom aan de Havenkade te Assen.
10. Projectgroep waterwinning Assen (2004). Technische afronding onderzoek waterwinning Assen (fase 3).
11. Iwaco (2001). Verdrogingsonderzoek Drentse Aa.

Bijlage 1 Ingemeten waterstanden en meetreeksen



Legenda

Waterstand

- < 0 m NAP
- 0,1 - 0,5
- 0,6 - 1,0
- 1,1 - 1,5
- 1,6 - 2,0
- 2,1 - 2,5
- 2,6 - 3,0
- 3,1 - 3,5
- 3,6 - 4,0
- 4,1 - 4,5
- 4,6 - 5,0
- 5,1 - 5,5
- 5,6 - 6,0
- 6,1 - 6,5
- 6,6 - 7,0
- 7,1 - 7,5
- 7,6 - 8,0
- 8,1 - 8,5
- 8,6 - 9,0
- 9,1 - 9,5
- 9,6 - 10,0
- 10,1 - 10,5
- 10,6 - 11,0
- > 11 m NAP
- Beschikbare meetreeksen peil
- Profiellijn (datum inmeting)
- Hoofdwatergang

Waterstand profielen en beschikbare meetreeksen

Grondwateronderzoek Assen Oost

Opdrachtgever: Waterleiding Maatschappij Drenthe
Projectnummer: 51011264

SWECO

Status: Definitief
Datum: 21-11-2022
Schaal: 1:25.000
Formaat: A3

Getekend: EK - Gecontroleerd: SS

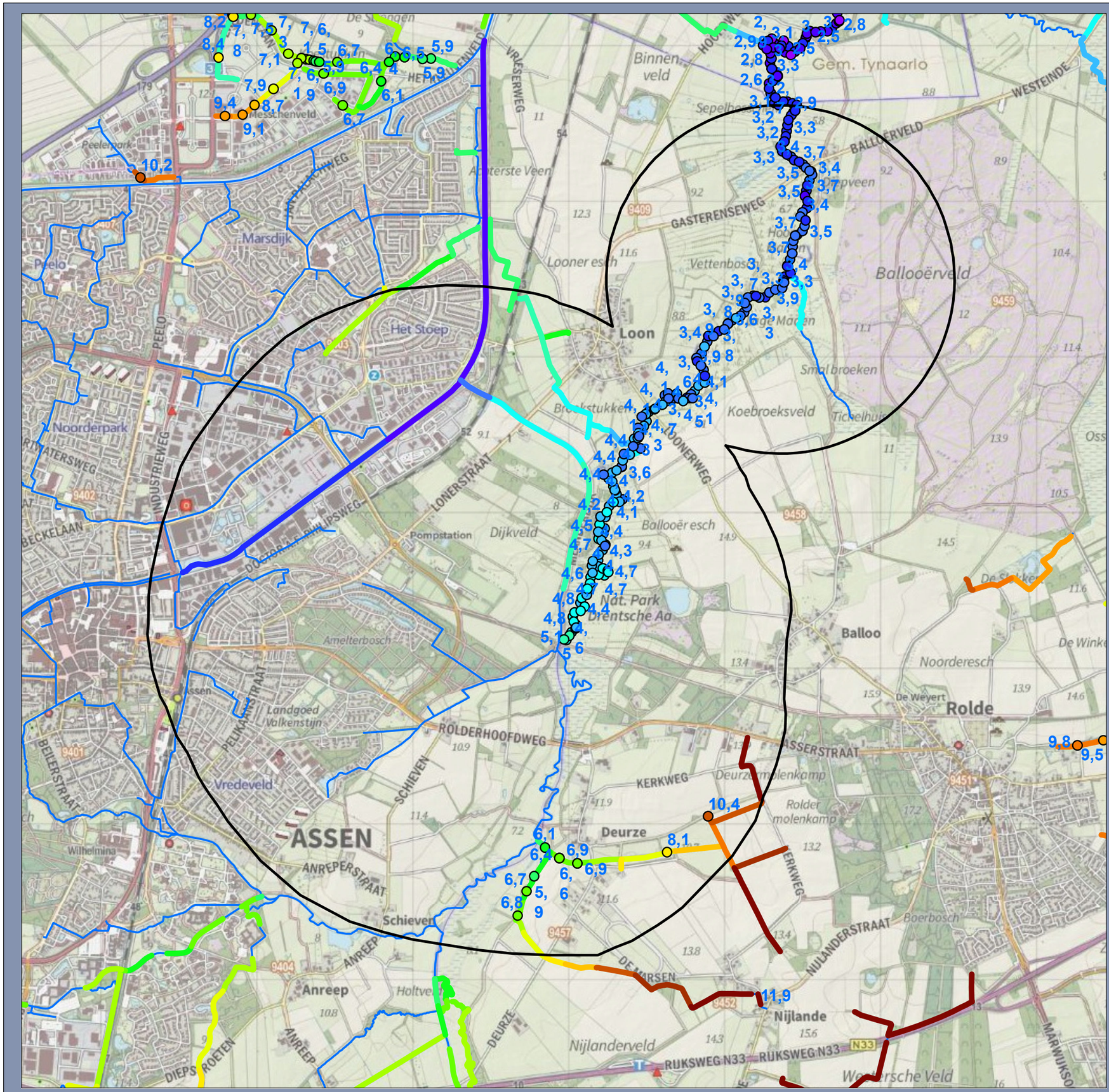
0 250 500 750 1.000 1.250 1.500 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Users\NL\EMMK\OneDrive - Sweco AB\Projecten\AssenOost_GIS\GIS\MXD\AssenOost_Offerte_v2.mxd 21-11-2022 15:25:19

Bijlage 2 Bodemhoogte legger en ingemeten profielen



Legenda

Bodemhoogte ingemeten profielen

- < 0 m NAP
- 0,1 - 0,5
- 0,6 - 1,0
- 1,1 - 1,5
- 1,6 - 2,0
- 2,1 - 2,5
- 2,6 - 3,0
- 3,1 - 3,5
- 3,6 - 4,0
- 4,1 - 4,5
- 4,6 - 5,0
- 5,1 - 5,5
- 5,6 - 6,0
- 6,1 - 6,5
- 6,6 - 7,0
- 7,1 - 7,5
- 7,6 - 8,0
- 8,1 - 8,5
- 8,6 - 9,0
- 9,1 - 9,5
- 9,6 - 10,0
- 10,1 - 10,5
- 10,6 - 11,0
- > 11 m NAP

Bodemhoogte legger

- < 0,0 m NAP
- 0,1 - 0,5
- 0,6 - 1,0
- 1,1 - 1,5
- 1,6 - 2,0
- 2,1 - 2,5
- 2,6 - 3,0
- 3,1 - 3,5
- 3,6 - 4,0
- 4,1 - 4,5
- 4,6 - 5,0
- 5,1 - 5,5
- 5,6 - 6,0
- 6,1 - 6,5
- 6,6 - 7,0
- 7,1 - 7,5
- 7,6 - 8,0
- 8,1 - 8,5
- 8,6 - 9,0
- 9,1 - 9,5
- 9,6 - 10,0
- 10,1 - 10,5
- 10,6 - 11,0
- > 11,0 m NAP
- Hoofdwatergang
- Interessegebied

Bodemhoogte legger en ingemeten profielen

Grondwateronderzoek Assen Oost

Opdrachtgever: Waterleiding Maatschappij Drenthe
Projectnummer: 51011264

SWECO

Status: Definitief
Datum: 21-11-2022
Schaal: 1:25.000
Formaat: A3

Getekend: EK - Gecontroleerd: SS

0 250 500 750 1.000 1.250 1.500 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Users\NLEMMK\OneDrive - Sweco AB\Projecten\AssenOost_GIS\GIS\MXD\AssenOost_Offerte_v2.mxd 21-11-2022 17:00:11

Bijlage 3 schematisatie lagenmodel na actualisaties

Linktable

Schema2 geeft aan in welke modellaag een eenheid is ingedeeld.

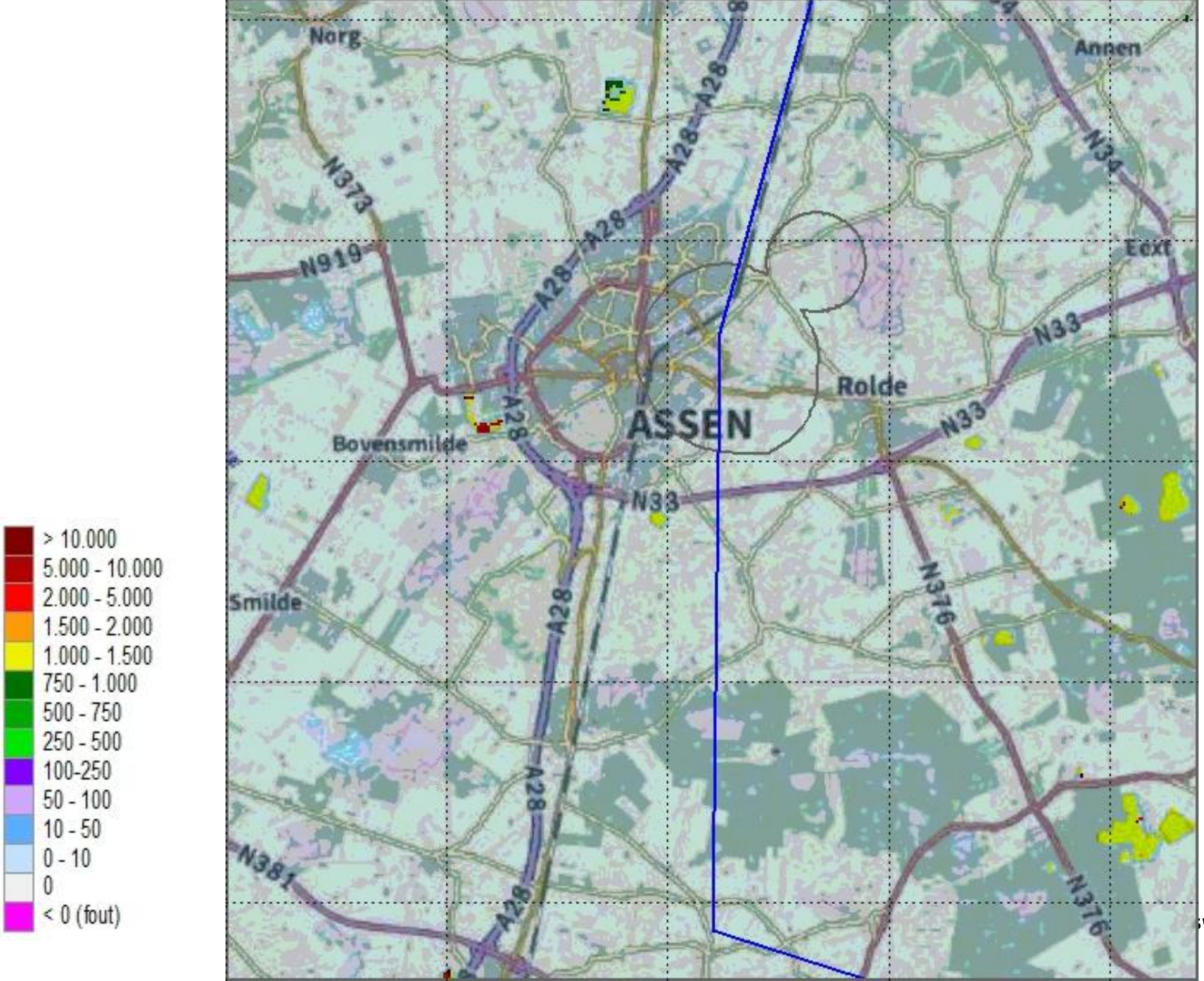
De positieve waarden zijn watervoerende lagen (1 – 10)

De negatieve waarden zijn scheidende lagen (de peeloklei1 is -4 in Schema2 en in het model scheidende laag 4)

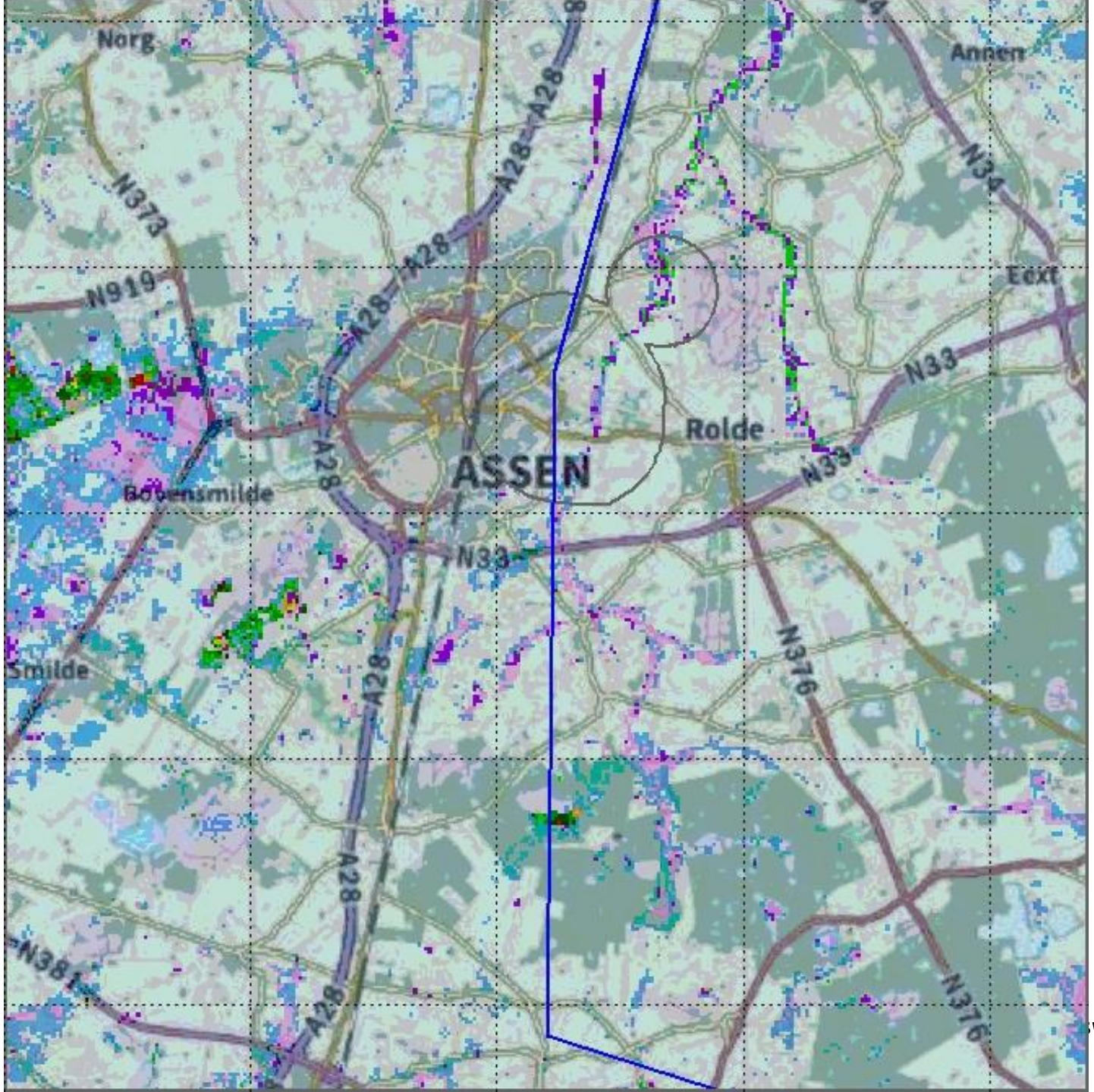
De lagen zijn op volgorde van boven naar beneden weergegeven in de volgende slides: KD1 ligt boven C1

Number	Name	Type	Percentage	Schema1	Schema2	Part	Kfactor	AverageK	VerticalAnisotrophyFactor	HorizontalAnisotrophyFactor	HorizontalAnisotrophyAngle
1	MV_eenheid	Aquifer	100	1	1	1	1	65,2035	0,2	1	0
2	HLc_veen	Aquitard	21,76	-1	-1	1	1	0,04275	0,2	1	0
3	HLc_TNO2007	Aquitard	7,85	-2	-1	1	1	0,26977	0,2	1	0
4	bxz2_provincie	Aquifer	74,06	3	2	1	1	39,3578	0,2	1	0
5	bxk1_provincie	Aquitard	5,37	-3	-2	1	1	0,12412	0,2	1	0
6	bxz3	Aquifer	76,92	4	3	1	1	26,0041	0,2	1	0
7	bxk2	Aquitard	4,62	-4	0	1	1	0,00803	0,2	1	0
8	bxz4	Aquifer	73,67	5	3	1	1	32,9177	0,2	1	0
9	eez1	Aquifer	4,13	6	3	1	1	9,40416	0,2	1	0
10	eek1	Aquitard	7,6	-6	0	1	1	0,03141	0,2	1	0
11	eez2	Aquifer	8,3	7	3	1	1	9,65353	0,2	1	0
12	eez3	Aquifer	9,62	8	3	1	1	9,74163	0,2	1	0
13	drz1	Aquifer	13,49	9	3	1	1	15,547	0,2	1	0
14	drz2	Aquifer	2,85	10	3	1	1	6,17635	0,2	1	0
15	DRGIk1_TNO2013	Aquitard	47,16	-10	-3	1	1	0,02888	0,2	1	0
16	drz3	Aquifer	28,47	11	4	1	1	34,185	0,2	1	0
17	dnz1	Aquifer	28,09	12	4	1	1	49,263	0,2	1	0
18	urz1	Aquifer	0,56	13	4	1	1	21,0704	0,2	1	0
19	urz2	Aquifer	0,57	14	4	1	1	21,1858	0,2	1	0
20	urz3	Aquifer	0,57	15	4	1	1	20,9379	0,2	1	0
21	PEz1_Skytem	Aquifer	75,47	16	4	1	1	28,0051	0,2	1	0
22	PEk1_Topsoil	Aquitard	38,23	-16	-4	1	1	0,01242	0,2	1	0
23	PEz2_SkytemGeul	Aquifer	87,08	17	5	1	1	16,081	0,2	1	0
24	PEk2_TopsoilGeulGat	Aquitard	18,37	-17	-5	1	1	0,01476	0,2	1	0
25	PEz3_SkytemGeulGat	Aquifer	94,78	18	6	1	1	12,0697	0,2	1	0
26	urz4	Aquifer	53,17	19	6	1	1	22,3024	0,2	1	0
27	urk3	Aquitard	5,25	-19	-6	1	1	0,03415	0,2	1	0
28	urz5	Aquifer	53,64	20	7	1	1	23,6445	0,2	1	0
29	apz1	Aquifer	74,08	21	7	1	1	67,7907	0,2	1	0
30	pzwaz2	Aquifer	79,49	22	7	1	1	40,1196	0,2	1	0
31	pzk1	Aquitard	15,65	-22	-7	1	1	0,02552	0,2	1	0
32	pzwaz3	Aquifer	82,63	23	8	1	1	44,0482	0,2	1	0
33	PZc_zand	Aquifer	75,78	24	8	1	1	30,6647	0,2	1	0
34	PZc_klei	Aquitard	75,78	-24	-8	1	1	0,0324	0,2	1	0
35	pzwaz4	Aquifer	81,69	25	9	1	1	23,6202	0,2	1	0
36	msz2	Aquifer	14,17	26	9	1	1	6,0184	0,2	1	0
37	msz3	Aquifer	4,78	27	9	1	1	6,91959	0,2	1	0
38	msc_s1	Complex	21,69	28	9	0,5	1	2,39259	0,2	1	0
39	msc_s2	Complex	21,69	-28	-9	0,5	1	0,0135	0,2	1	0
40	msz4	Aquifer	16,49	29	10	1	1	5,08656	0,2	1	0
41	ook1	Aquitard	18,95	-29	0	1	1	0,00706	0,2	1	0
42	ooz2	Aquifer	96,23	30	10	1	1	5,83301	0,2	1	0
43	ooc_s1	Complex	99,07	31	10	0,5	1	3,09274	0,2	1	0
44	ooc_s2	Complex	99,07	-31	0	0,5	1	0,01265	0,2	1	0
45	brk1	Aquitard	100	-32	0	1	1	0,002	0,2	1	0

KD laag 1


> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
Norg
Annen
N373
N919
A28
N34
Eext
N33
Rolde
ASSEN
Bovensmilde
Smilde
N376
N381

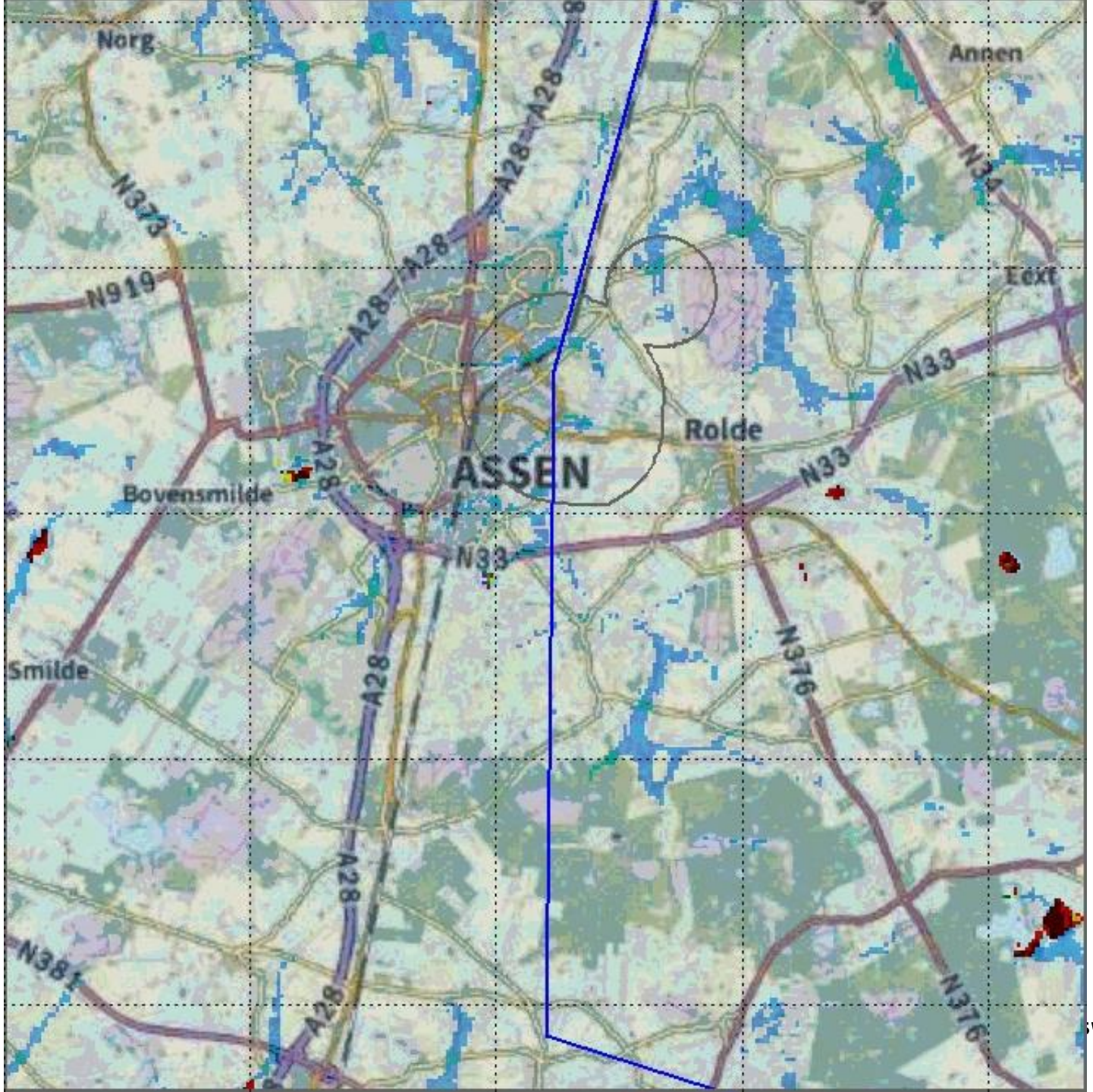
C laag 1
HLc_veen
HLc_TN02007



	> 10.000
	5.000 - 10.000
	2.000 - 5.000
	1.500 - 2.000
	1.000 - 1.500
	750 - 1.000
	500 - 750
	250 - 500
	100-250
	50 - 100
	10 - 50
	0 - 10
	0
	< 0 (fout)

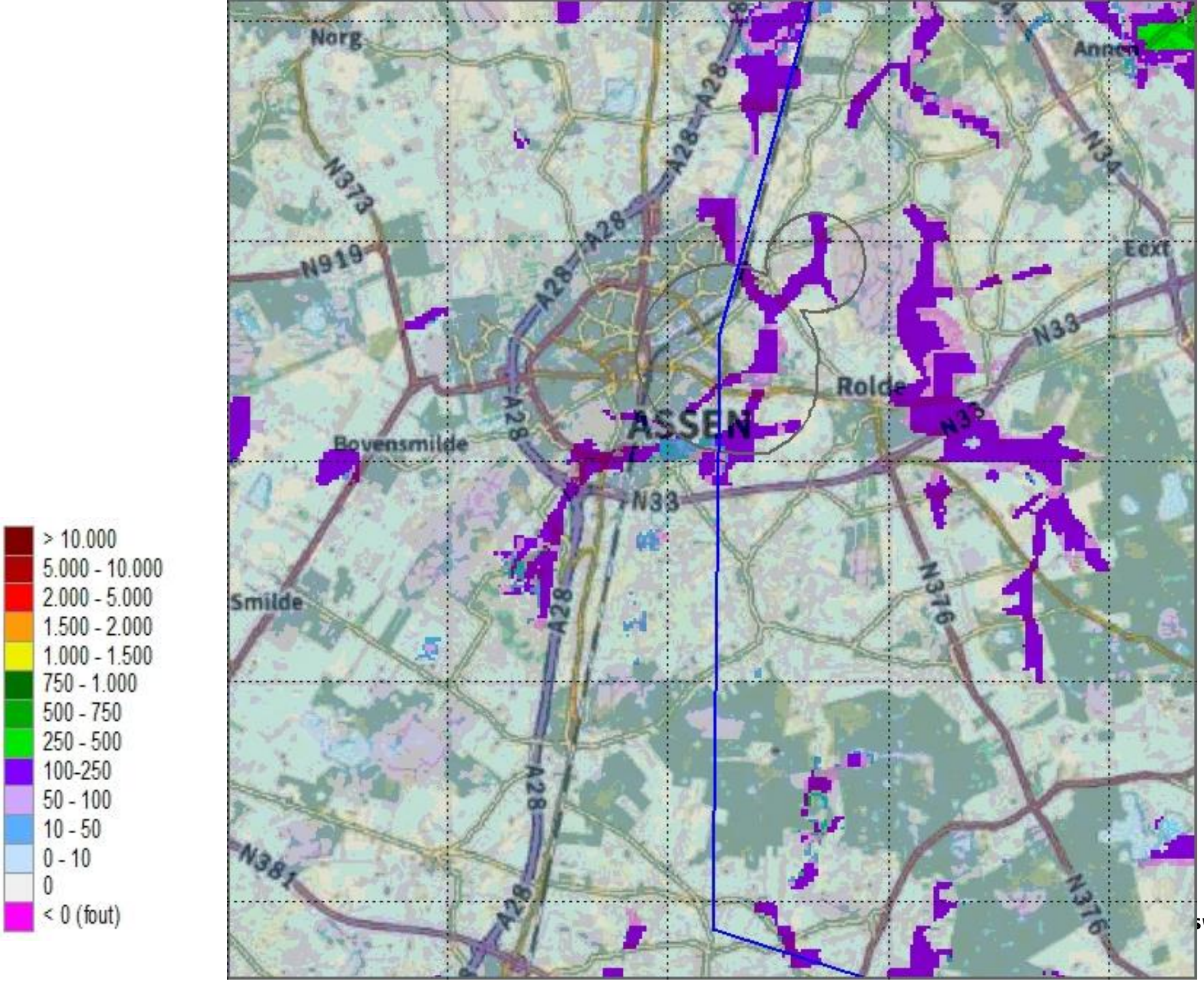
SWECO

KD laag 2

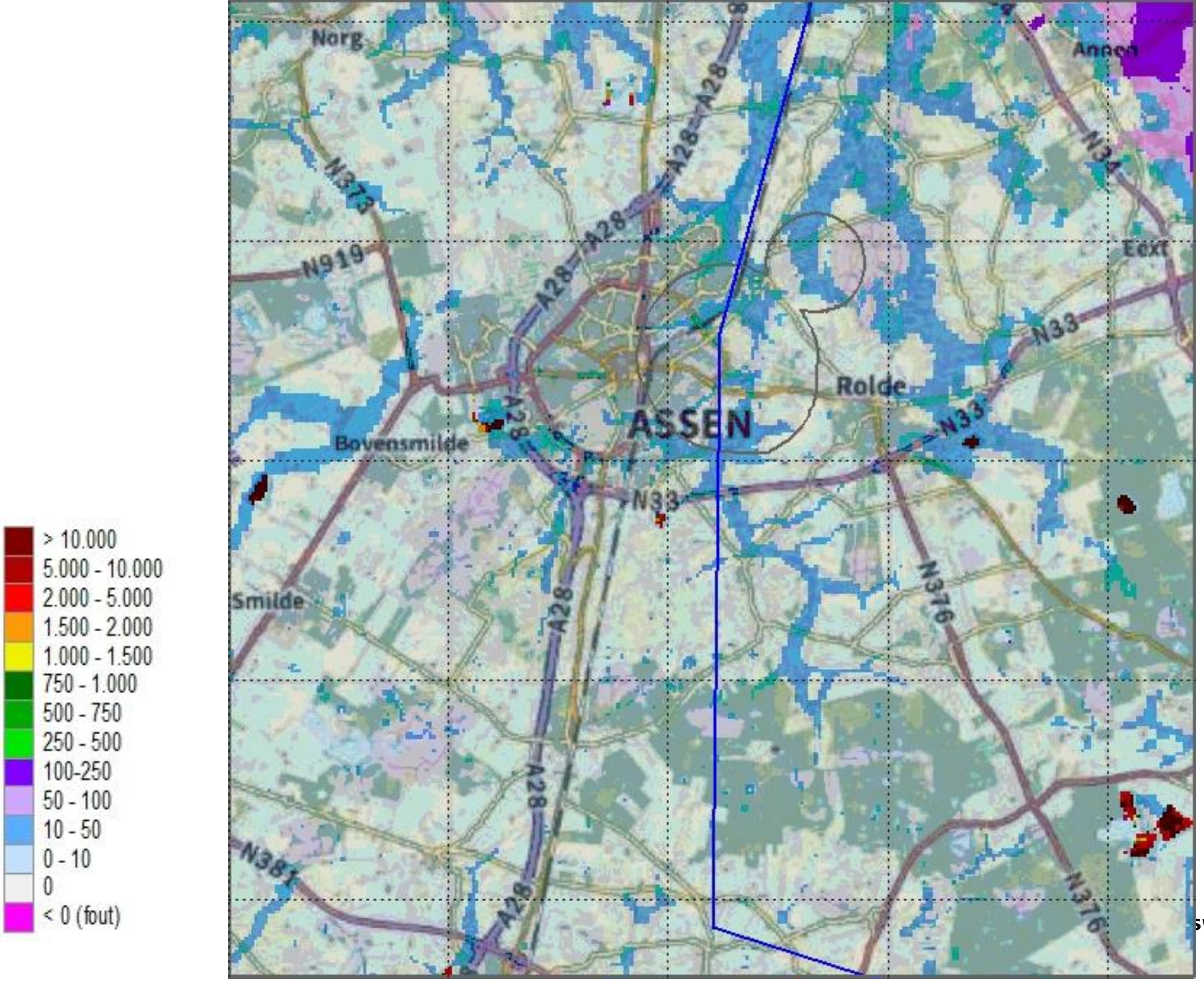


- > 10.000
- 5.000 - 10.000
- 2.000 - 5.000
- 1.500 - 2.000
- 1.000 - 1.500
- 750 - 1.000
- 500 - 750
- 250 - 500
- 100-250
- 50 - 100
- 10 - 50
- 0 - 10
- 0
- < 0 (fout)

C laag 2
Bxk1

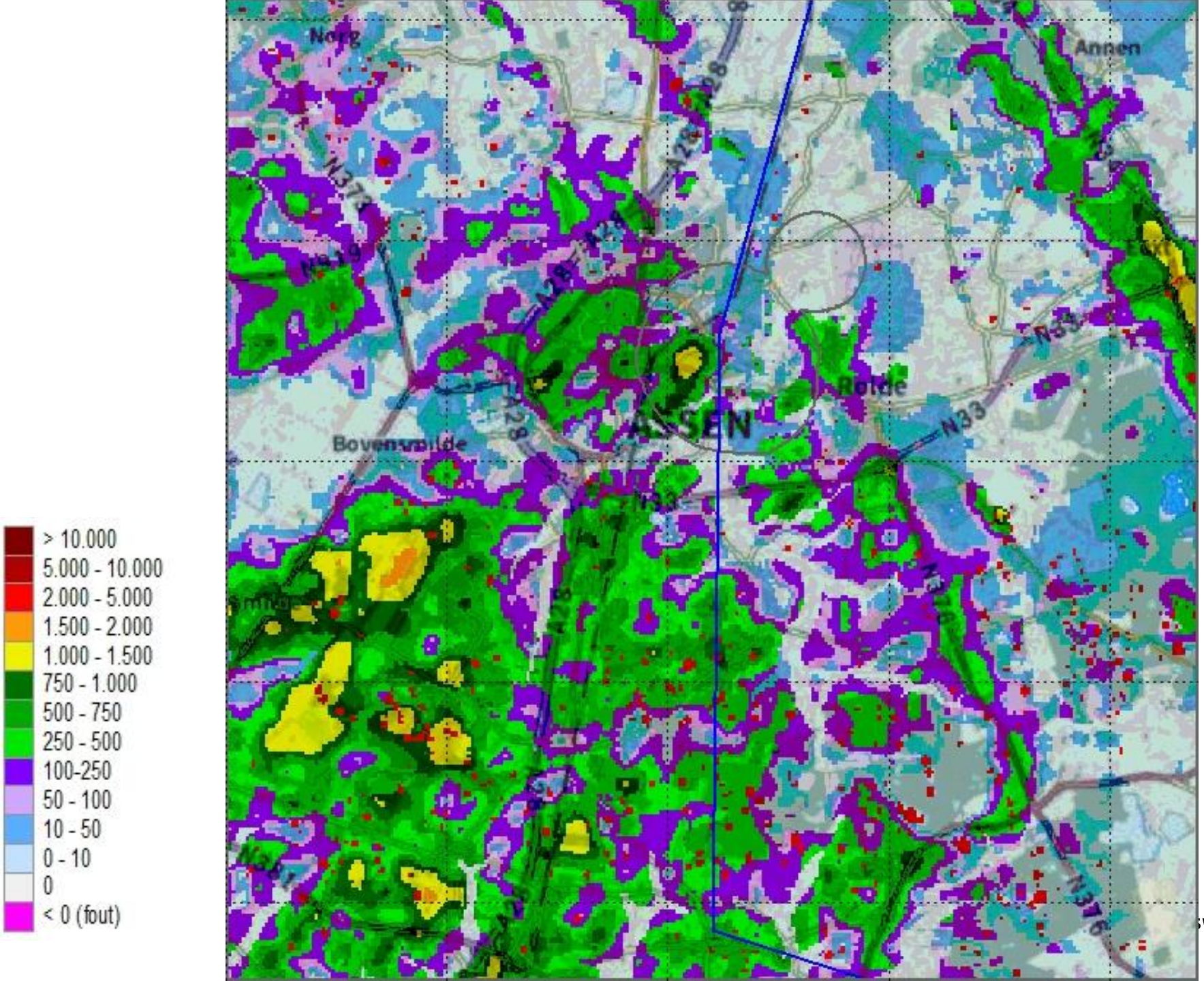

> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
Norg
Annen
N373
N919
A28
N34
Eext
N33
Rolde
ASSEN
Bovensmilde
Smilde
N376
N381

KD laag 3

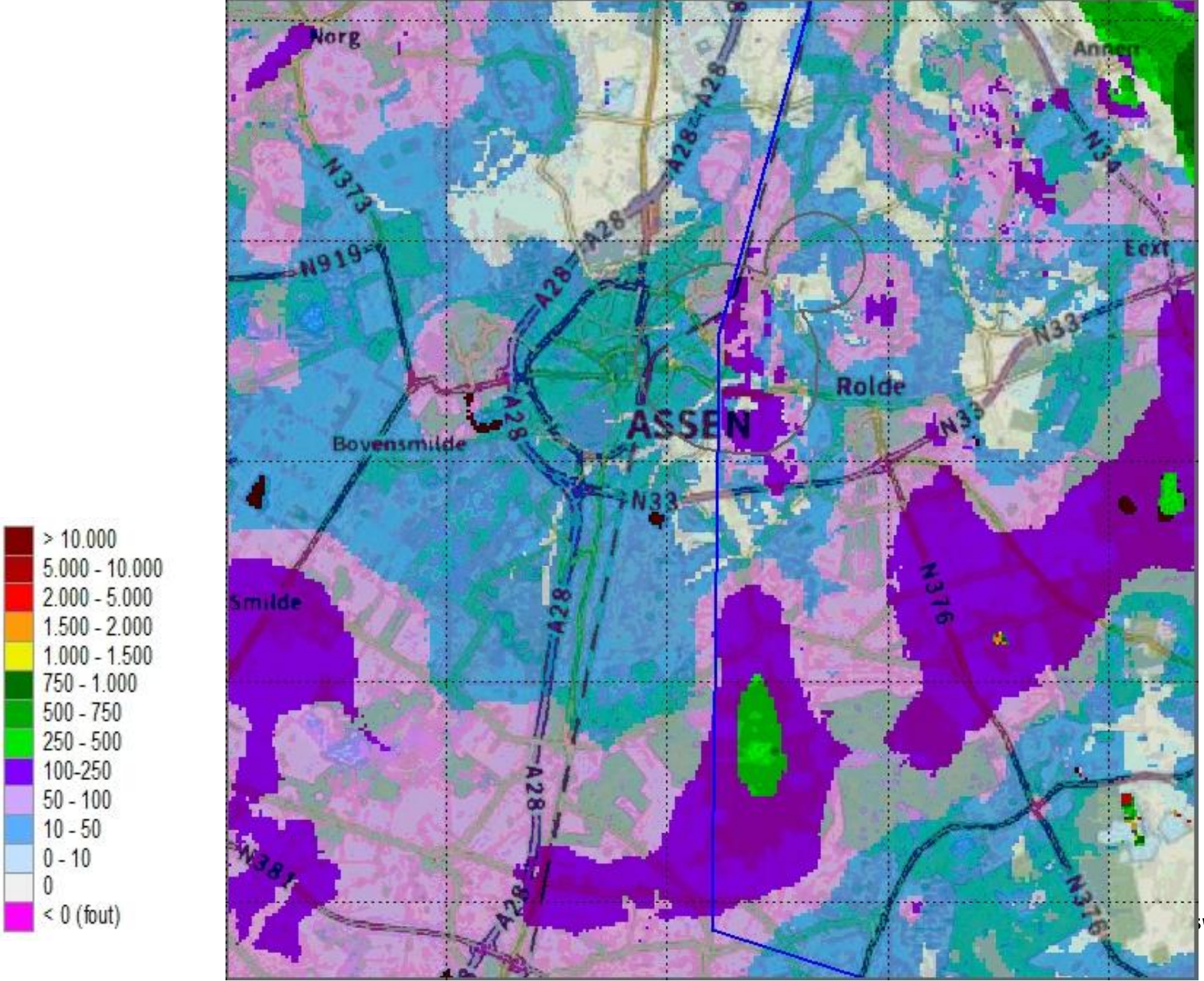


SWECO

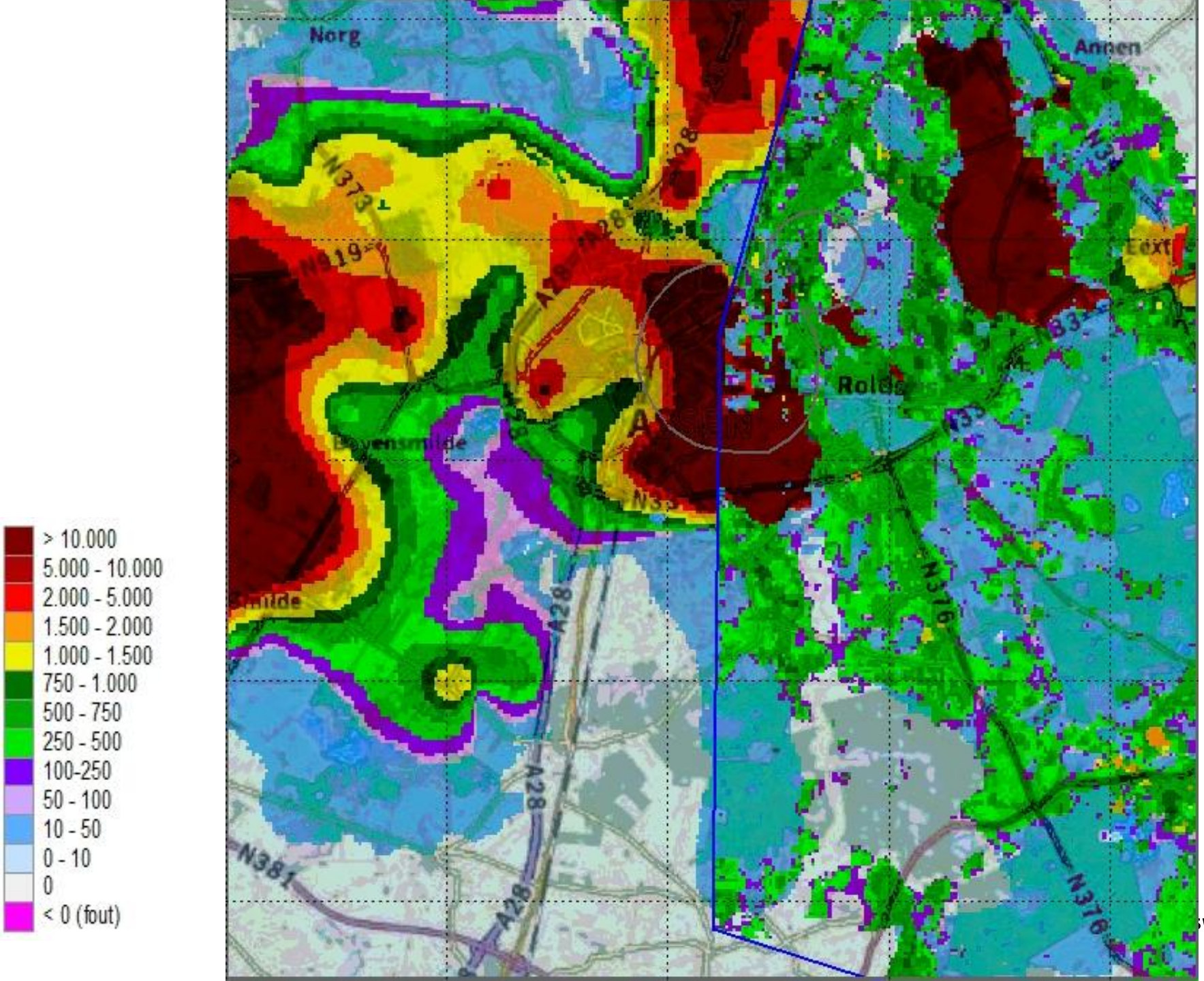
C laag 3
DrGik1



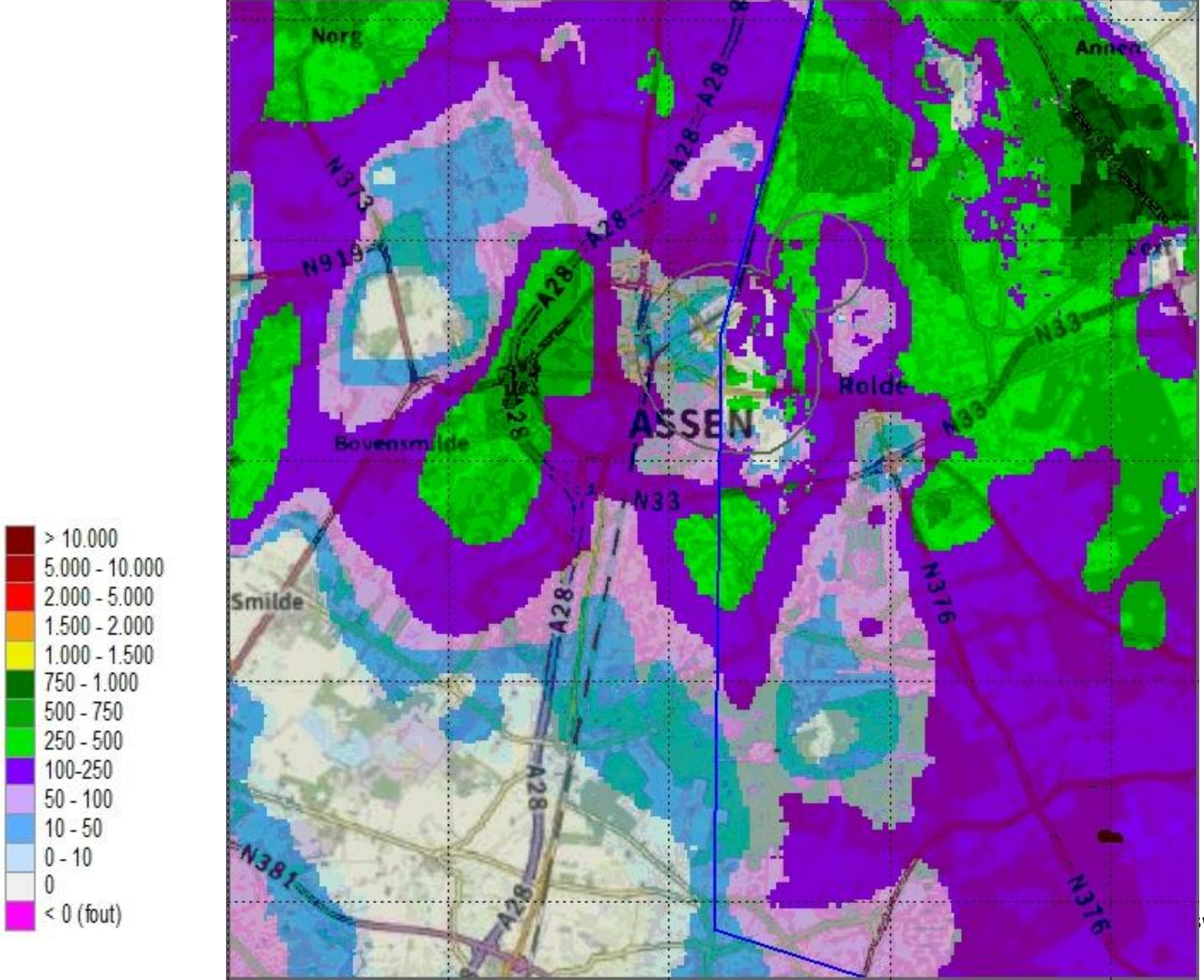
KD laag 4


> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
Norg
Annen
Eext
Rolde
ASSEN
Bovensmilde
Smilde
N373
N919
A28
N33
N376
N381

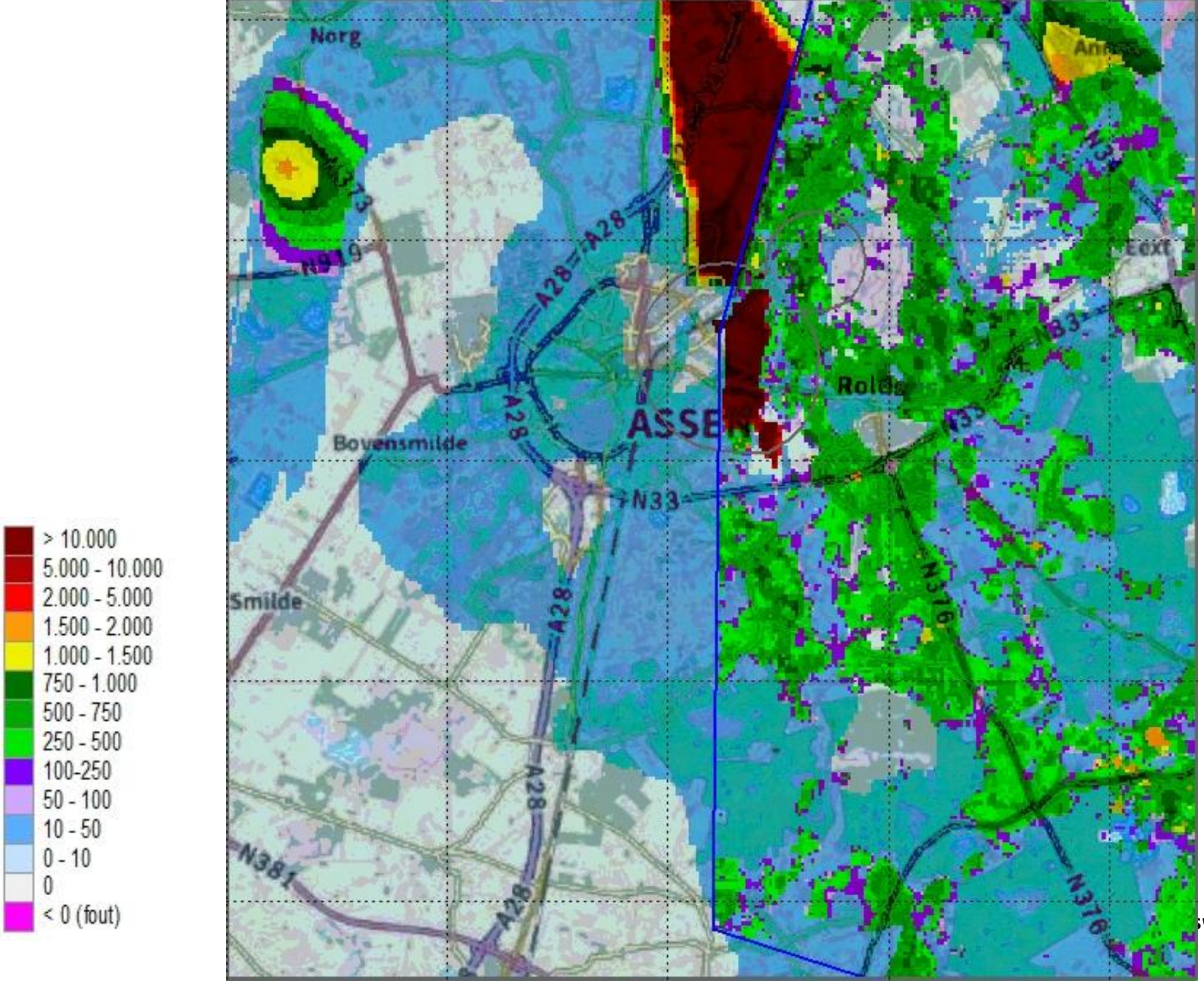
C laag 4
Pek1


> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
Norg
Annen
Roden
N373
N319
A28
N381
N376

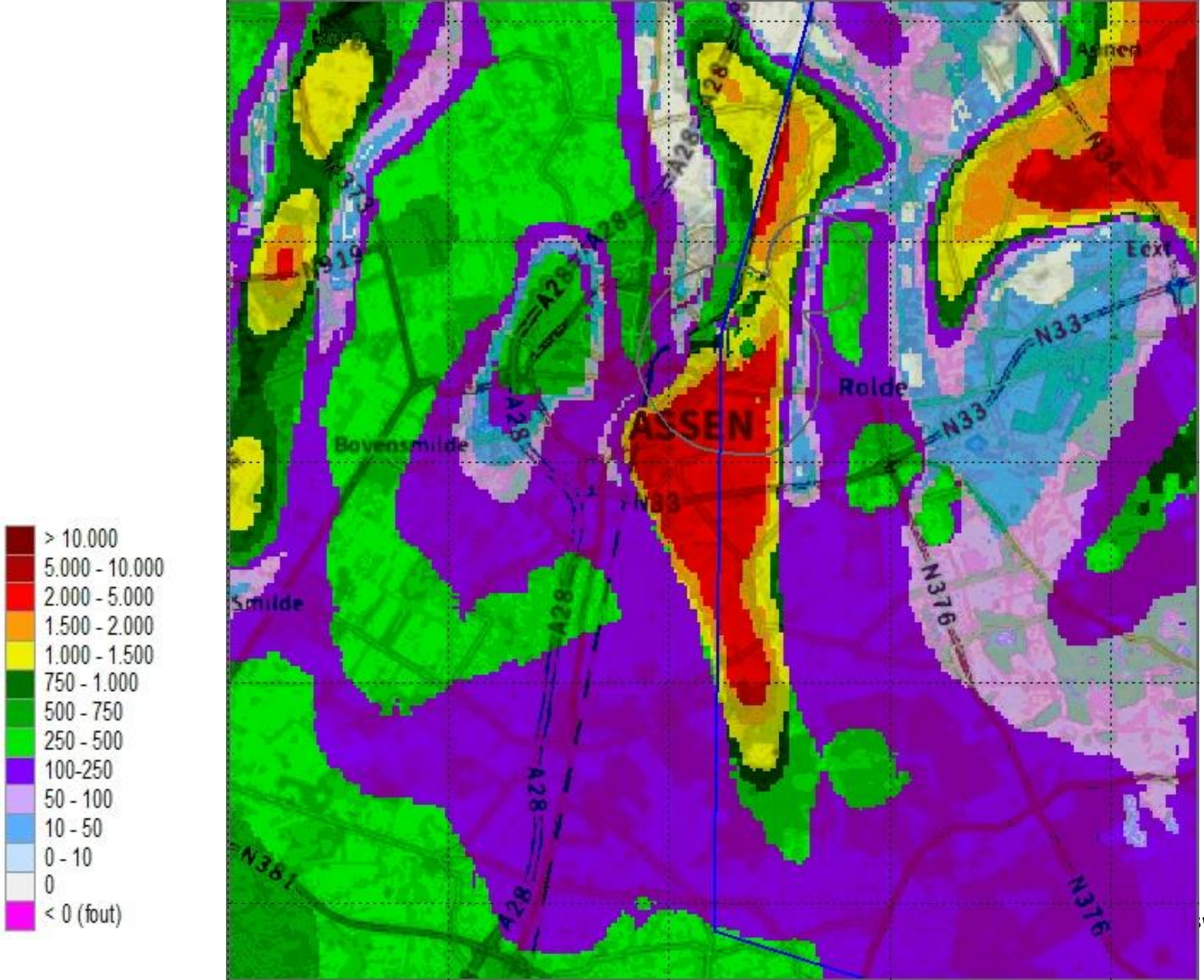
KD laag 5


> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
Norg
Annen
N373
N919
A28
ASSEN
Bovensmilde
Rolde
N33
Smilde
N376
N381

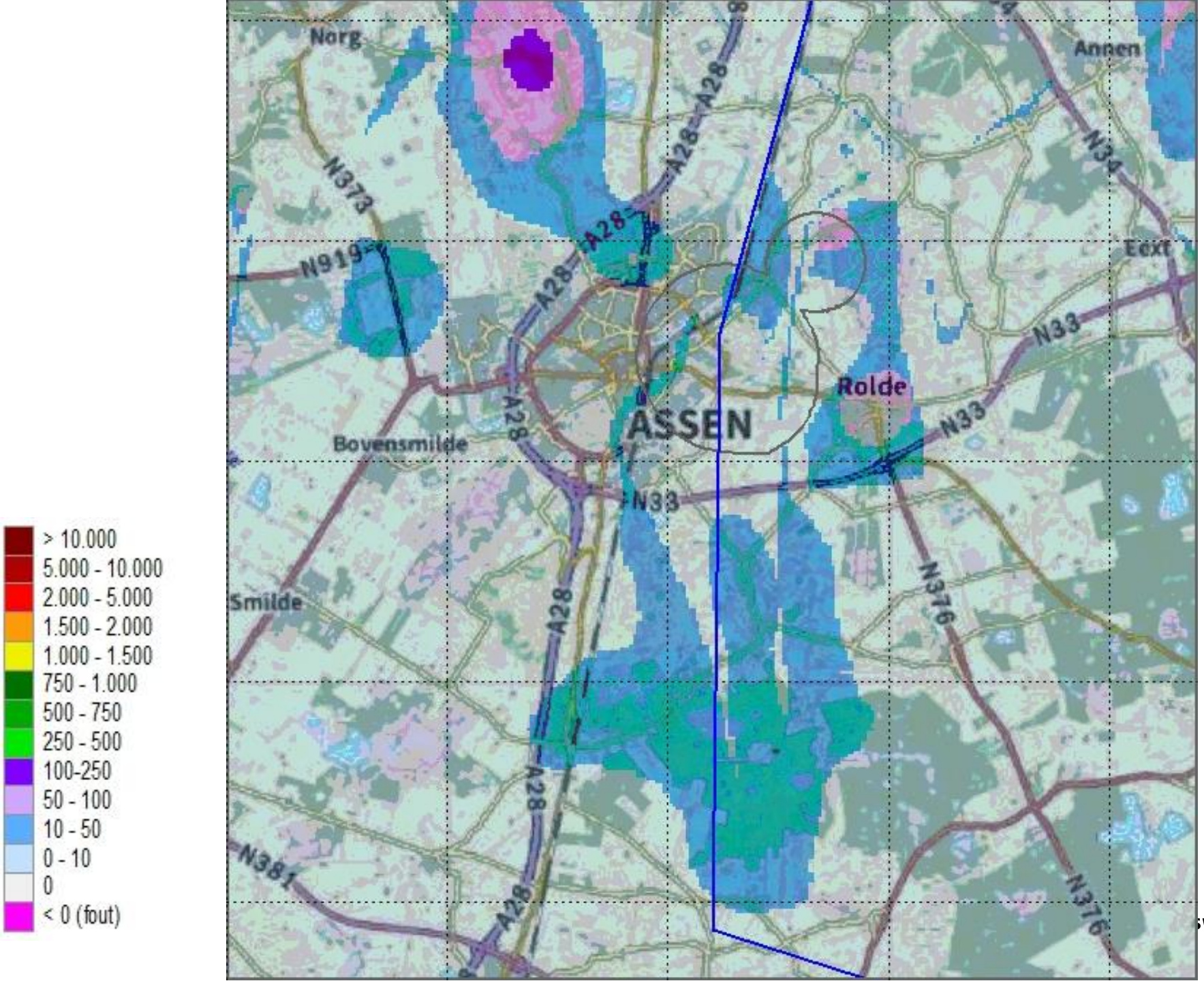
C laag 5
Pek2


> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
Norg
Bovensmilde
Smilde
ASSEN
Rolde
A28
N33
N376
N381
N919

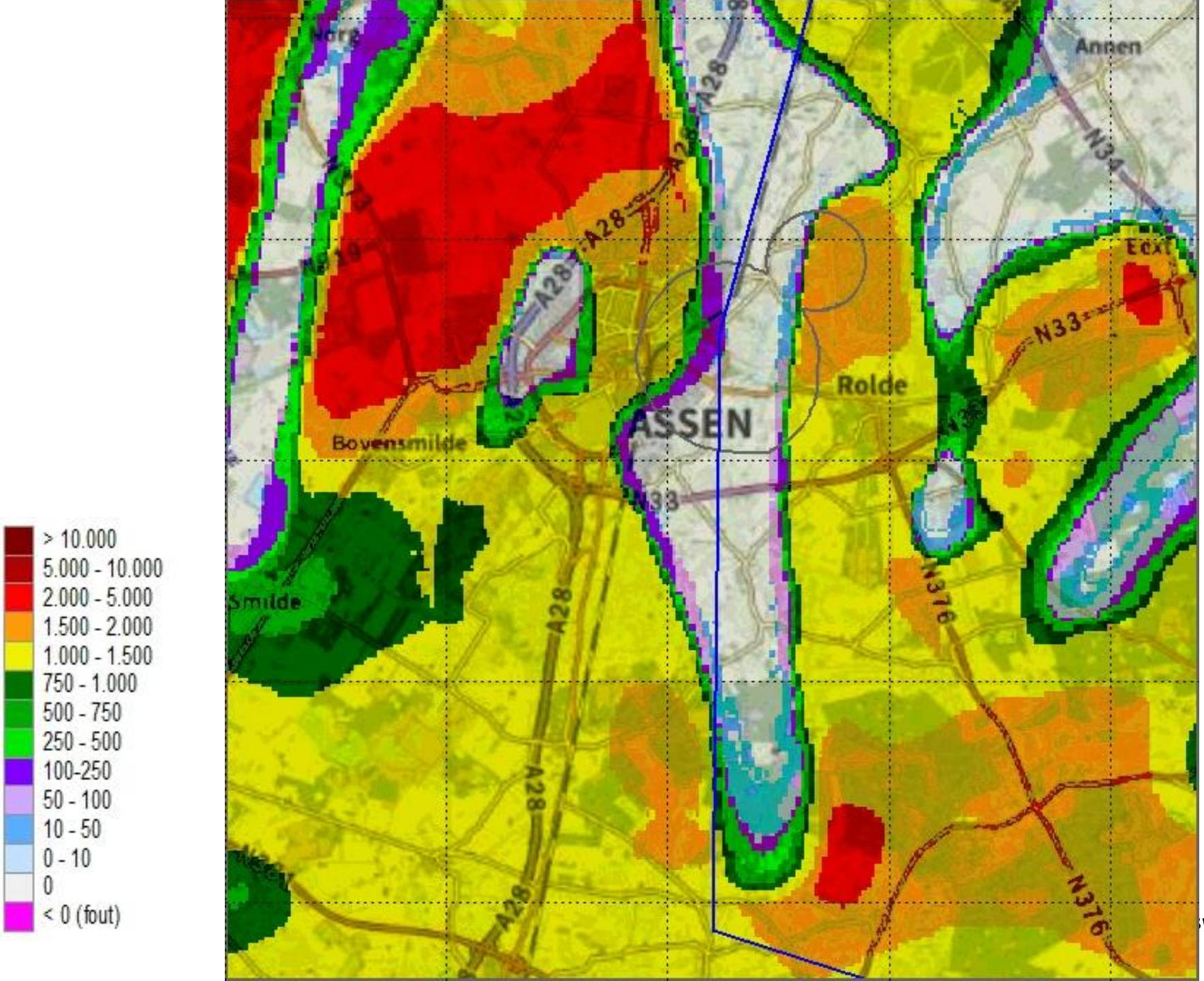
KD laag 6


> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
ASSEN
Rolde
Bovensmilde
Smilde
Eext
A28
N33
N376
N361
N919

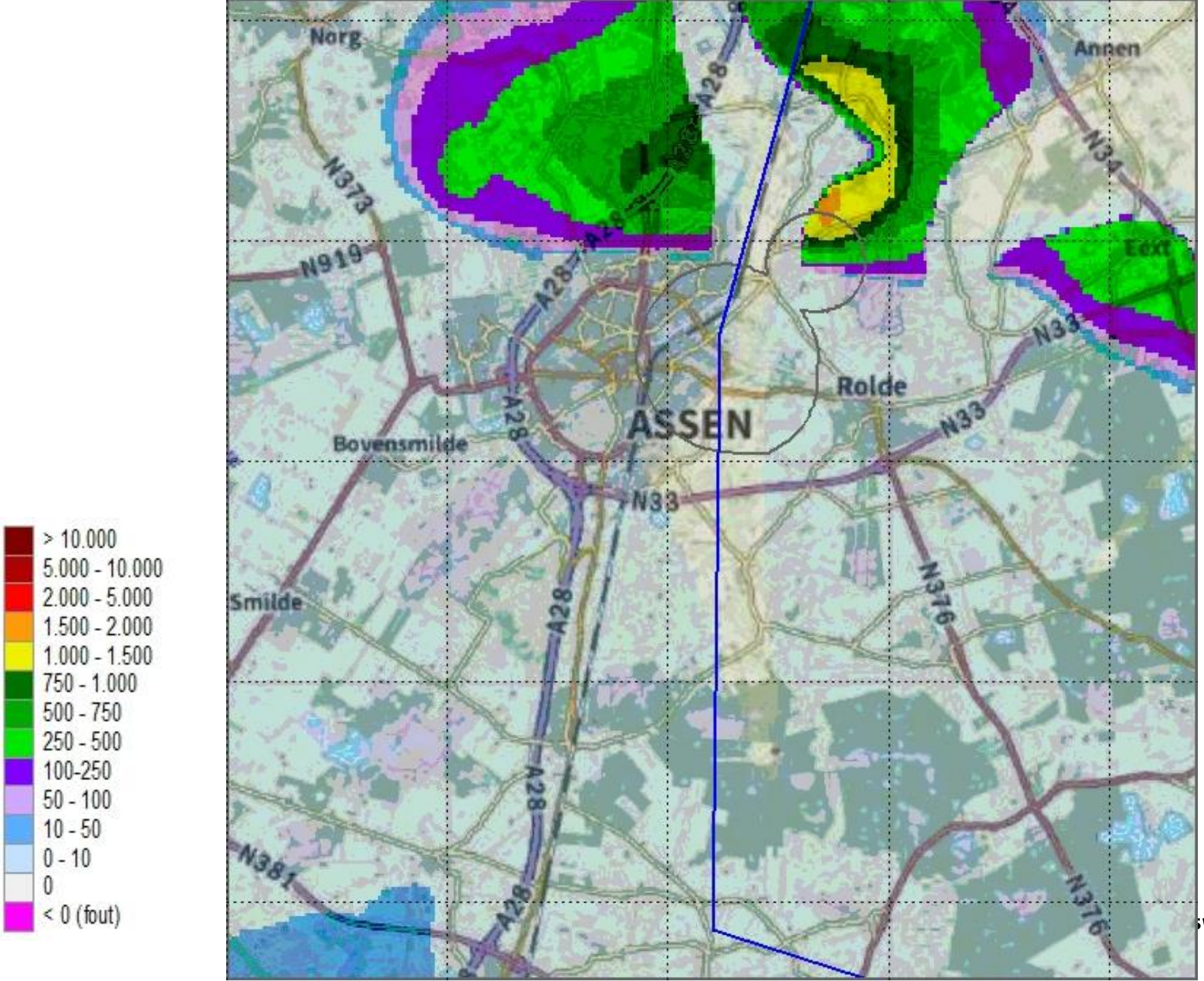
C laag 6
Urk3


> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
Norg
Annen
Eext
Rolde
ASSEN
Bovensmilde
Smilde
N373
N919
A28
N33
N34
N376
N381

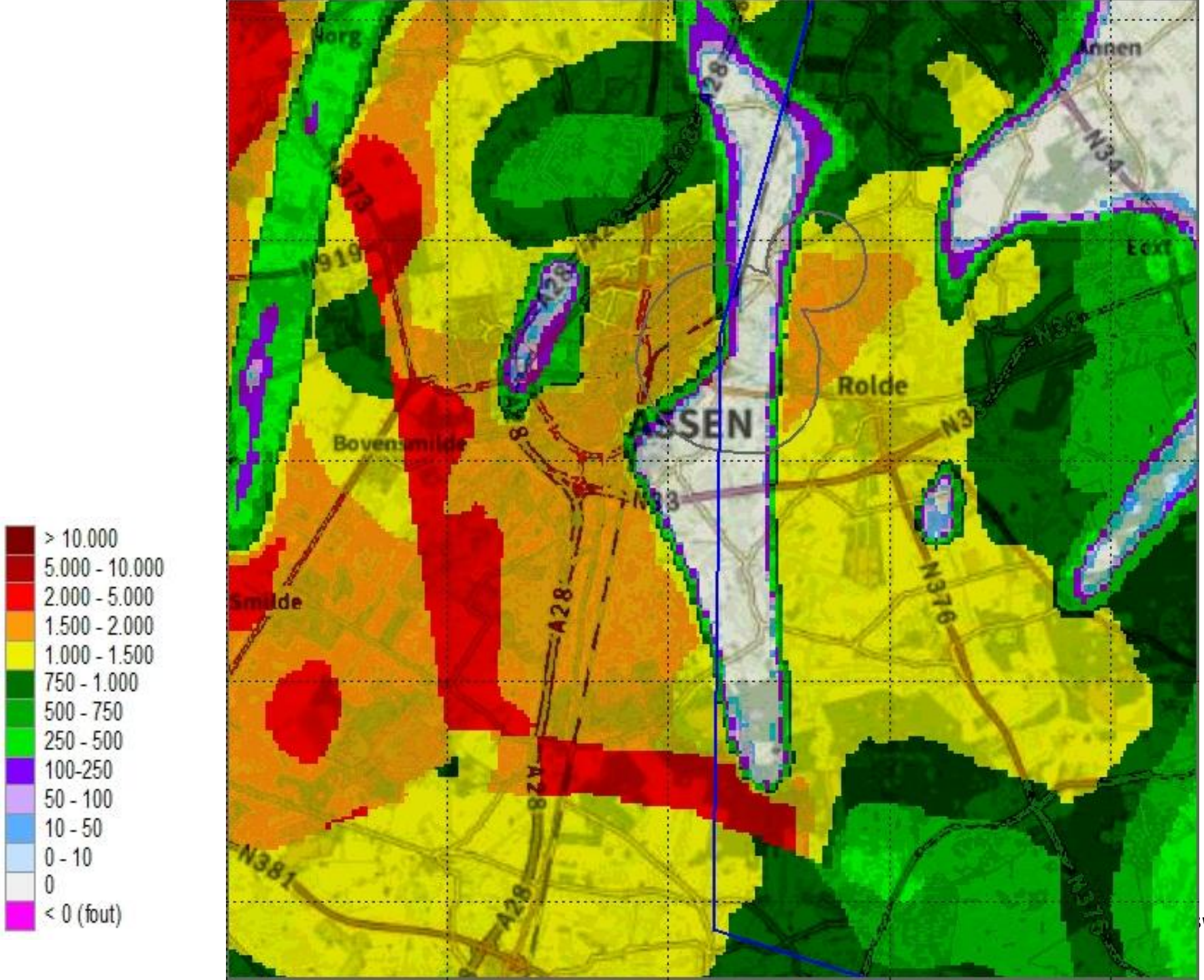
KD laag 7


> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
Annen
N34
A28
N33
Rolde
ASSEN
Bovensmilde
Smilde
N376

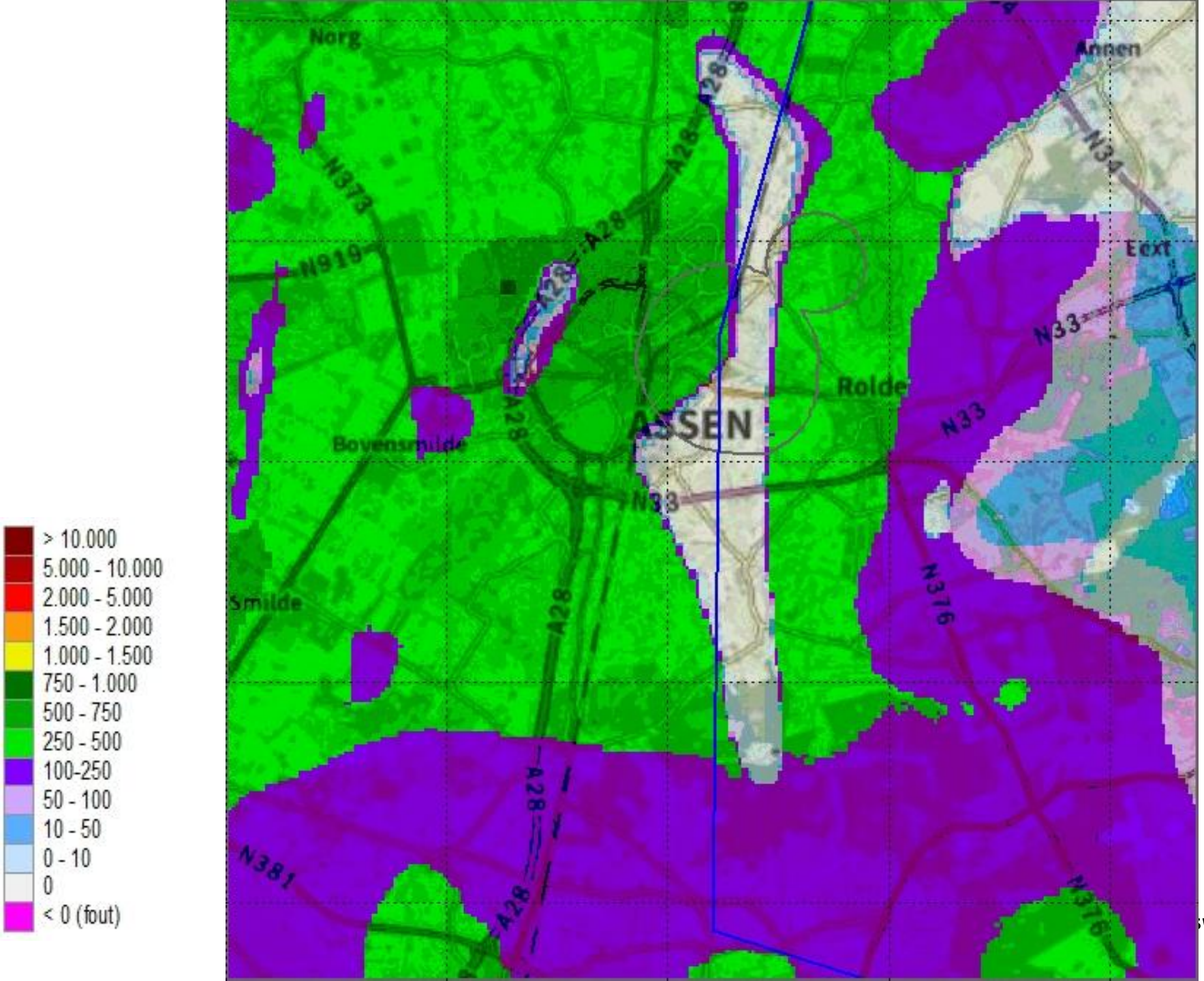
C laag 7
Pzk1


> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
Norg
Annen
Eext
Rolde
ASSEN
Bovensmilde
Smilde
N373
N919
N34
N33
N376
N381
A28

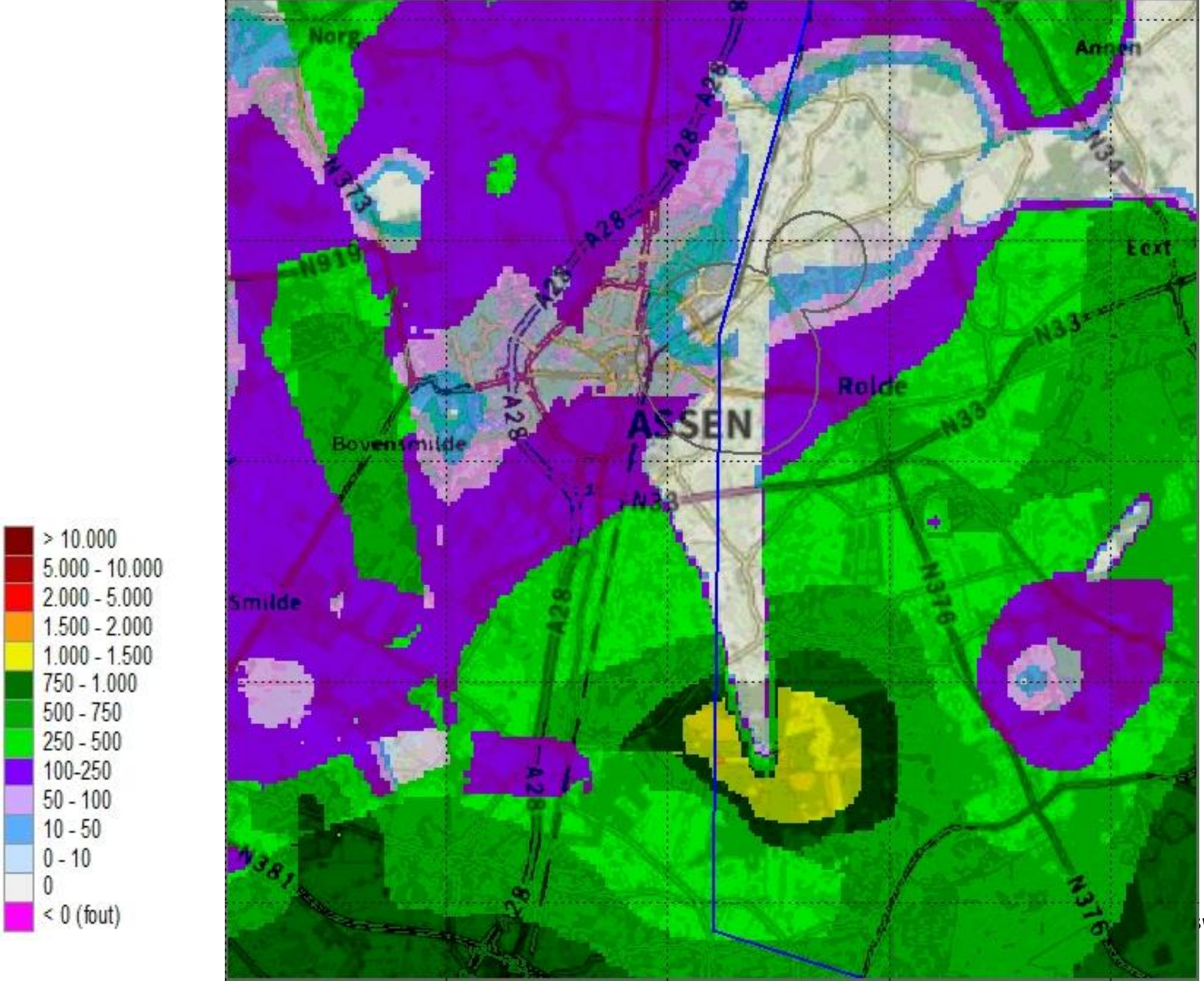
KD laag 8


> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
Rolde
Bovensmilde
Smilde
A28
N381
N34
N376

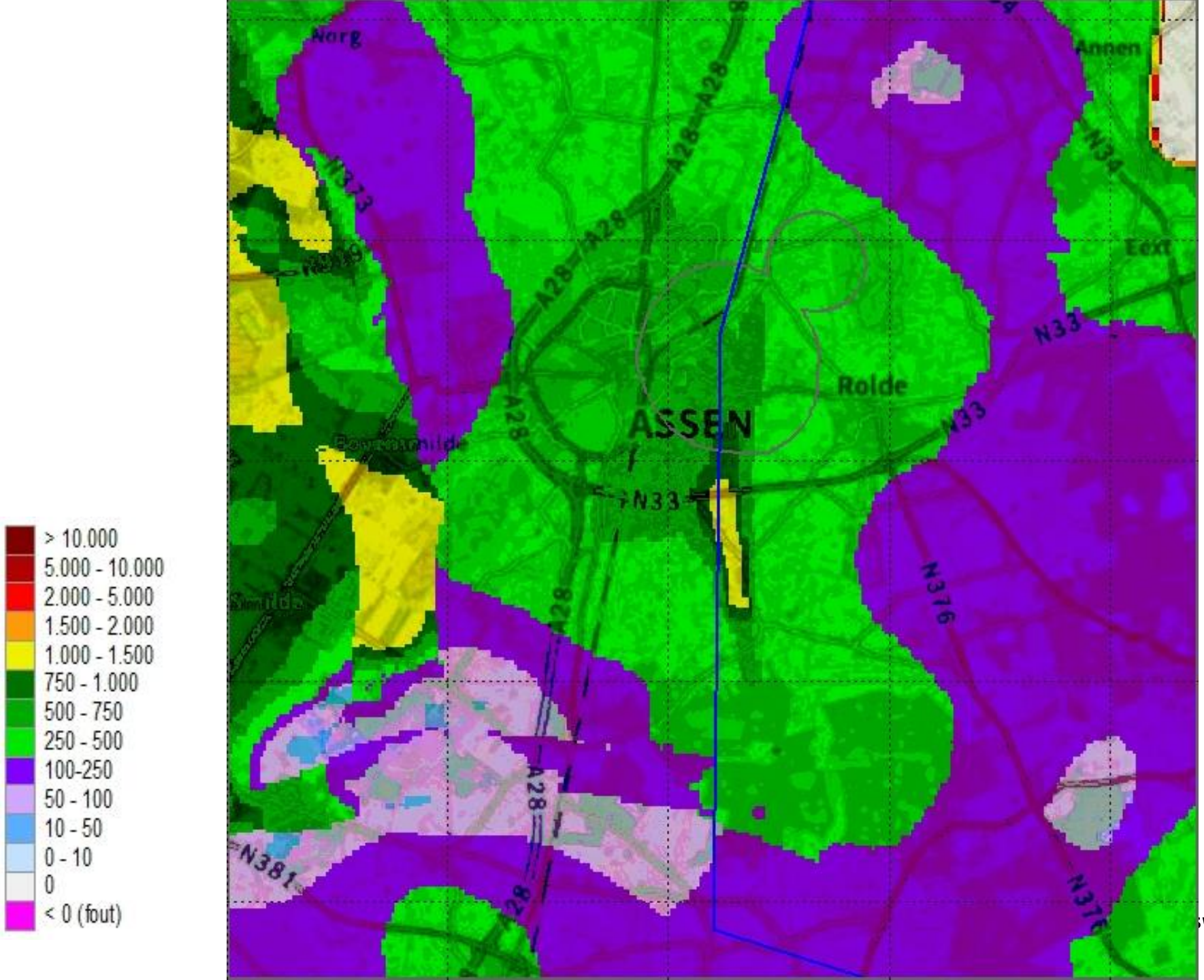
C laag 8
Pzc_klei



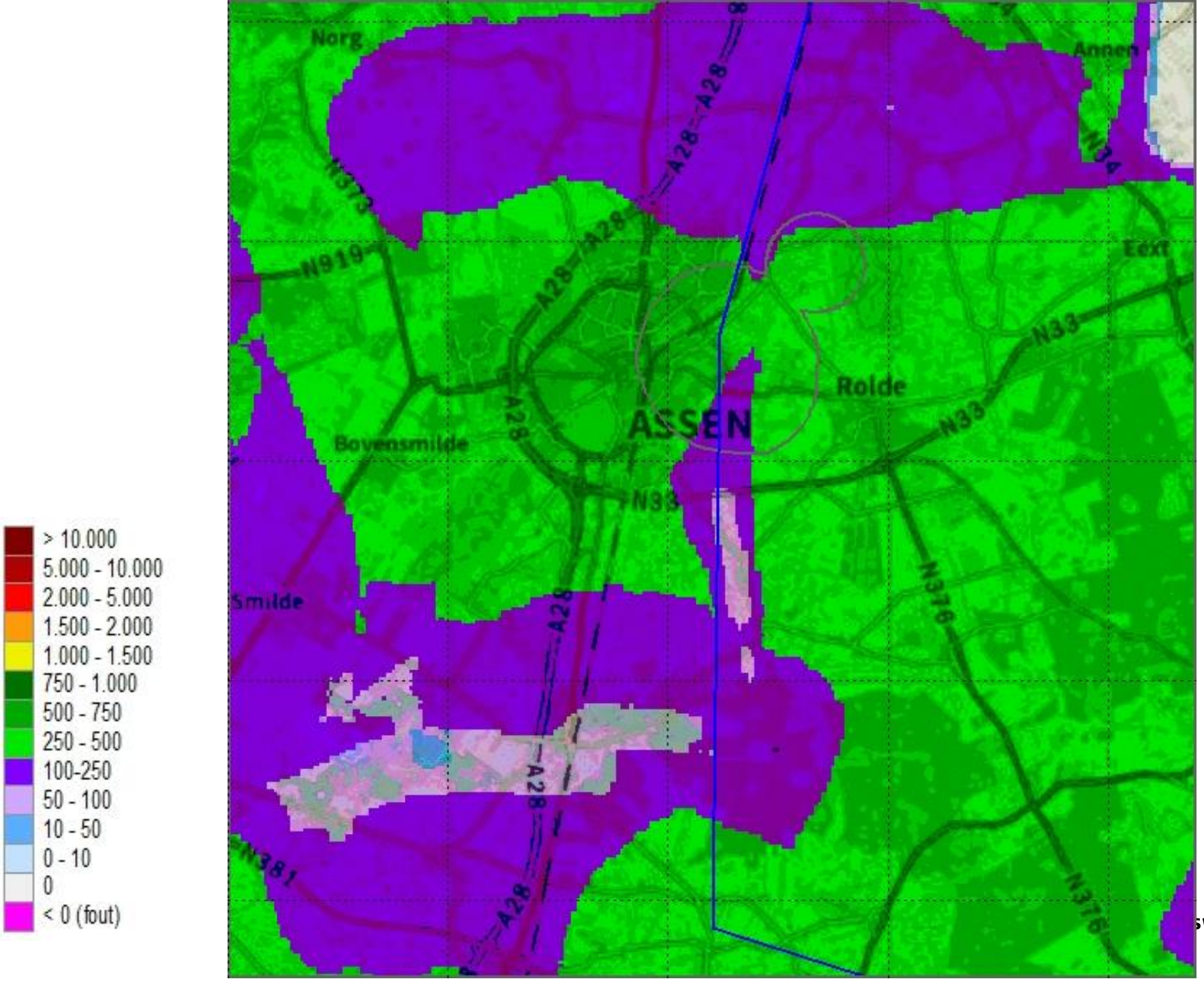
KD laag 9


> 10.000
5.000 - 10.000
2.000 - 5.000
1.500 - 2.000
1.000 - 1.500
750 - 1.000
500 - 750
250 - 500
100-250
50 - 100
10 - 50
0 - 10
0
< 0 (fout)
Norg
Annen
Eext
Rolde
ASSEN
Bovensmilde
Smilde
A28
N33
N34
N376
N381
N919

C laag 9
msc_s2

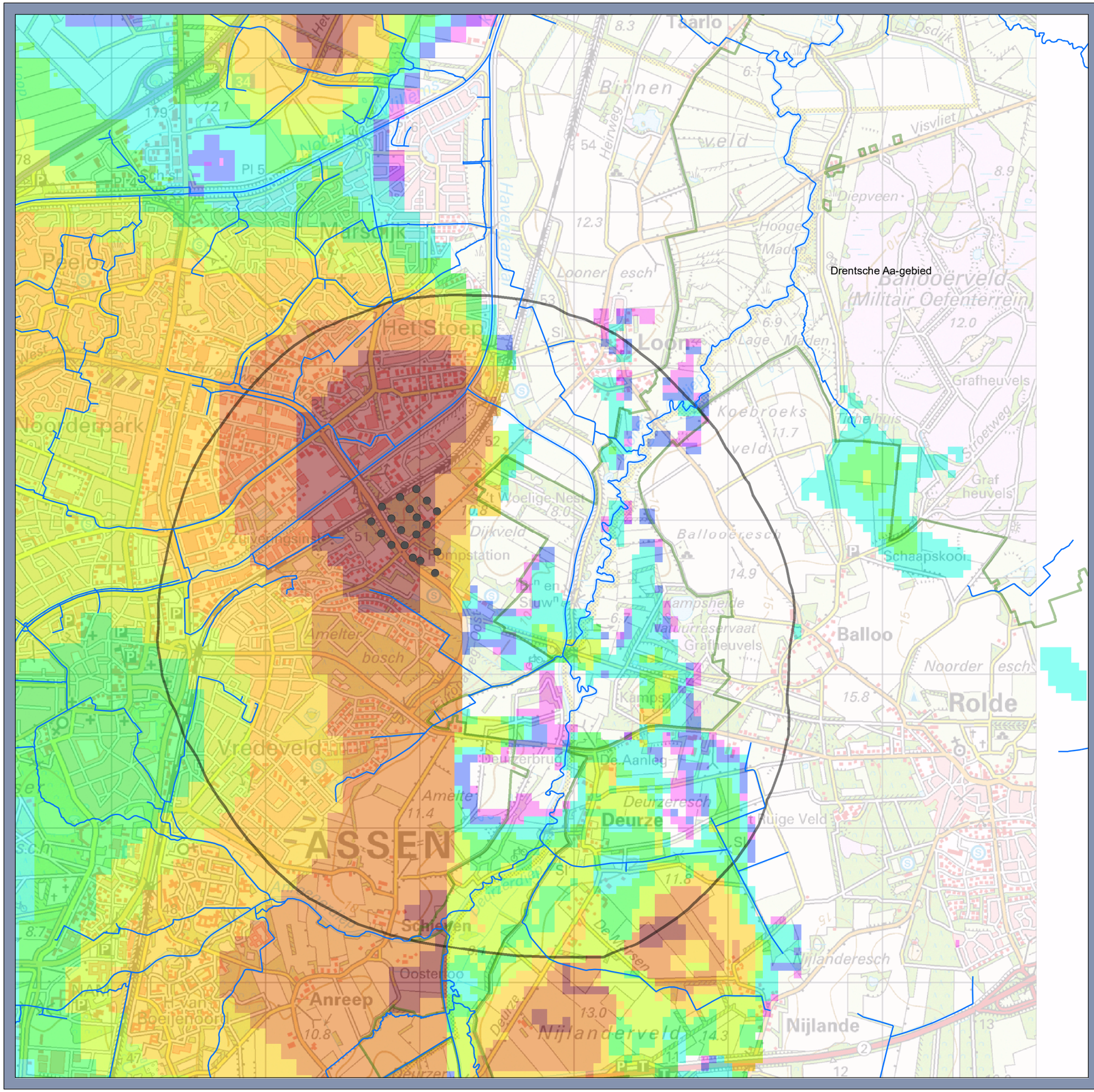


KD laag 10



SWECO

Bijlage 4 Dikte Peeloklei na actualisaties



Legenda

- Onttrekkingsputten Assen Oost (WMD)
- Hoofdwatergangen
- 25-jaarszone (gebiedsdossier)
- Natura-2000 begrenzing

DIKTE Peeloklei 1 (model BASIS5)

dikte in meters

- 0 - 1
- 1,1 - 2
- 2,1 - 3
- 3,1 - 5
- 5,1 - 10
- 10,1 - 15
- 15,1 - 20
- 20,1 - 30
- 30,1 - 40
- 40,1 - 104

MIPWA v4.1.2 Assen Oost

Dikte Peeloklei 1 (model BASIS5)

Opdrachtgever: WMD
Projectnummer: 51011264_Assen Oost
Status: Definitief
Datum: 15-8-2023
Schaal: 1:25.000
Formaat: A3

Getekend: EK - Gecontroleerd: SS

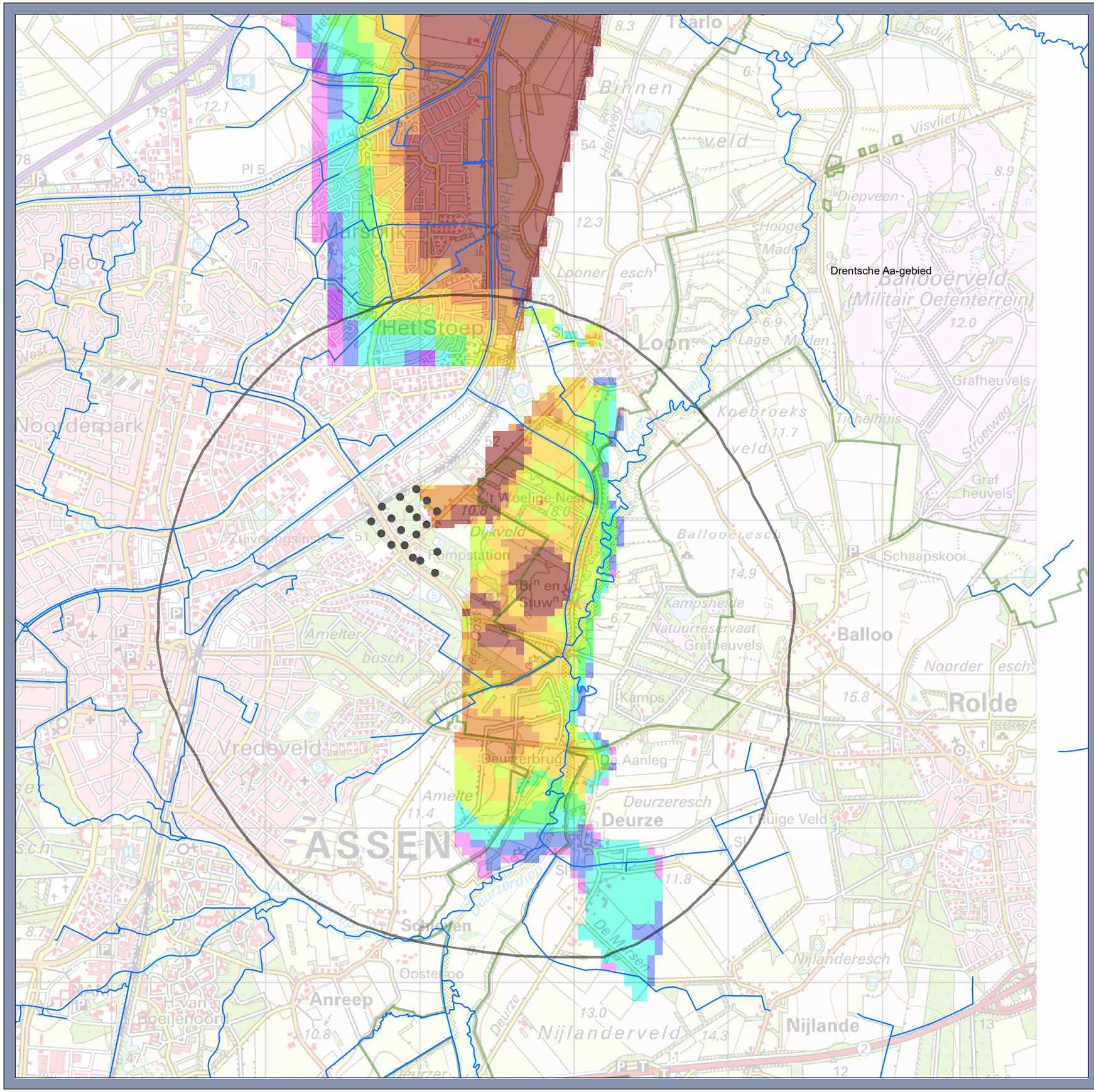
SWECO

0 250 500 750 1.000 1.250 1.500 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

E:\51011264_MIPWA_AssenOost\GIS\MXD\AssenOost_kaarten_DEF_san.mxd 15-8-2023 11:58:12



Legenda

- Onttrekkingsputten Assen Oost (WMD)
- Hoofdwatergangen
- 25-jaarszone (gebiedsdossier)
- Natura-2000 begrenzing

DIKTE_Peeloklei 2 (model BASIS5)

dikte in meters

- 0 - 1
- 1,1 - 2
- 2,1 - 3
- 3,1 - 5
- 5,1 - 10
- 10,1 - 15
- 15,1 - 20
- 20,1 - 30
- 30,1 - 40
- 40,1 - 104

MIPWA v4.1.2 Assen Oost

Dikte Peeloklei 2 (model BASIS5)

Opdrachtgever: WMD
Projectnummer: 51011264_Assen Oost
Status: Definitief
Datum: 15-8-2023
Schaal: 1:25.000
Formaat: A3

Getekend: EK - Gecontroleerd: SS

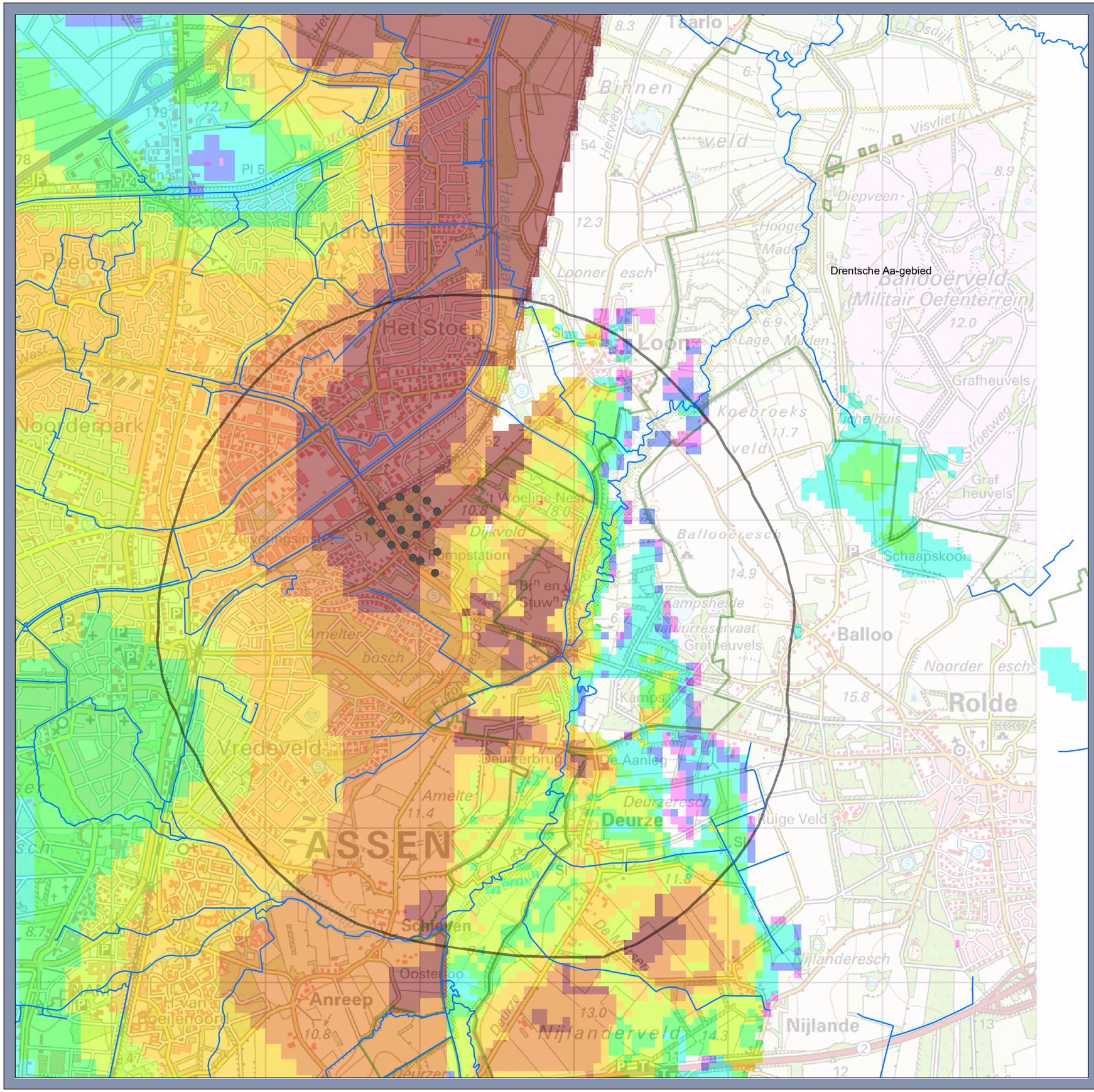
SWECO

0 250 500 750 1.000 1.250 1.500 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

E:\51011264_MIPWA_AssenOost\GIS\MXD\AssenOost_kaarten_DEF_san.mxd 15-8-2023 11:58:12



Legenda

- Onttrekkingsputten Assen Oost (WMD)
- Hoofdwatergangen
- 25-jaarszone (gebiedsdossier)
- Natura-2000 begrenzing

Totale dikte Peeloklei (model BASIS5)

dikte in meters

- 0 - 1
- 1,1 - 2
- 2,1 - 3
- 3,1 - 5
- 5,1 - 10
- 10,1 - 15
- 15,1 - 20
- 20,1 - 30
- 30,1 - 40
- 40,1 - 104

MIPWA v4.1.2 Assen Oost

Totale dikte Peeloklei (model BASIS5)

Opdrachtgever: WMD
Projectnummer: 51011264_Assen Oost
Status: Definitief
Datum: 15-8-2023
Schaal: 1:25.000
Formaat: A3

Getekend: EK - Gecontroleerd: SS

SWECO

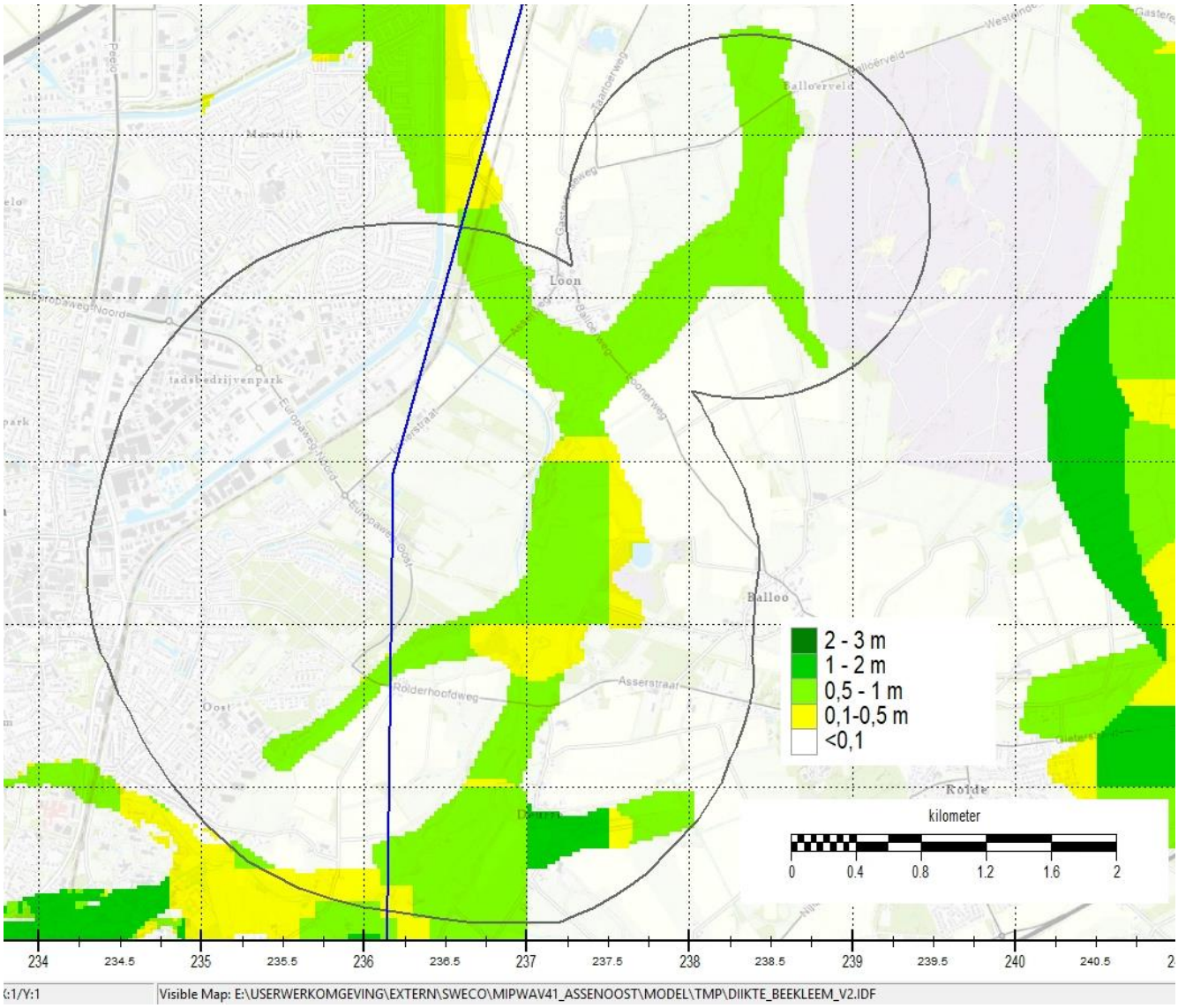
0 250 500 750 1.000 1.250 1.500 meter

N

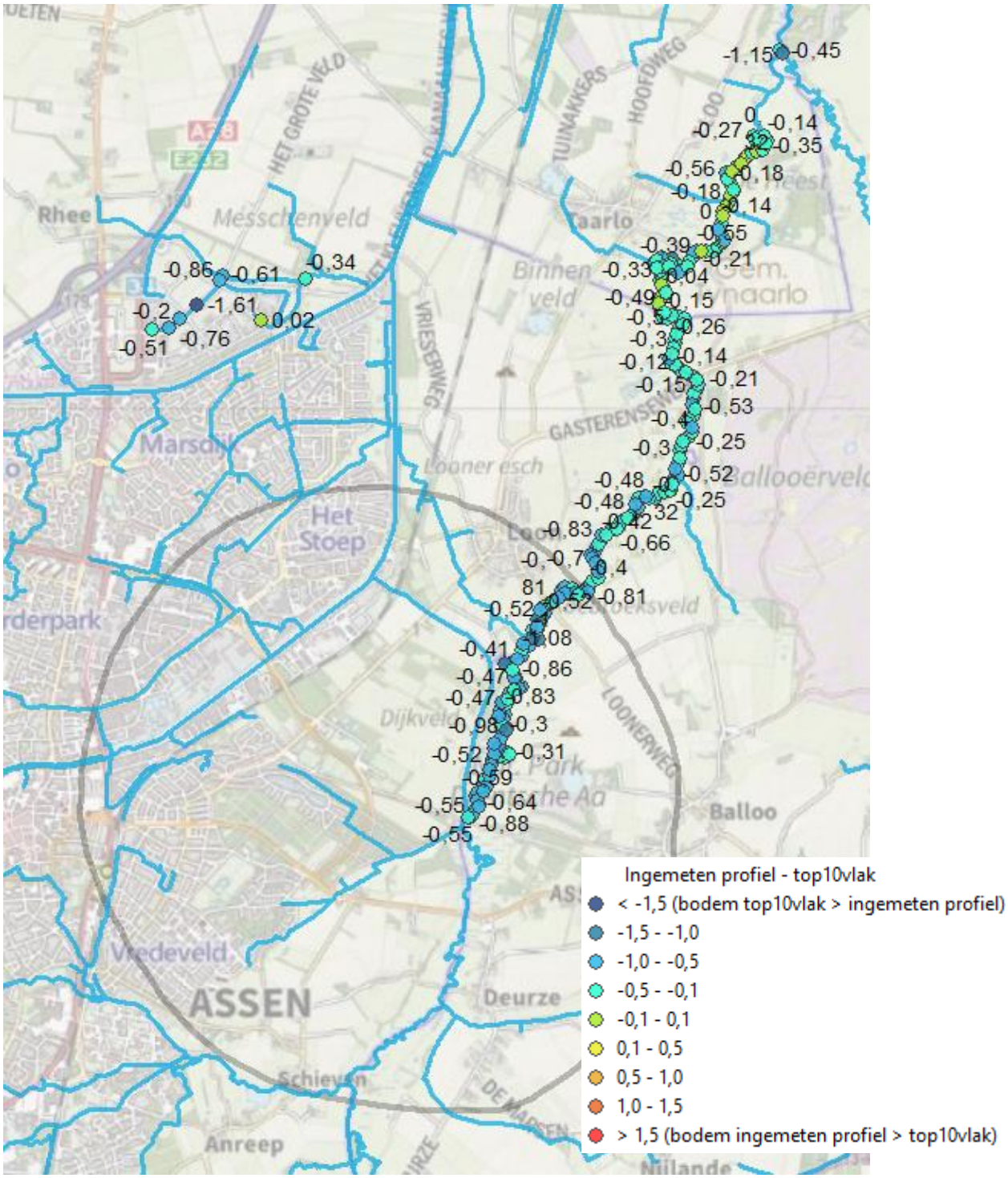
© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

E:\51011264_MIPWA_AssenOost\GIS\MXD\AssenOost_kaarten_DEF_san.mxd 15-8-2023 12:00:31

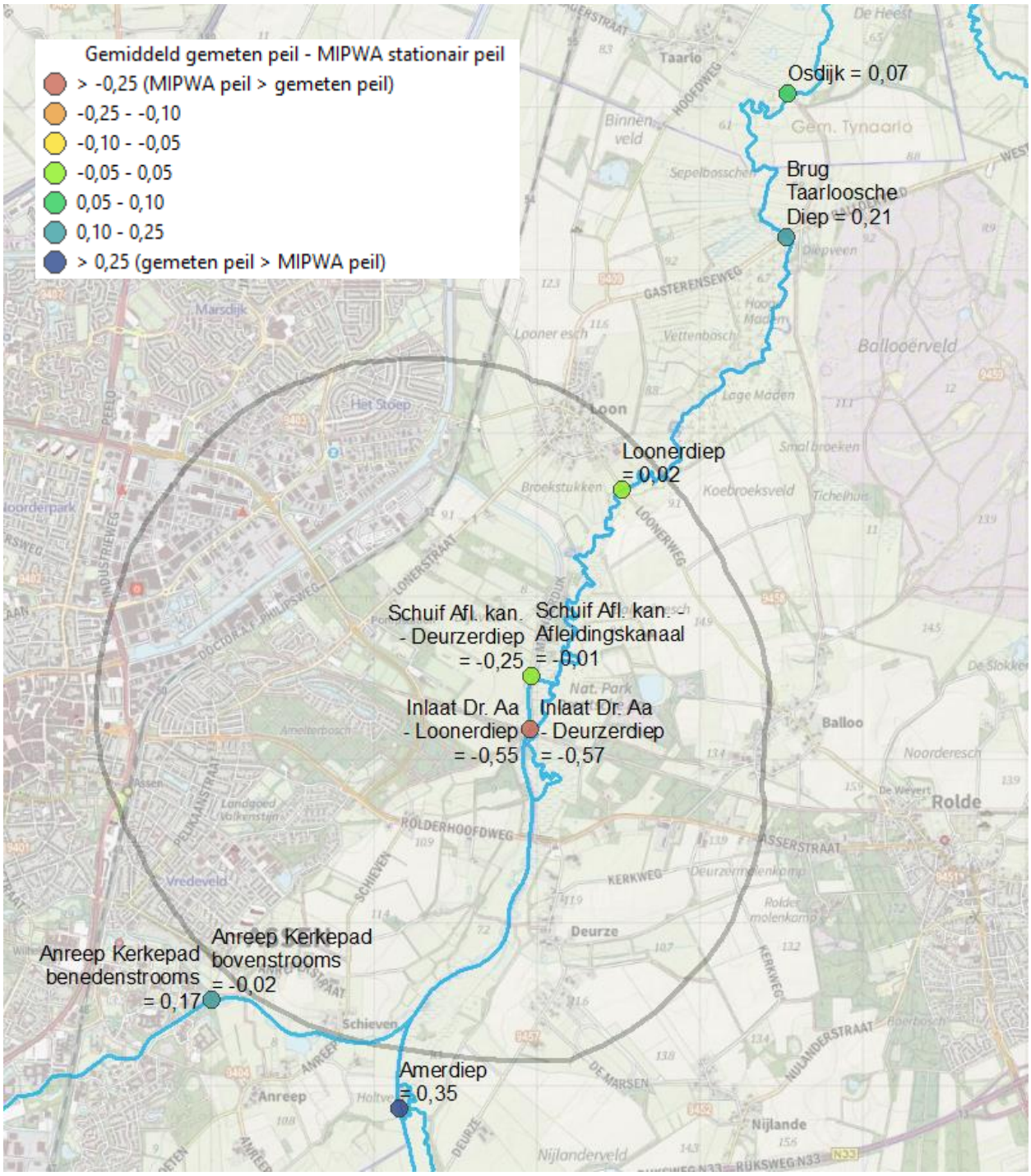
Bijlage 5 Dikte beekleem na actualisaties



Bijlage 6 Verschil bodemhoogte metingen versus MIPWA v4.2.1



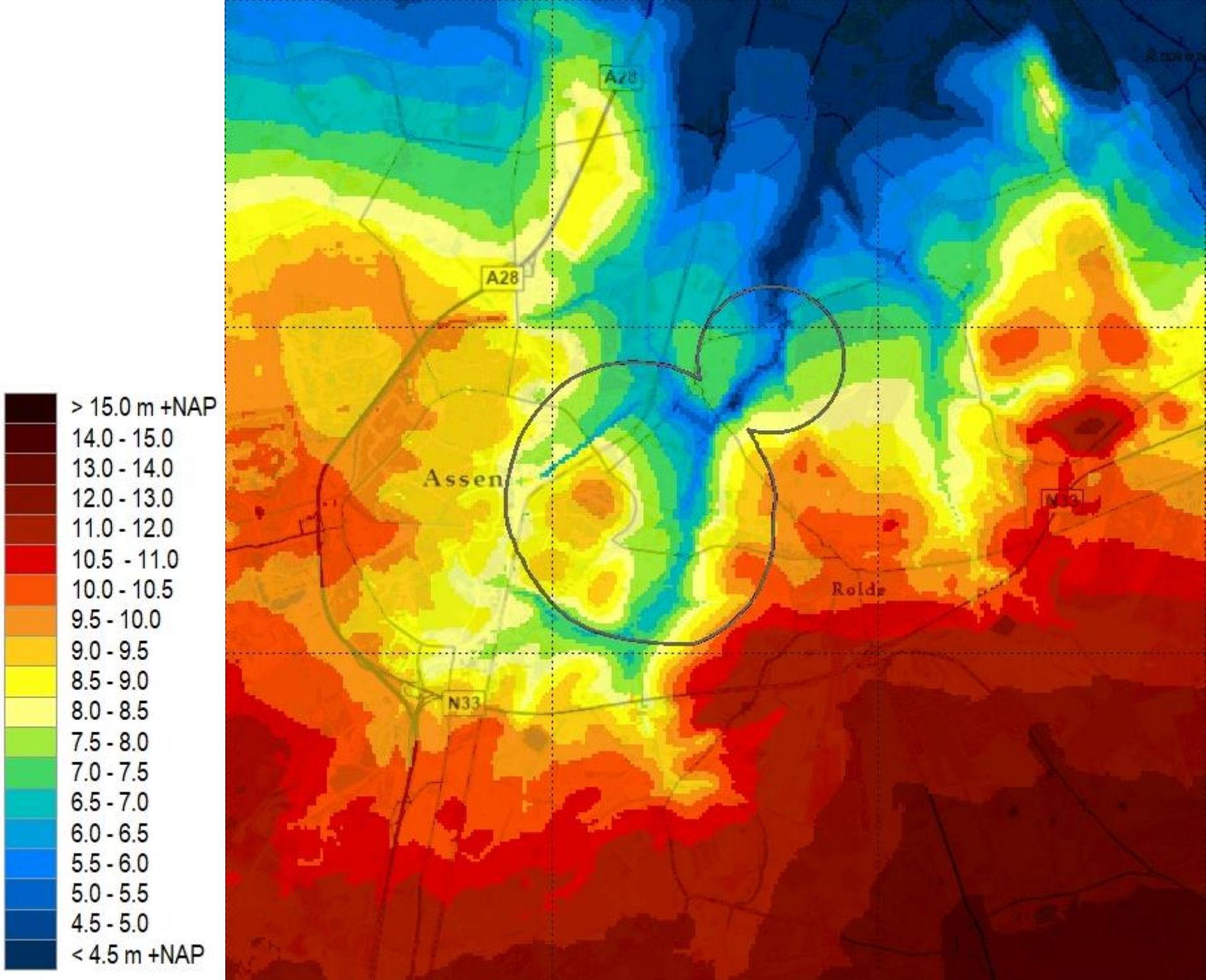
Bijlage 7 Verschil oppervlaktewaterstanden metingen versus MIPWA v4.2.1



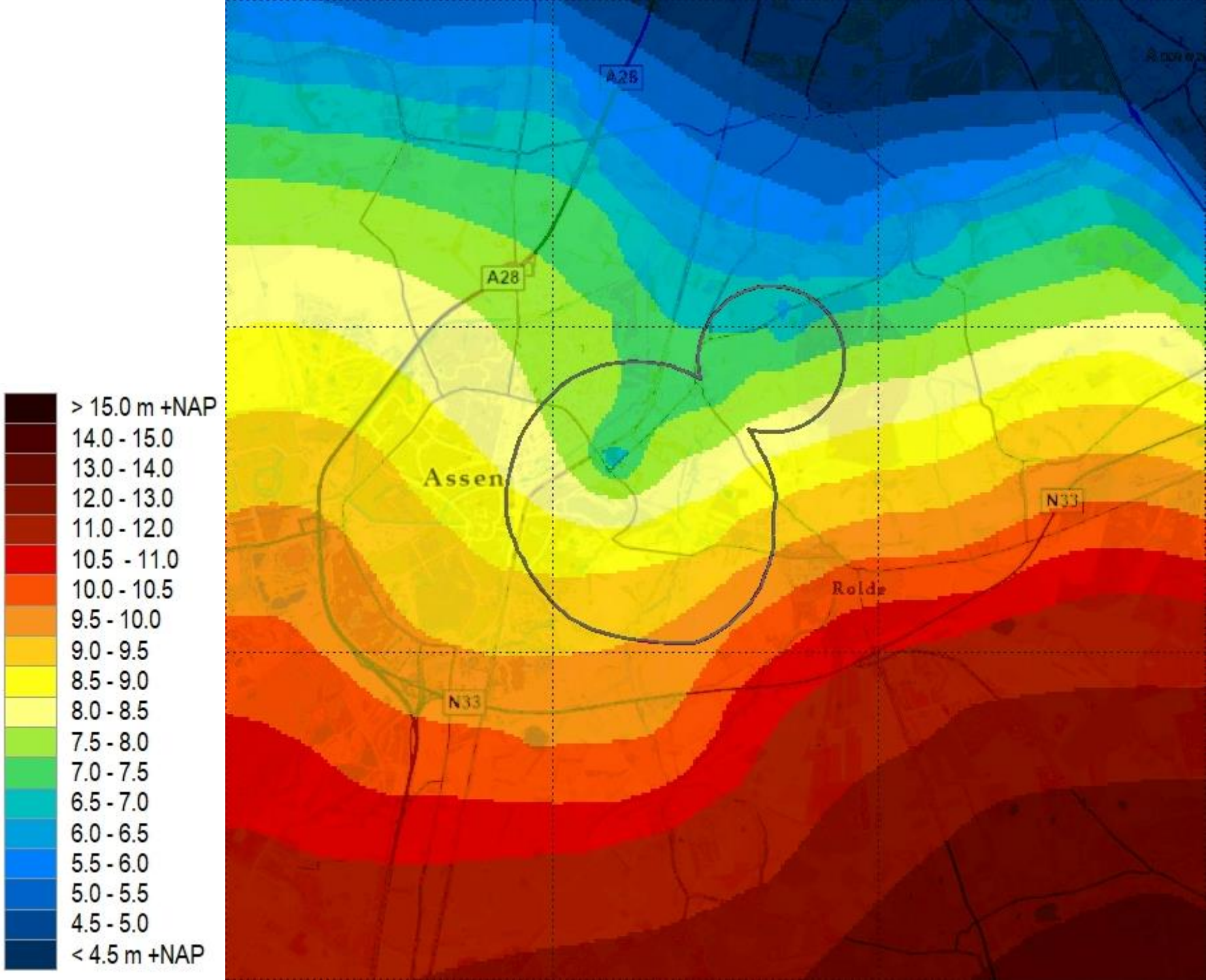
Bijlage 8 Berekende stijghoogtes t.o.v. NAP

GLG per modellaag

GLG laag 1

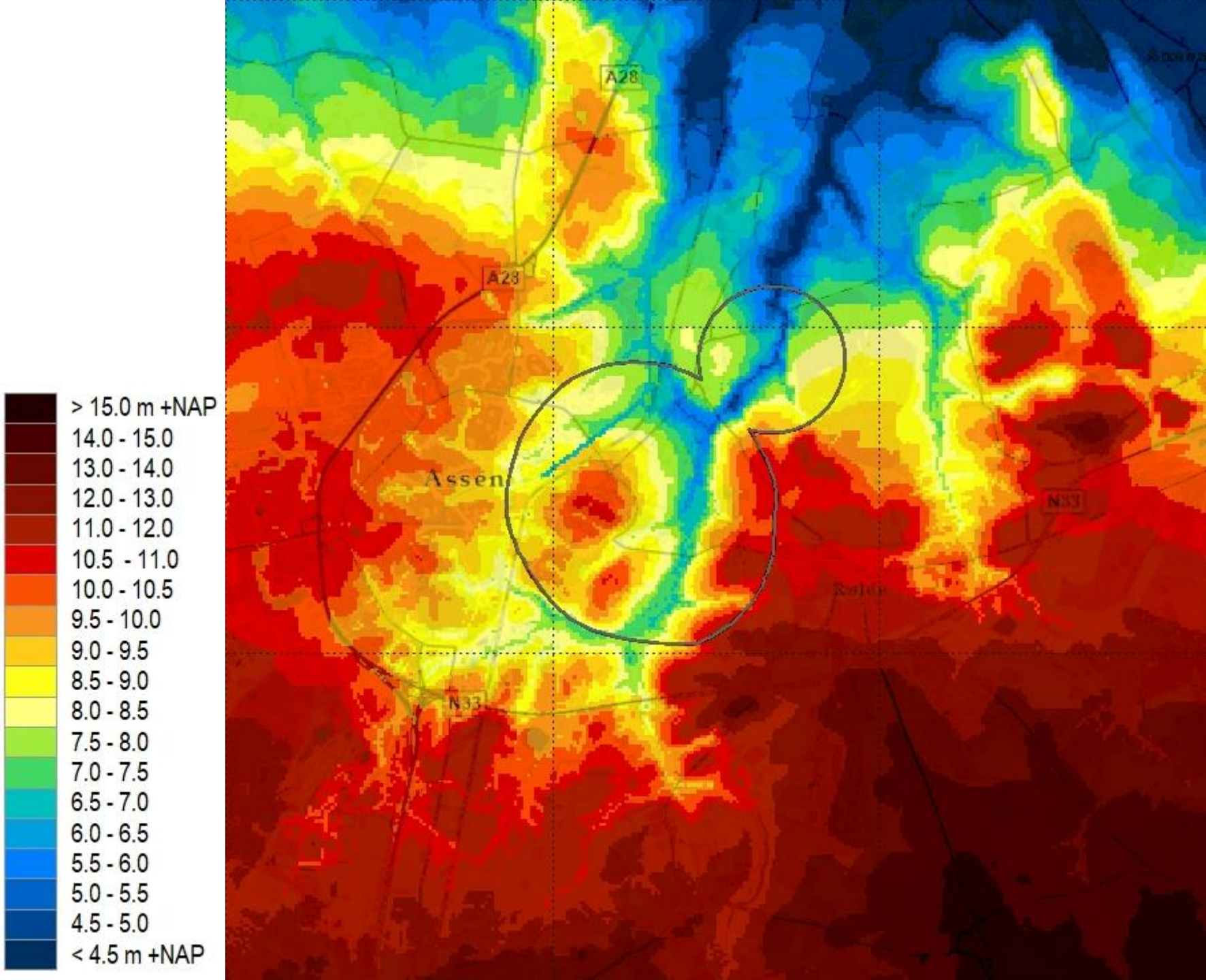

> 15.0 m +NAP
14.0 - 15.0
13.0 - 14.0
12.0 - 13.0
11.0 - 12.0
10.5 - 11.0
10.0 - 10.5
9.5 - 10.0
9.0 - 9.5
8.5 - 9.0
8.0 - 8.5
7.5 - 8.0
7.0 - 7.5
6.5 - 7.0
6.0 - 6.5
5.5 - 6.0
5.0 - 5.5
4.5 - 5.0
< 4.5 m +NAP
A28
Assen
N33
Rolde

GLG laag 6

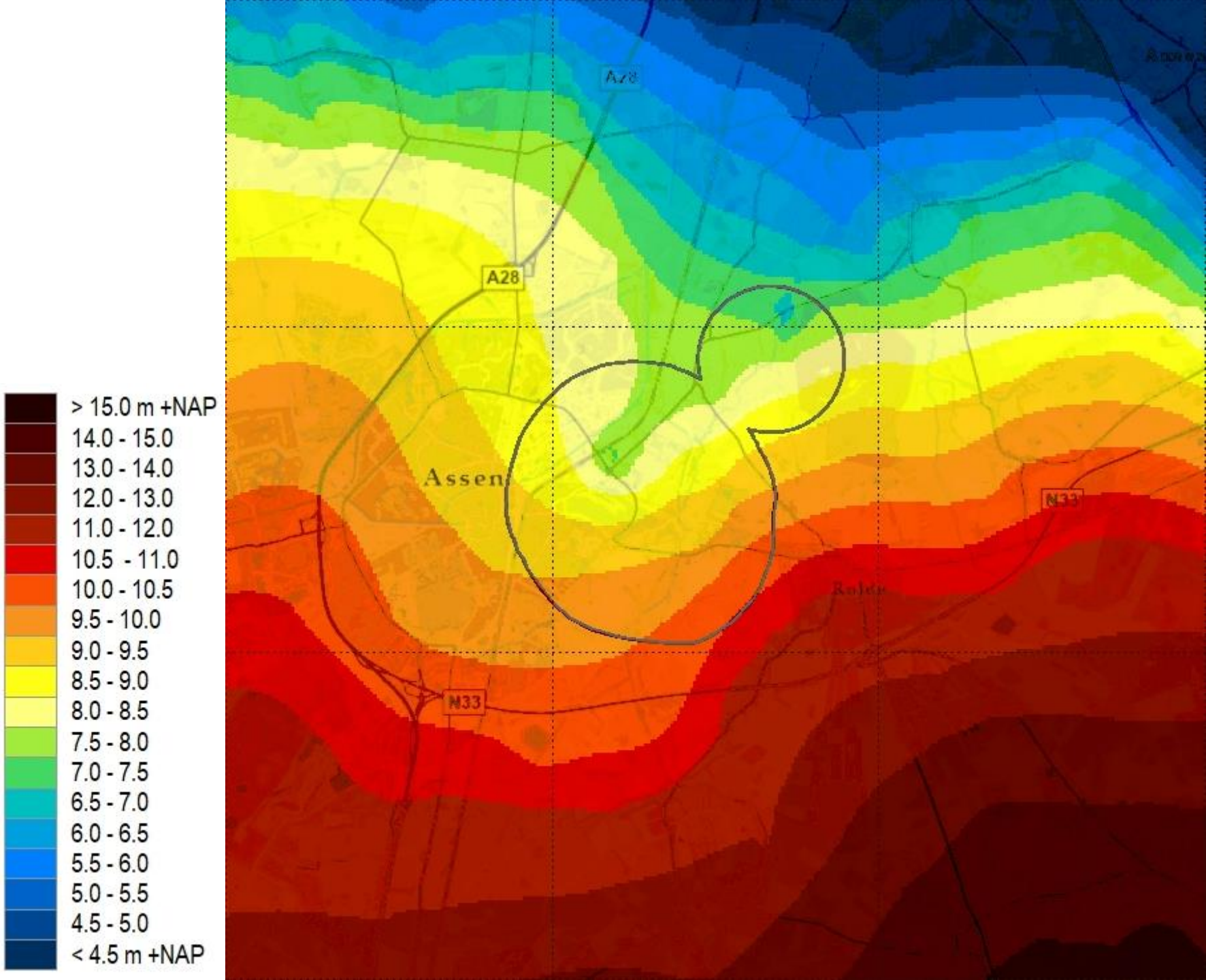

> 15.0 m +NAP
14.0 - 15.0
13.0 - 14.0
12.0 - 13.0
11.0 - 12.0
10.5 - 11.0
10.0 - 10.5
9.5 - 10.0
9.0 - 9.5
8.5 - 9.0
8.0 - 8.5
7.5 - 8.0
7.0 - 7.5
6.5 - 7.0
6.0 - 6.5
5.5 - 6.0
5.0 - 5.5
4.5 - 5.0
< 4.5 m +NAP
A28
A28
Assen
N33
Roldp
N33

GVG per modellaag

GVG laag 1

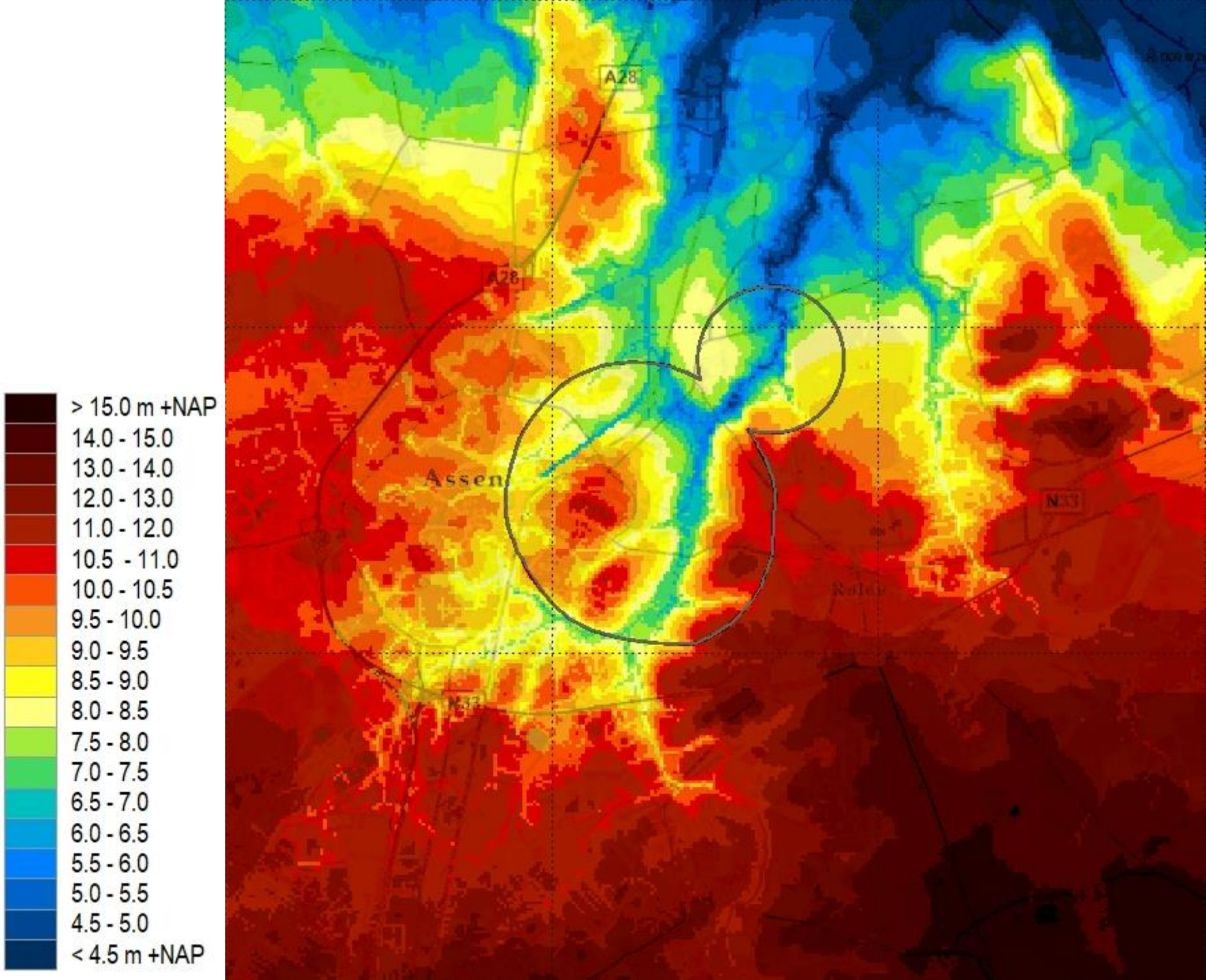

> 15.0 m +NAP
14.0 - 15.0
13.0 - 14.0
12.0 - 13.0
11.0 - 12.0
10.5 - 11.0
10.0 - 10.5
9.5 - 10.0
9.0 - 9.5
8.5 - 9.0
8.0 - 8.5
7.5 - 8.0
7.0 - 7.5
6.5 - 7.0
6.0 - 6.5
5.5 - 6.0
5.0 - 5.5
4.5 - 5.0
< 4.5 m +NAP
A28
A28
Assen
N33
N33

GVG laag 6

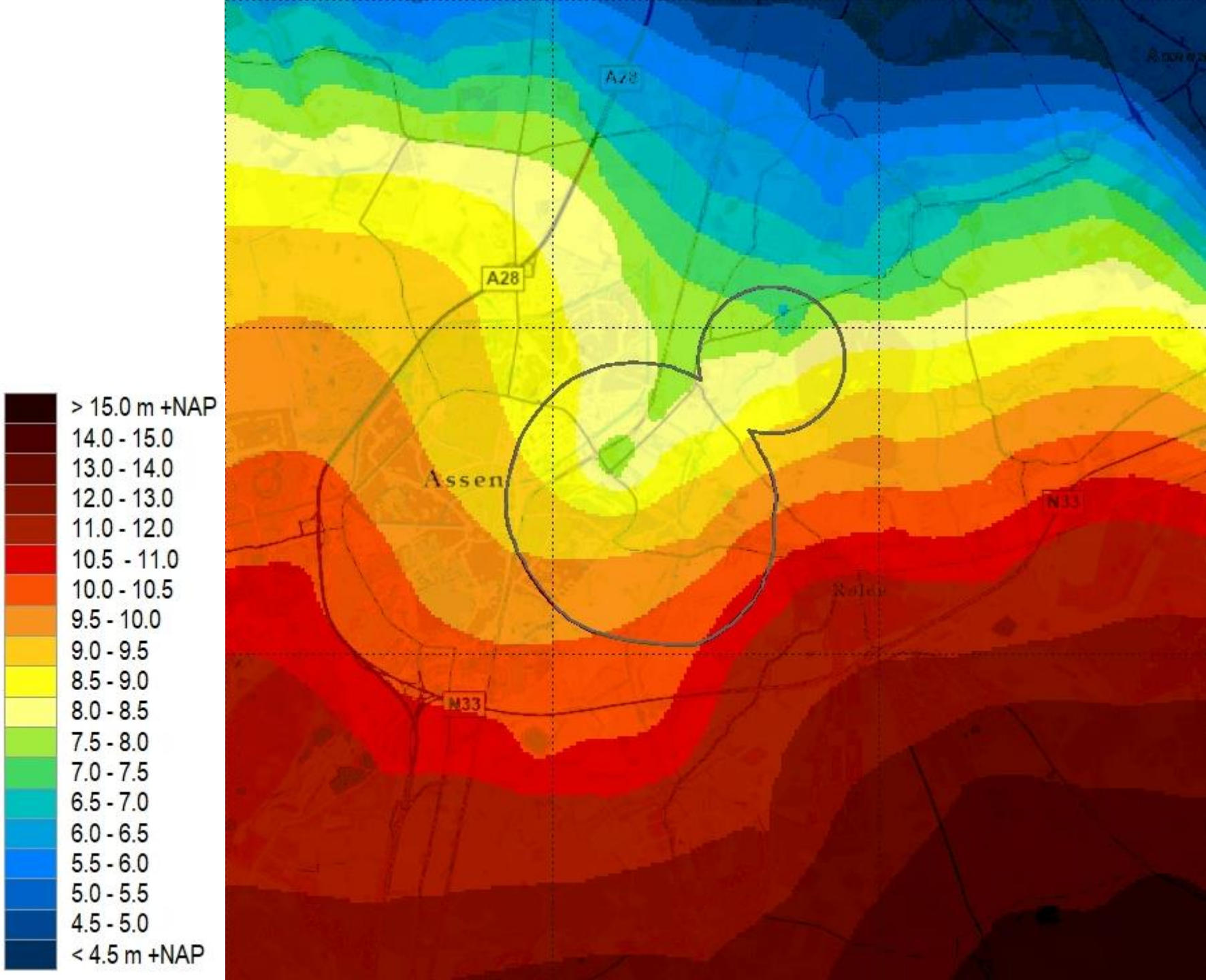

> 15.0 m +NAP
14.0 - 15.0
13.0 - 14.0
12.0 - 13.0
11.0 - 12.0
10.5 - 11.0
10.0 - 10.5
9.5 - 10.0
9.0 - 9.5
8.5 - 9.0
8.0 - 8.5
7.5 - 8.0
7.0 - 7.5
6.5 - 7.0
6.0 - 6.5
5.5 - 6.0
5.0 - 5.5
4.5 - 5.0
< 4.5 m +NAP
A28
Assen
N33

GHG per modellaag

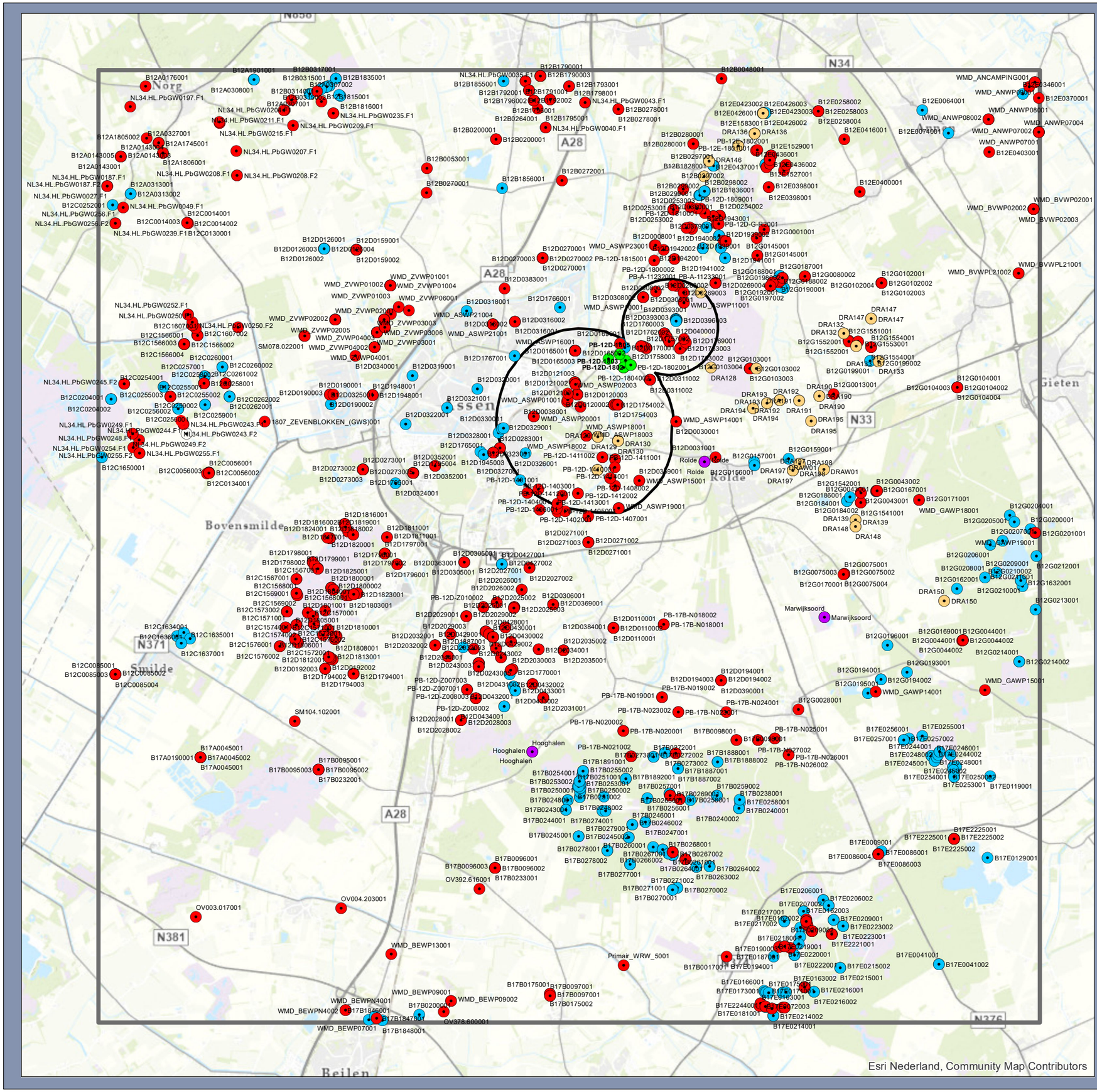
GHG laag 1


> 15.0 m +NAP
14.0 - 15.0
13.0 - 14.0
12.0 - 13.0
11.0 - 12.0
10.5 - 11.0
10.0 - 10.5
9.5 - 10.0
9.0 - 9.5
8.5 - 9.0
8.0 - 8.5
7.5 - 8.0
7.0 - 7.5
6.5 - 7.0
6.0 - 6.5
5.5 - 6.0
5.0 - 5.5
4.5 - 5.0
< 4.5 m +NAP
A28
A28
Assen
N33
N33

GHG laag 6


> 15.0 m +NAP
14.0 - 15.0
13.0 - 14.0
12.0 - 13.0
11.0 - 12.0
10.5 - 11.0
10.0 - 10.5
9.5 - 10.0
9.0 - 9.5
8.5 - 9.0
8.0 - 8.5
7.5 - 8.0
7.0 - 7.5
6.5 - 7.0
6.0 - 6.5
5.5 - 6.0
5.0 - 5.5
4.5 - 5.0
< 4.5 m +NAP
A28
Assen
N33

Bijlage 9 Alle peilbuizen



Legenda

- Beekbodemverhoging
- Rolderrug
- Basismeetnet Dr. Aa
- MIPWA totaalset
- DINO totaalset
- Interessegebied
- Modelrand

Beschikbare peilbuizensets binnen modelgebied
Grondwateronderzoek Assen Oost

Opdrachtgever: WMD Drinkwater B.V.
Projectnummer: 51011264

SWECO

Status: Definitief
Datum: 1-2-2023
Schaal: 1:90.000
Formaat: A3

Getekend: EK - Gecontroleerd: SS

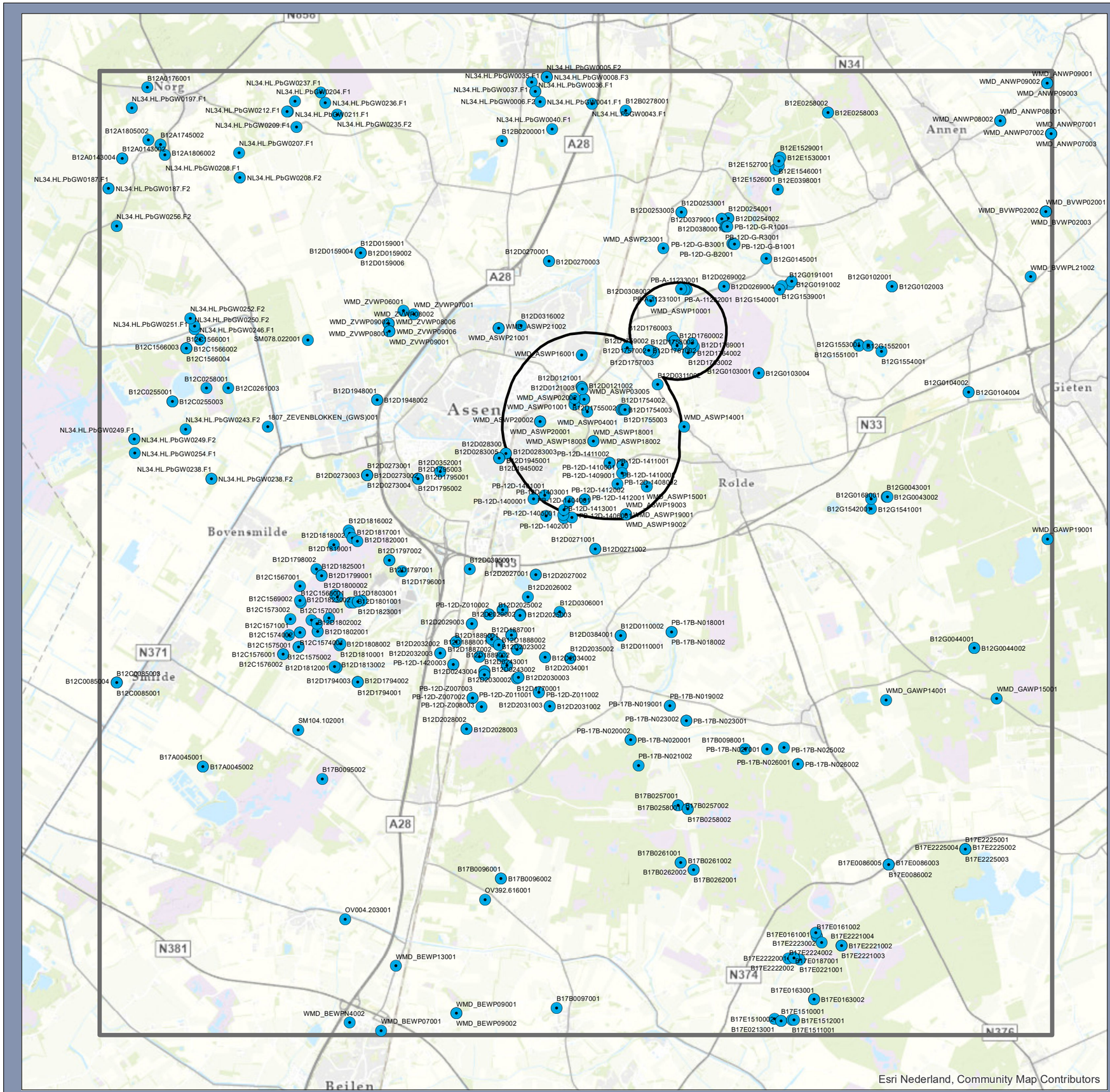
0 900 1.800 2.700 3.600 4.500 5.400 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Users\NLEMMK\OneDrive - Sweco AB\Projecten\AssenOost_GIS\GIS\MXD\AssenOost_kaartjes.mxd 1-2-2023 09:08:39

Bijlage 10 Validatieset lange meetreeksen



Legenda

- Validatieset lange reeksen
- Interessegebied
- Modelrand

Validatieset lange reeksen

Grondwateronderzoek Assen Oost

Opdrachtgever: WMD Drinkwater B.V.
Projectnummer: 51011264

SWECO

Status: Definitief
Datum: 1-2-2023
Schaal: 1:90.000
Formaat: A3

Getekend: EK - Gecontroleerd: SS

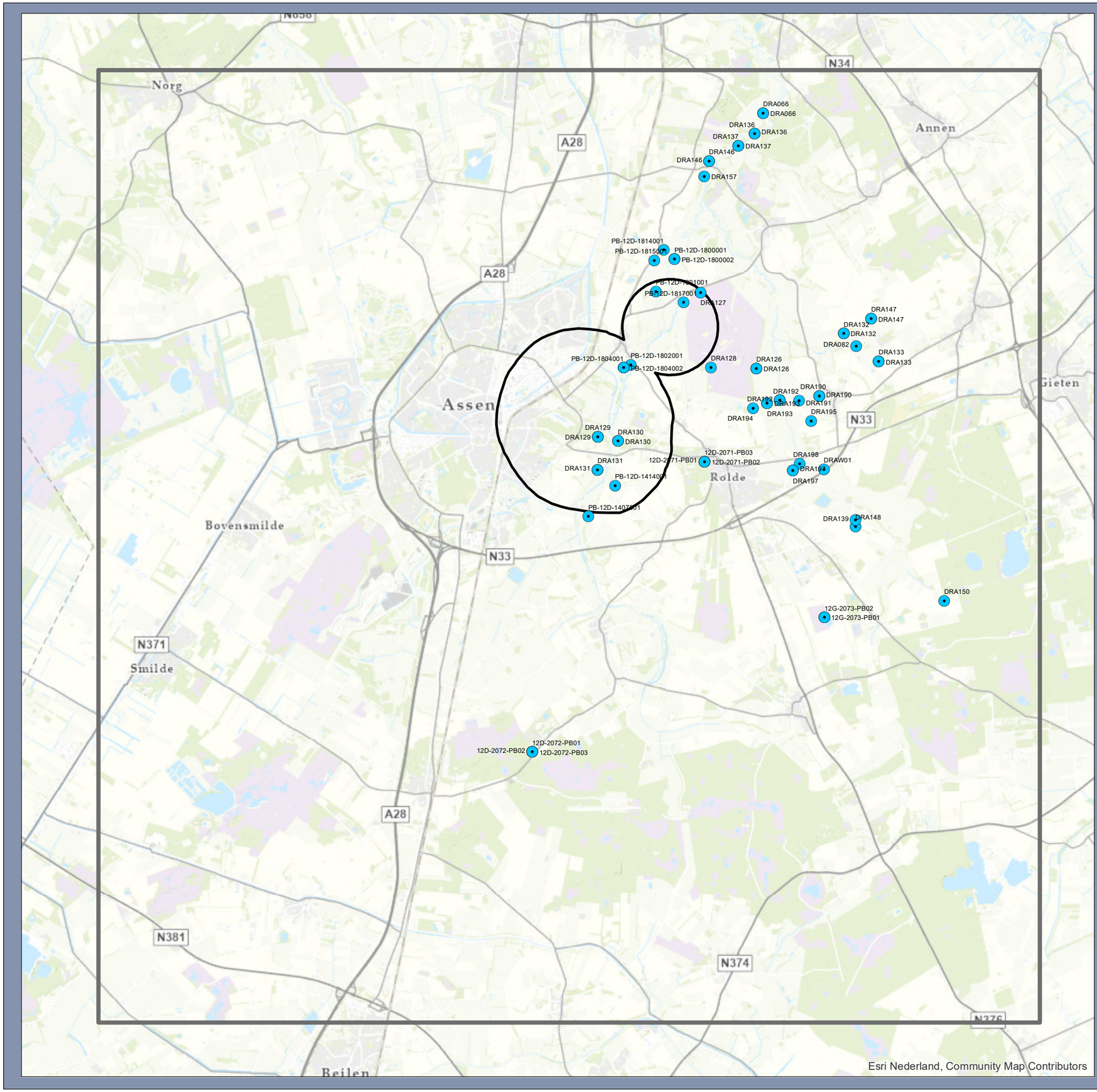
0 900 1.800 2.700 3.600 4.500 5.400 meter

N

© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Users\NLEMMK\OneDrive - Sweco AB\Projecten\AssenOost_GIS\GIS\MXD\AssenOost_kaartjes.mxd 1-2-2023 09:09:39

Bijlage 11 Validatieset korte meetreeksen



Esri Nederland, Community Map Contributors

Legenda

- Validatieset korte reeksen
- Interessegebied
- Modelrand

Validatieset korte reeksen

Grondwateronderzoek Assen Oost

Opdrachtgever: WMD Drinkwater B.V.
Projectnummer: 51011264

SWECO

Status: Definitief
Datum: 1-2-2023
Schaal: 1:90.000
Formaat: A3

Getekend: EK - Gecontroleerd: SS

0 900 1.800 2.700 3.600 4.500 5.400 meter

N

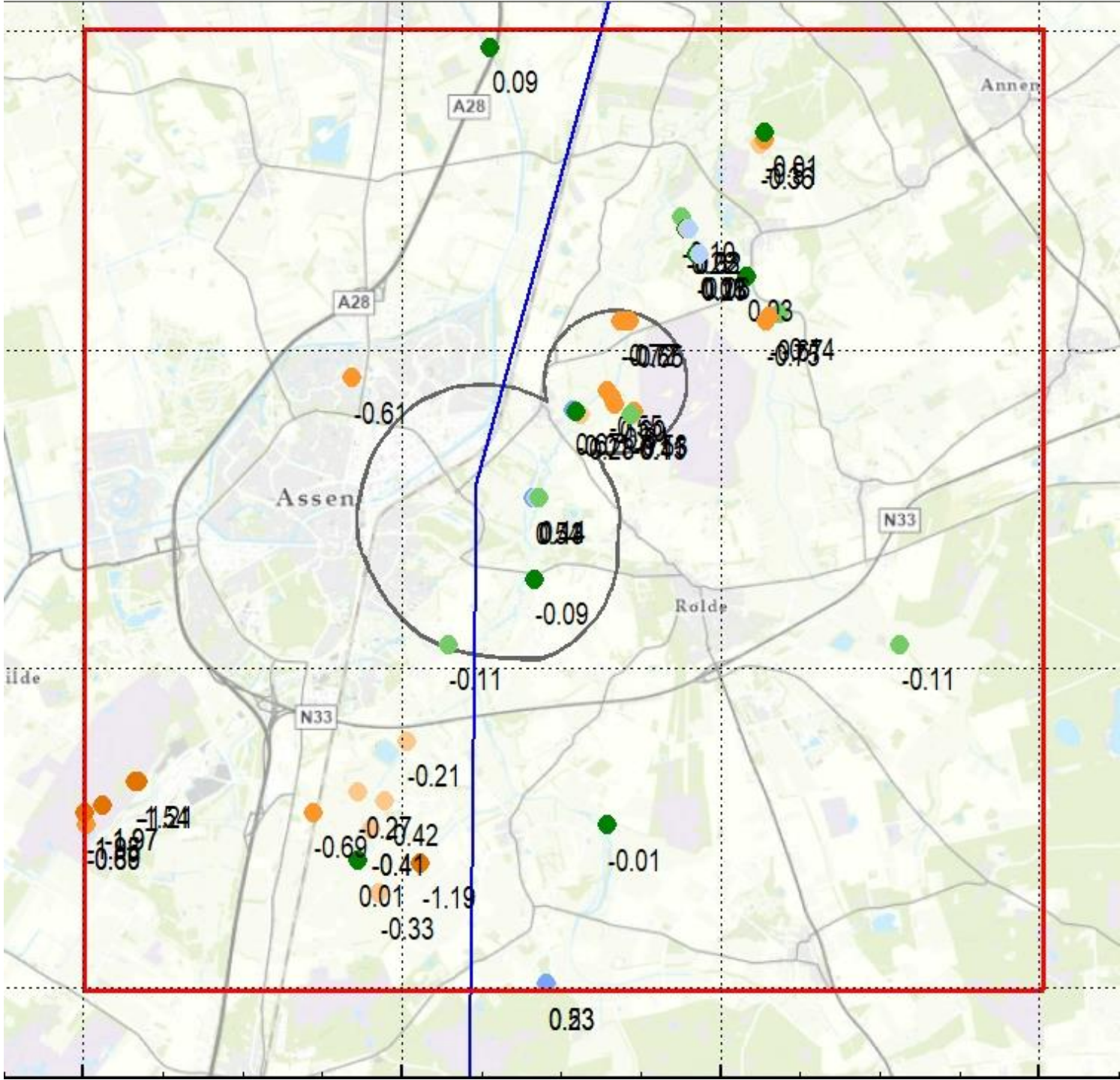
© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

C:\Users\NLEMMK\OneDrive - Sweco AB\Projecten\AssenOost_GIS\GIS\MXD\AssenOost_kaartjes.mxd 1-2-2023 09:09:39

Bijlage 12 Ruimtelijke residuen

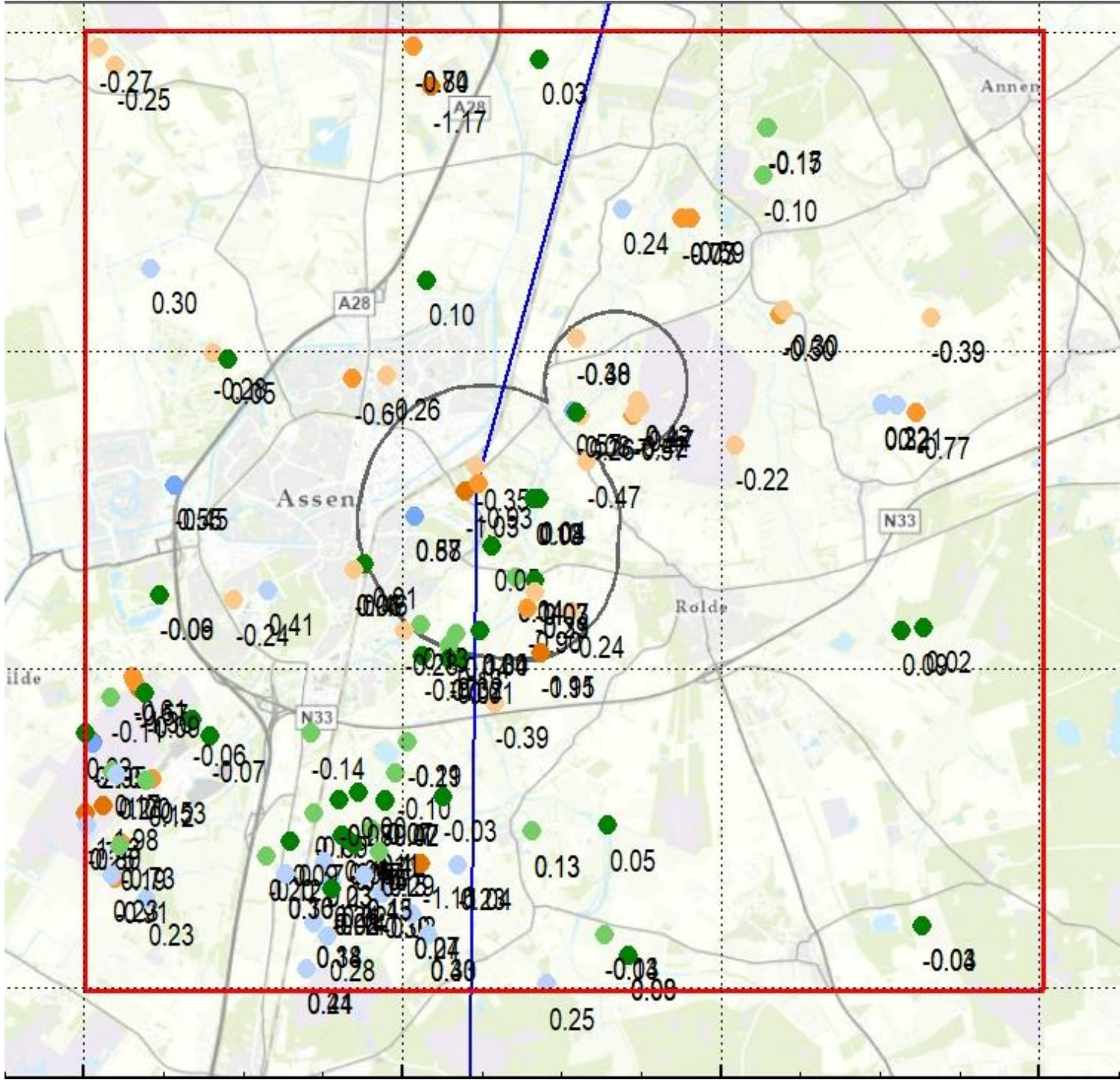
Residuen GLG

Modellaag 1 en 2 boven beekleem

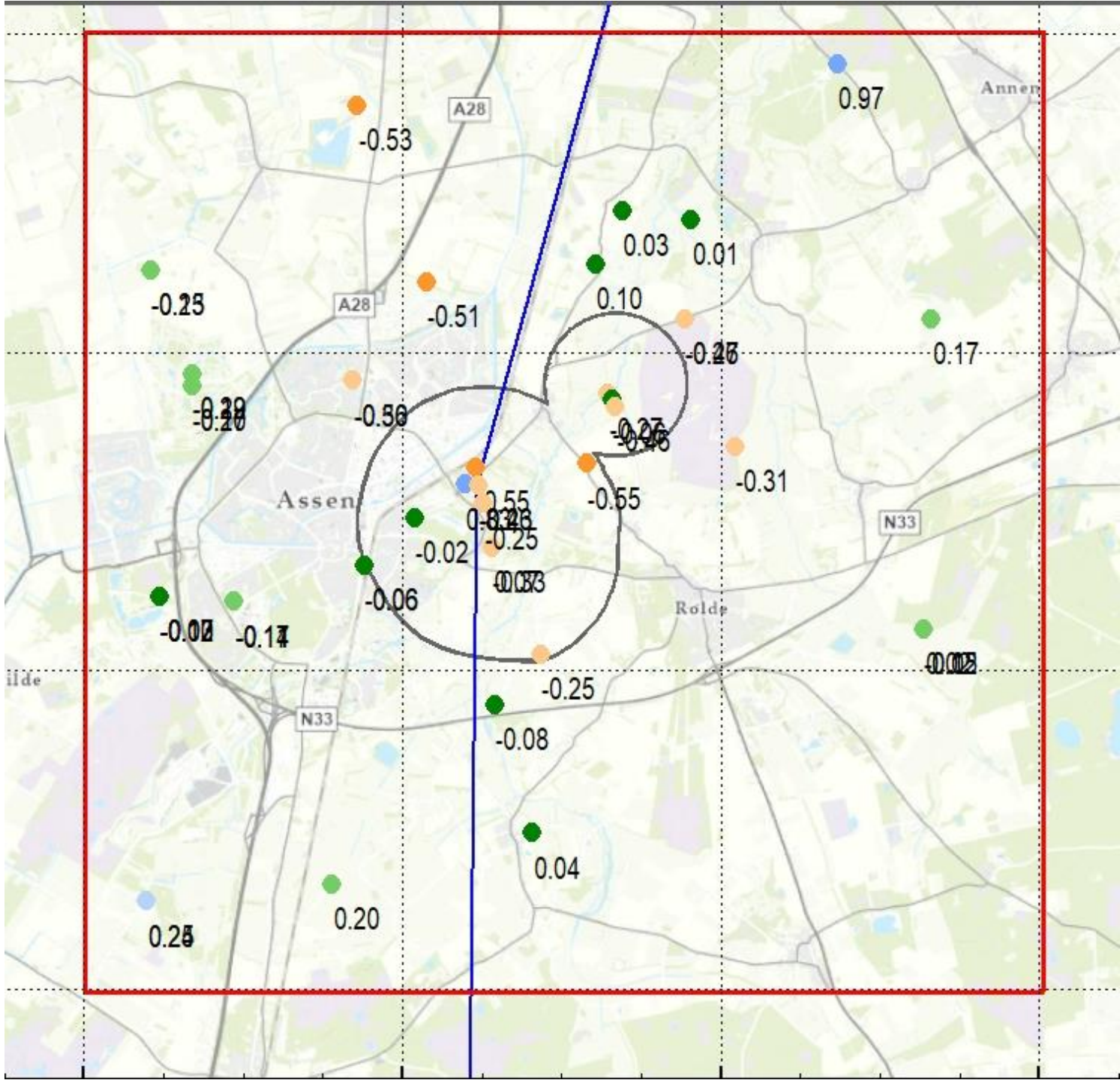


- >10 (natter)
- 5.00 - 10.00
- 2.50 - 5.00
- 1.00 - 2.50
- 0.50 - 1.00
- 0.20 - 0.50
- 0.10 - 0.20
- -0.10 - 0.10
- -0.10 - -0.20
- -0.20 - -0.50
- -0.50 - -1.00
- -1.00 - -2.50
- -2.50 - -5.00
- -5.00 - -10.00
- <-10 (droger)

Modellaag 3 en 4 onder beekleem, boven Peeloklei1



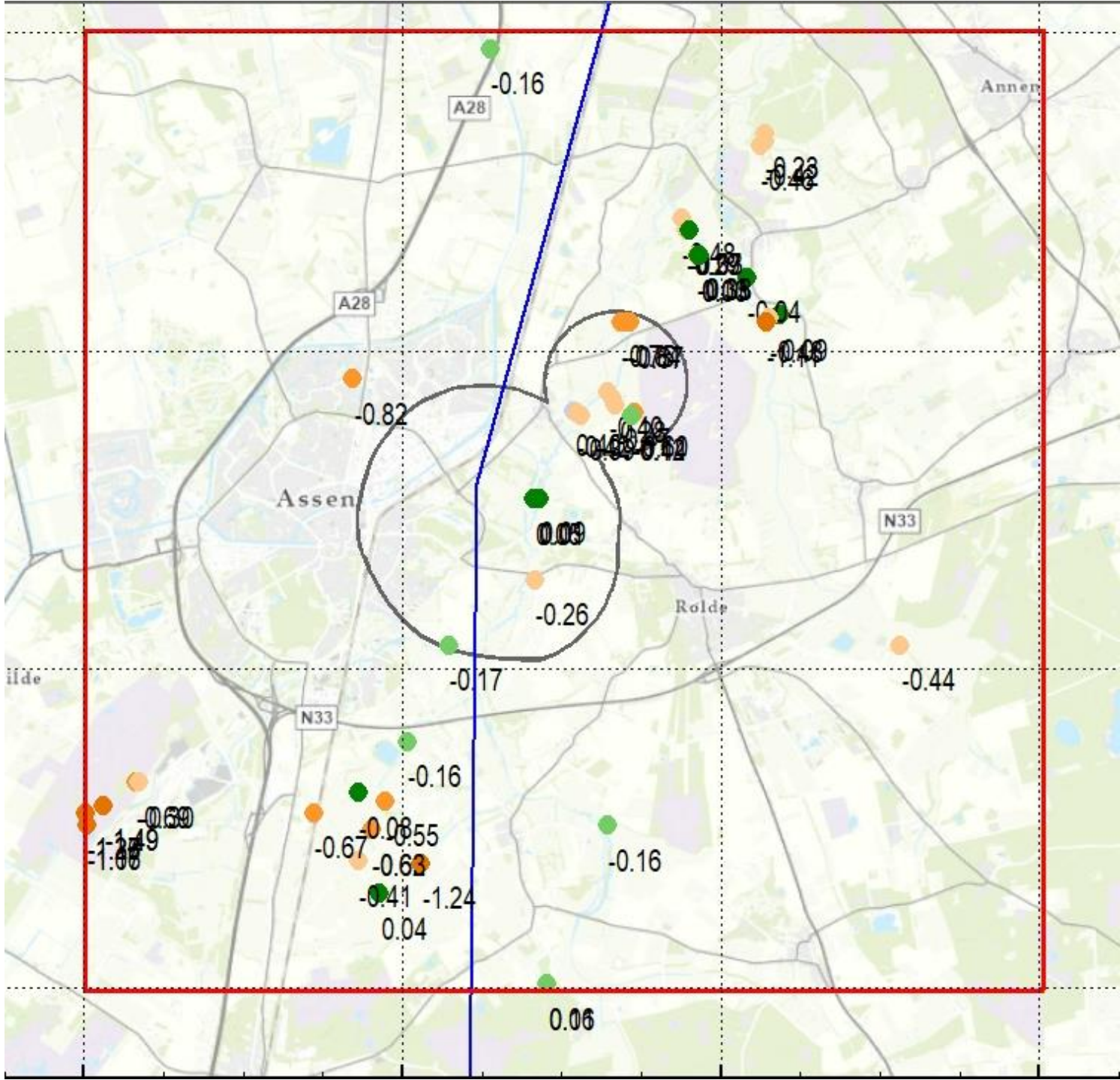
Modellaag 5 – 8 onder Peeloklei1



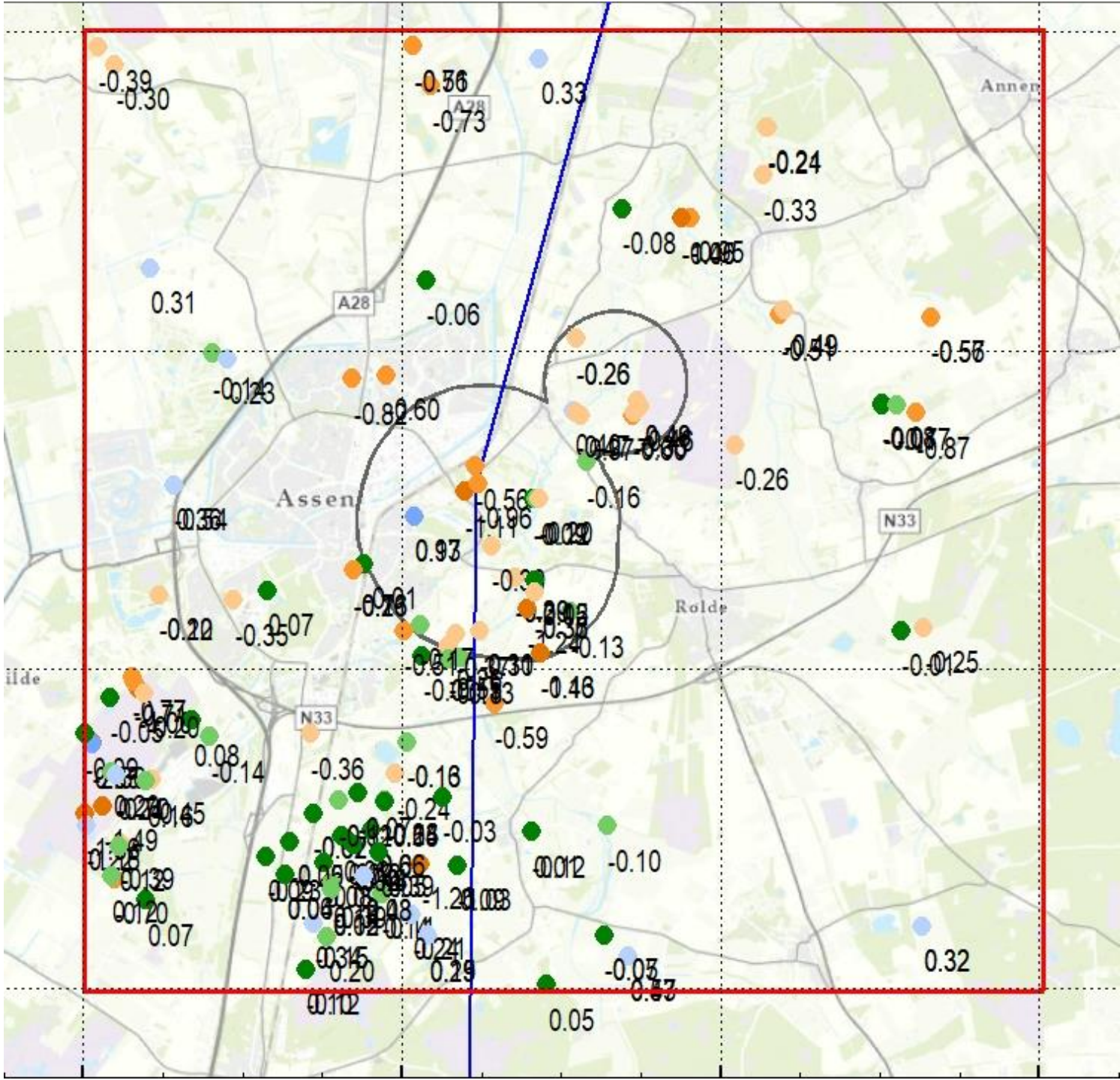
>10 (natter)
5.00 - 10.00
2.50 - 5.00
1.00 - 2.50
0.50 - 1.00
0.20 - 0.50
0.10 - 0.20
-0.10 - 0.10
-0.10 - -0.20
-0.20 - -0.50
-0.50 - -1.00
-1.00 - -2.50
-2.50 - -5.00
-5.00 - -10.00
<-10 (droger)

Residuen GVG

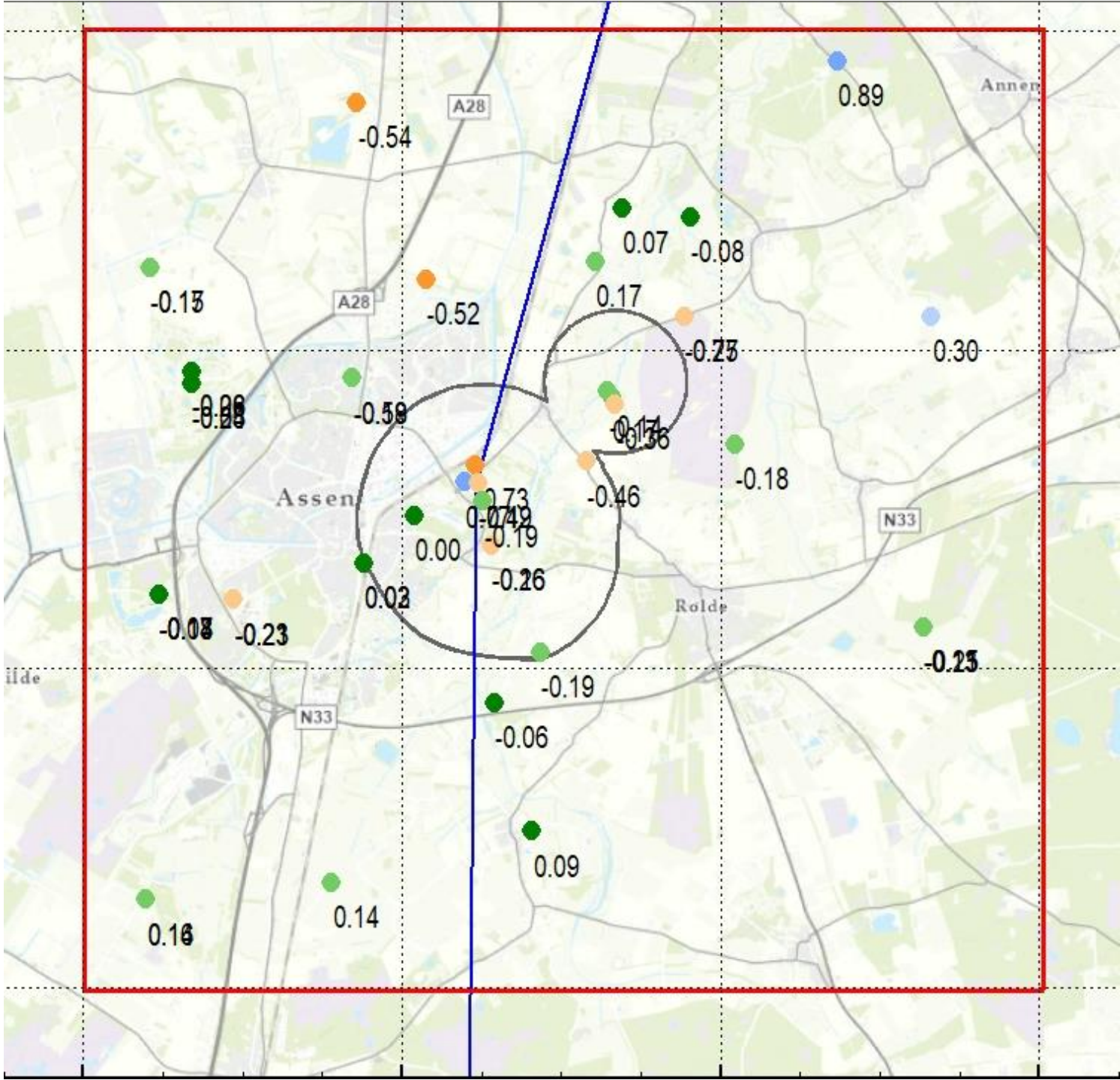
Modellaag 1 en 2 boven beekleem



Modellaag 3 en 4 onder beekleem, boven Peeloklei1



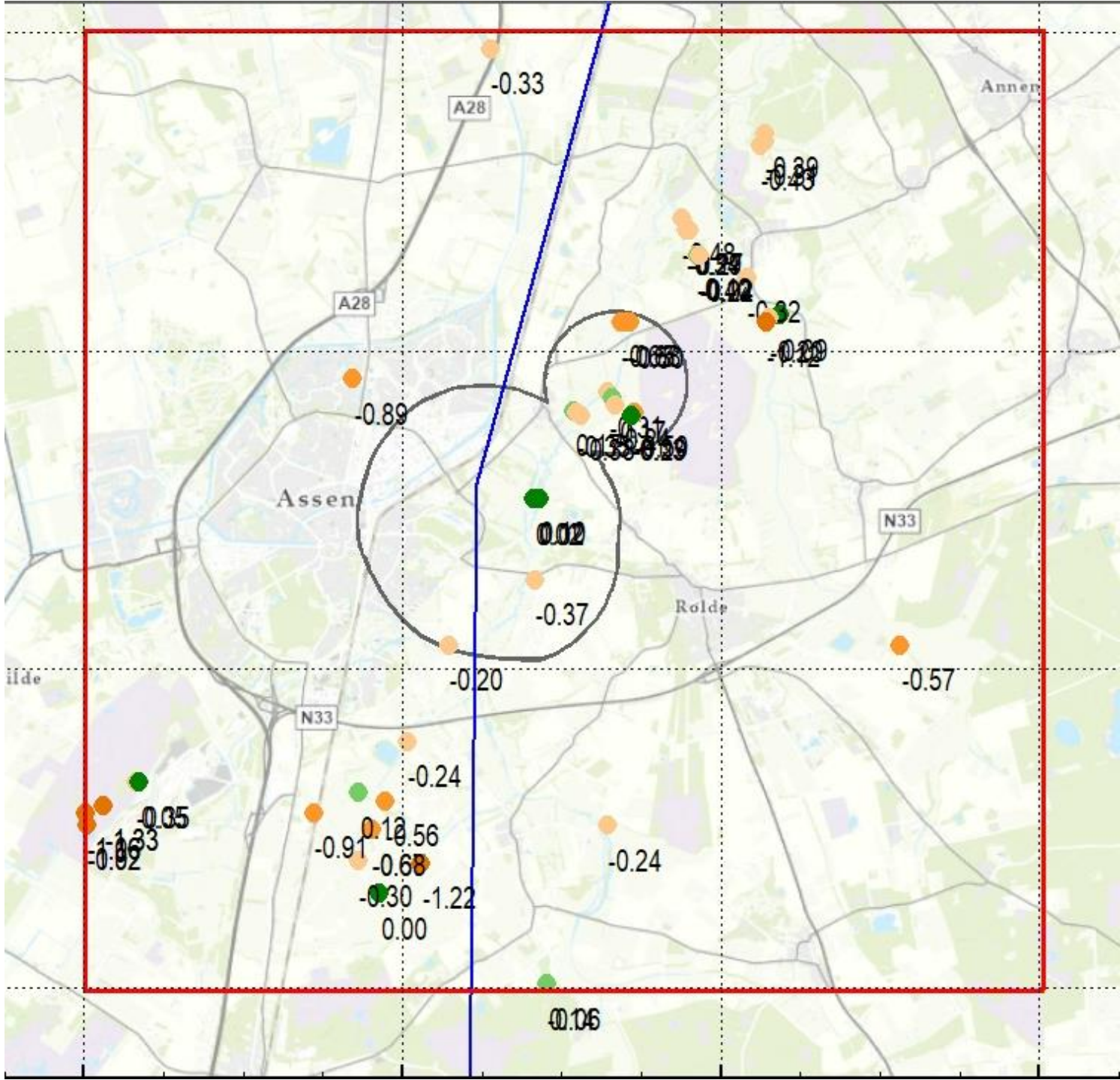
Modellaag 5 – 8 onder Peeloklei1



>10 (natter)
5.00 - 10.00
2.50 - 5.00
1.00 - 2.50
0.50 - 1.00
0.20 - 0.50
0.10 - 0.20
-0.10 - 0.10
-0.10 - -0.20
-0.20 - -0.50
-0.50 - -1.00
-1.00 - -2.50
-2.50 - -5.00
-5.00 - -10.00
<-10 (droger)

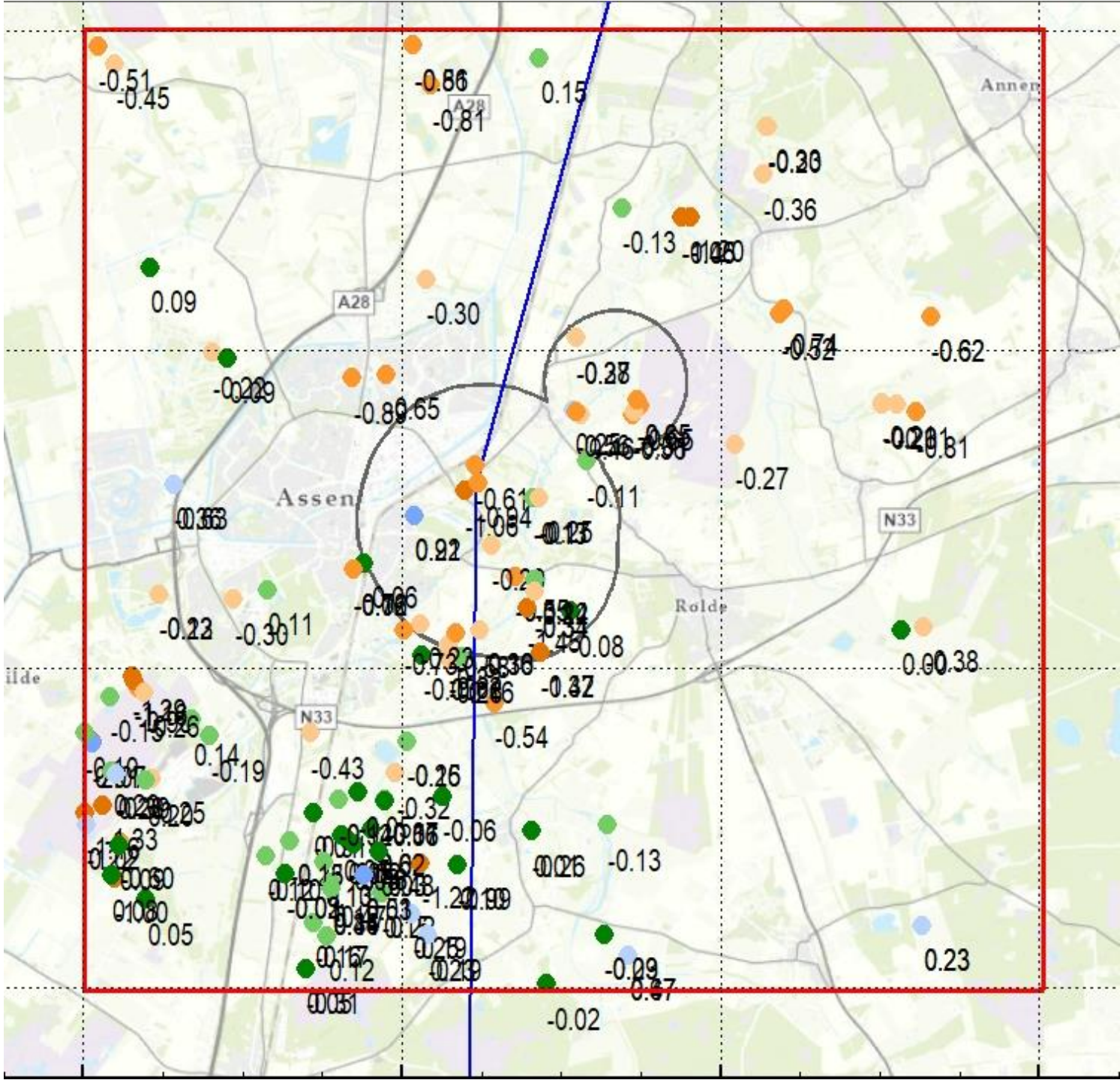
Residuen GHG

Modellaag 1 en 2 boven beekleem

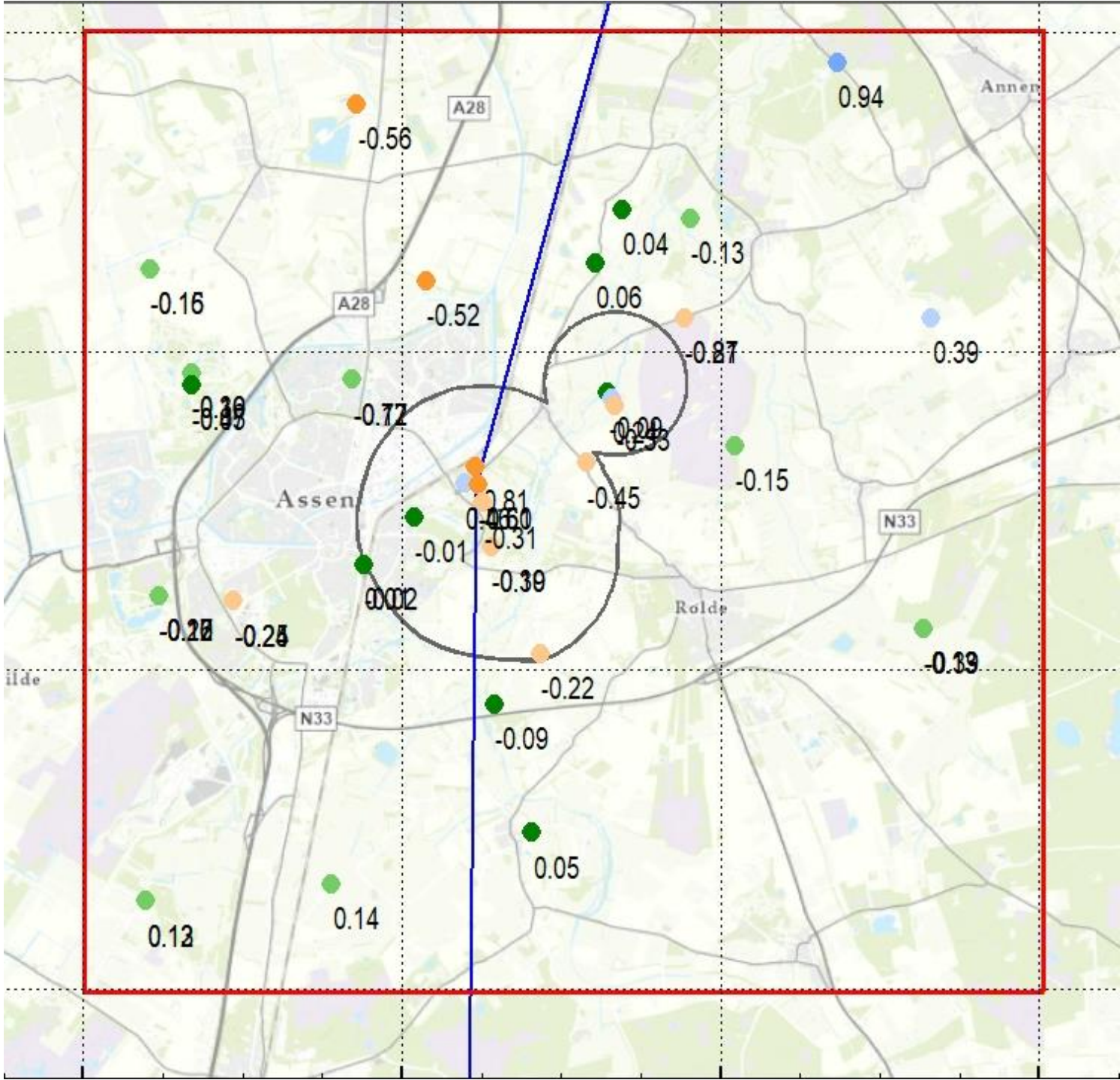


>10 (natter)
5.00 - 10.00
2.50 - 5.00
1.00 - 2.50
0.50 - 1.00
0.20 - 0.50
0.10 - 0.20
-0.10 - 0.10
-0.10 - -0.20
-0.20 - -0.50
-0.50 - -1.00
-1.00 - -2.50
-2.50 - -5.00
-5.00 - -10.00
<-10 (droger)

Modellaag 3 en 4 onder beekleem, boven Peeloklei1



Modellaag 5 – 8 onder Peeloklei1



>10 (natter)
5.00 - 10.00
2.50 - 5.00
1.00 - 2.50
0.50 - 1.00
0.20 - 0.50
0.10 - 0.20
-0.10 - 0.10
-0.10 - -0.20
-0.20 - -0.50
-0.50 - -1.00
-1.00 - -2.50
-2.50 - -5.00
-5.00 - -10.00
<-10 (droger)