



Toelichting hydrologie

Gebiedsontwikkeling Koningsdiep

projectnummer 0465363.100
definitief revisie 6
11 april 2023

Toelichting hydrologie

Gebiedsontwikkeling Koningsdiep

projectnummer 0465363.100

definitief revisie 6
11 april 2023

Auteurs

[redacted] J
[redacted] J

Opdrachtgever

Provincie Fryslân
Tweebaksmarkt 52
8911 KZ LEEUWARDEN

Gecontroleerd:

[redacted] J
[redacted] J

datum
11 april 2023

beschrijving
definitief

vrijgave
[redacted] J

[redacted] J

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding en doel	1
1.2	Leeswijzer	2
2	Toetsingscriteria	3
2.1	Effecten op natuur	3
2.2	Effecten op bebouwing en wegen	6
2.3	Effecten op landbouw	6
2.4	Klimaatverandering	7
3	Beschrijving referentiesituatie	10
3.1	Gebiedsinrichting Koningsdiep	10
3.2	Grondwater en geohydrologie	11
3.2.1	Geohydrologische opbouw	11
3.2.2	Grondwaterstanden	13
3.2.3	Stijghoogten	15
3.2.4	Kwel	17
3.3	Oppervlaktewater	18
3.4	Landgebruik	22
3.5	Mogelijkheden nieuwe NNN in de referentiesituatie	23
3.6	Toets opbrengstdepressies landbouw in de referentiesituatie	25
4	Inzichtscenario's	29
4.1	Maatregelen Brongebied	29
4.2	Scenario 1 – Gestuurd systeem	30
4.2.1	Maatregelen	30
4.2.2	Effecten op grondwater	31
4.2.2.1	Effecten op de natuur	36
4.2.2.2	Effecten op de bebouwing en wegen	39
4.2.2.3	Effecten op de landbouw	40
4.2.3	Conclusie inzichtscenario gestuurd systeem	43
4.3	Scenario 2 - Ongestuurd systeem	45
4.3.1	Maatregelen	45
4.3.2	Herprofilering van het Alldjip	46
4.3.3	Effecten oppervlaktewater	48
4.3.4	Effecten op grondwater	51
4.3.4.1	Effecten op de natuur	56
4.3.4.2	Effecten op de bebouwing en wegen	59
4.3.4.3	Effecten op de landbouw	59
4.3.5	Conclusie ongestuurd systeem	63
4.4	Vergelijking inzichtscenario's	63

5	Samenvatting conclusies en aanbevelingen	71
----------	---	-----------

6	Literatuur	74
----------	-------------------	-----------

Bijlage 1 Grondwatermodel en validatie

Bijlage 2 Hydrologische afvoeranalyse

Bijlage 3 Kaarten referentiesituatie

Bijlage 4 Gestuurd systeem

Bijlage 5 Ongestuurd systeem

Bijlage 6 Vergelijking inzichtscenario's kwel

Bijlage 7 Vergelijking inzichtscenario's natuurdoelen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

De provincie Fryslân staat voor de opgave om het beekdallandschap langs het hele Alddjip (Koningsdiep) zo goed mogelijk te herstellen. Deze opgave wordt uitgewerkt voor verschillende deelgebieden en uitvoeringsmodules. Voor de inrichting van de midden- en bovenloop van het Alddjip (hier ook projectgebied genoemd) wordt één ruimtelijk ontwerp ontwikkeld, dat wordt uitgewerkt in een inrichtingsplan (WILG-plan).

Voor het projectgebied zijn specifieke doelen en opgaven, namelijk de ontwikkeling van nieuwe natuur (350 hectare NNN/NNF¹) langs het Alddjip, het verbeteren van de ecologische waterkwaliteit in verband met de waterdoelen Kaderrichtlijn Water (KRW) en het herstel van de waterhuishouding met een klimaatrobuste beek (WB21).

Om de mogelijke invulling van de doelen voor de ontwikkeling van NNN in het MER te verkennen, zijn door de projectgroep de volgende maatregelen aangedragen om de grondwaterstroming vanaf de flanken van het beekdal naar de nieuwe natuur rondom het Alddjip te versterken:

- Verhoging van het waterpeil van het Alddjip door:
 - Het verhogen van stuwpeilen, of;
 - Het verkleinen van het profiel van het Alddjip.
- Verhoging van de grondwaterstanden op de flank van het beekdal door het verwijderen van naaldbos.
- Dempen van greppels en watergangen.
- Afgraven van gedeelten van het maaiveld.

De doelen voor de KRW en WB21 zijn niet direct gerelateerd aan de grondwatersituatie en worden in het voorliggende rapport niet onderzocht. In het MER wordt wel op deze doelen ingegaan.

Om de potentiële impact van de maatregelen te beoordelen, zijn twee inzichtscenario's onderzocht: scenario 1 ook genoemd 'gestuurd systeem' en scenario 2 ook genoemd 'ongestuurd systeem'. Het doel van deze inzichtscenario's is om te bepalen hoe het hydrologische systeem te beïnvloeden is, in hoeverre hiermee de natuurdoelen kunnen worden ingevuld en of er ongewenste effecten te verwachten zijn.

De doorgerekende maatregelen voor het gestuurde systeem omvatten onder meer het verhogen van de peilen van de bestaande stuwen. Door het waterpeil te verhogen komt de kwelstroom eerder aan het maaiveld en stroomt het water niet weg in het Alddjip. Aanvullende maatregelen zijn het dempen van een aantal sloten, het aanleggen van enkele korte meanders en het lokaal afgraven van het maaiveld. Dit scenario is al eerder doorgerekend, de resultaten worden voor de volledigheid in dit rapport getoetst en gepresenteerd.

Het 'ongestuurde systeem' omvat onder meer het verhogen van het waterpeil van het Alddjip door het verkleinen van het doorstroomprofiel en het verhogen van de bodemligging. Verder wordt een lange meander aangelegd en wordt de weerstand tegen stroming vergroot door een toename van de begroeiing in de middenloop van het beekdal. De stuwen in dit traject worden verwijderd.

Na de vergelijking van deze scenario's wordt de hoofdaanpak van de toekomstige inrichting wordt gekozen, dus óf gestuurd, óf ongestuurd. Hier worden mogelijk nog aanscherpingen en/of

¹ NNN; Natuur Netwerk Nederland, NNF: Natuur Netwerk Friesland

mitigerende maatregelen aan toegevoegd om tot een voorkeursscenario te komen. Dit voorkeursscenario wordt in het MER verwerkt en tenslotte in een WILG-plan opgenomen.

1.2 Leeswijzer

Dit rapport is het achtergrondrapport voor het aspect grondwater in het MER.

In dit rapport komen achtereenvolgens de volgende zaken aan bod:

- Hoofdstuk 2 bevat de toetsingscriteria voor de aan grondwater te relateren belangen.
- In hoofdstuk 3 is de gebiedsbeschrijving voor de referentiesituatie opgenomen waarbij alle aspecten van het hydrologische systeem die van invloed zijn op de omgeving zijn toegelicht.
- De inzichtscenario's zijn uitgebreid beschreven in hoofdstuk 4. Hierbij is ingegaan op de doorgerekende maatregelen, de hydrologische effecten en de te verwachten gevolgen voor natuur, landschap en bebouwing.
- Hoofdstuk 5 bevat tenslotte de conclusies en aanbevelingen.

In de bijlagen zijn verschillende nadere toelichtingen op de uitgevoerde werkzaamheden opgenomen, zoals de grondwatermodellering en de afvoeranalyse van het Alldjip. Ook zijn in de bijlagen de relevante kaarten groter weergegeven.

2 Toetsingscriteria

De maatregelen en scenario's hebben gevolgen voor de grondwaterstanden, en daarmee ook op de grondwaterafhankelijke belangen natuur, landbouw en bebouwing. In dit hoofdstuk is toegelicht op welke wijze deze belangen getoetst worden.

2.1 Effecten op natuur

Voor het Koningsdiep zijn verschillende natuurdoeltypen gewenst, deze zijn samengevat in Tabel 2-1. Hierbij zijn de gewenste GHG, GVG en GLG opgenomen. Tevens is de gewenste kwel benoemd.

Tabel 2-1: Gewenste natuurdoelen en doelen in de omgeving en bijbehorend grondwaterregime (cm -mv.)

Natuurdoeltype			GHG	GVG	GLG	Kwel
			cm -mv	cm -mv	cm -mv	Mm/dag
Vochtig hooiland	Dotterbloemhooiland		20+ tot 20		30 tot 50, met uitloop tot 60	1-3 mm/dag in de winter
Schraalgrasland)	Blauwgrasland**	Veengronden	0 tot 25	+5 tot 25 (7)	Optimaal 20 tot 40, suboptimaal 40 tot 50	Optimaal >1,5 mm/dg Suboptimaal >0.5 mm/dag
		Zandgronden			40 tot 80 (1)	
	Klein zeggenmoeras		20+ tot 20	+20 tot 25 (8)	40 tot 80 (3)	
	Nat heischraal grasland		0 tot 40		40 tot 120 (3)	
Heide	Vochtige heide		10+ tot 20		20 tot 50 (3) Optimaal: niet dieper wegzakken dan 40 cm (4)	
	Droge heide (5)		>40		>120	
Hoog-Laagveen	Berkenbroekbos	Hoog- en laagveen	10+ tot 20		40 tot 80 (3)	
Beek-begeleidende bos	Elzenbroekbos		20+ tot 20		40 tot 80 (3) Optimaal: niet dieper wegzakken dan 40 cm (4)	
	Vogelkers-essenbos	leem	20 tot 30 (6)		60-80 (6)	
Beek en bron (9)			20+ tot 20		10+ tot 30	

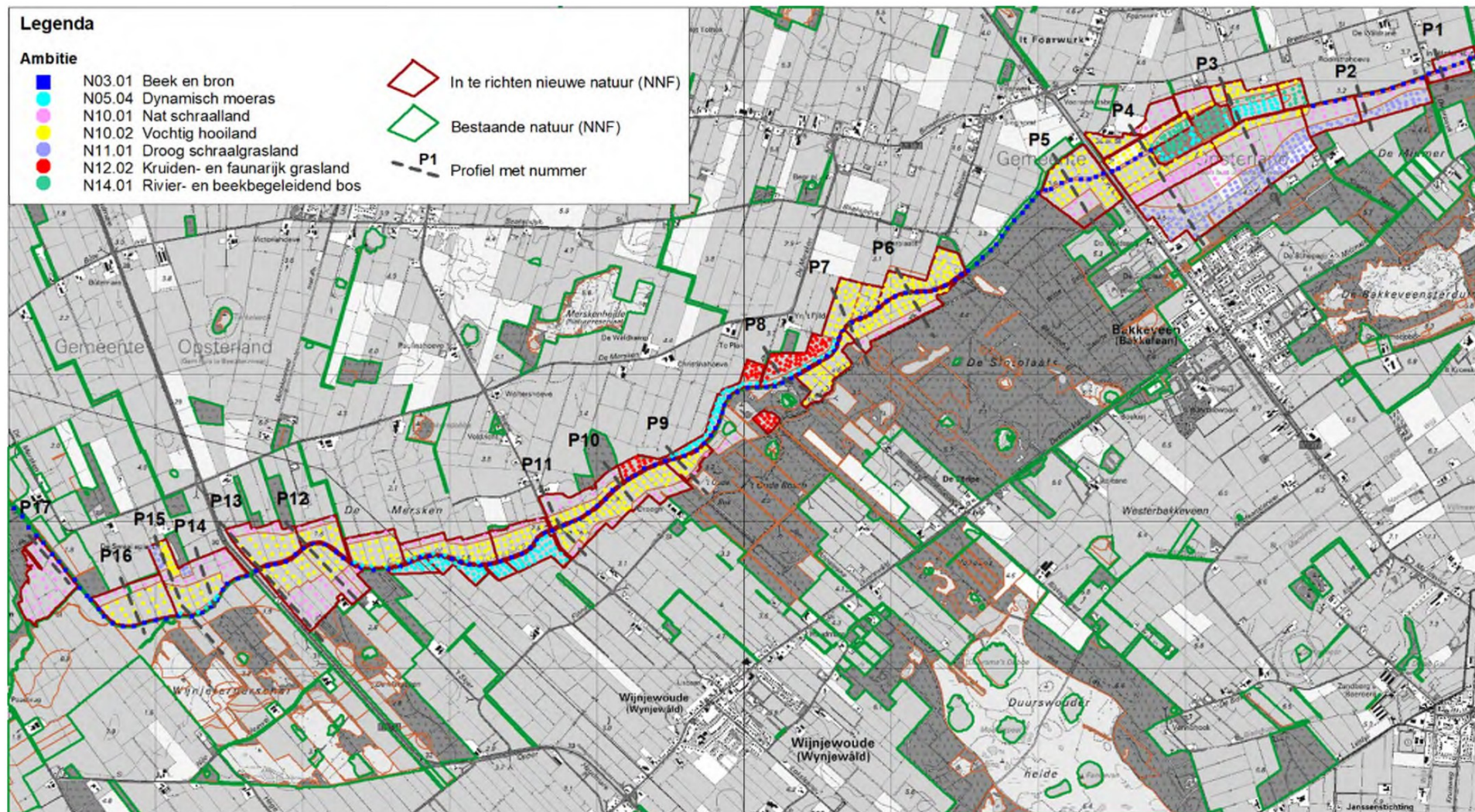
- 1) Opm Provincie: Op zandige gronden is genoemde GLG voor veengronden te kritisch en wordt nooit gehaald. Dit zijn per definitie zwakke kwelgebieden, anders waren het wel moerige gronden/veengronden. (De blauwgraslanden op de flanken liggen vaak op eerdgronden.) En doordat het zwakke kwelgebieden zijn, zakken de standen verder uit. Ook in een vrij optimale whh-situatie. (mail provincie van 9 maart 2022)
- 2) Bron: N2000-beheerplan Binnenveld
- 3) Bron: tabel B-Ware via mail doorgestuurd door provincie (9 maart 2022): opmerking provincie = GLG's zijn te laag
- 4) Bron: N2000 beheerplan Strabrechtse heide
- 5) Bron: Bijlsma, R.J., S.P.J. van Delft, R. Loeb en R. Bobbink 2020. Kansen voor oude droge heide in het heidelandschap. Rapport nummer 2020/OBN240-DZ, VBNE, Driebergen
- 6) Bron: P.W.F.M. Hommel, R.H. Kemmers, E.P. Querner, R.W. de Waal; 2013. Herstel vogelkers-essenbos in het Lankheet; Resultaten van het OBN-onderzoek 2005-2010. Bosschap, bedrijfsschap voor bos en natuur, december 2013
- 7) Herstelstrategie H6410 blauwgrasland
- 8) Herstelstrategie H7140A (Inunderend tot zeer nat, aangevuld met nat) in combinatie met Runhaar, J., Jalink, M.H., Hunneman, H., Witte, J.P.M., Hennekens, S.M., 2009. Ecologische vereisten habitattypen.
- 9) Bron: BIJ12

Voor de toetsing van natuurdoelen is gebruik gemaakt van de ambitie uit het beheerplan van de provincie Fryslân en een GIS-analyse met de modelmatig berekende GHG en GLG. Er heeft geen toetsing op de kwel plaatsgevonden. De natuurdoeltypen zijn daarvoor verder geconcretiseerd tot de doelen voor de GHG en GLG zoals weergegeven in Tabel 2-2. Met de provincie is verder afgesproken dat te hoge grondwaterstanden voor de natuurdoelen als minder problematisch worden beschouwd dan te lage grondwaterstanden. Wanneer de werkelijke GxG natter of droger zijn dan gewenst voor het betreffende natuurdoeltype, kan er mogelijk wel een ander natuurdoeltype worden bereikt. Hierbij geldt wel dat de GxG voor zowel de GHG als de GLG moet voldoen aan de eisen. Er is geen gebruik gemaakt van de Waterwijzer-natuur, omdat de bandbreedte daarin smal is, en mede in relatie tot de modelonzekerheid tot een foutieve beoordeling kan leiden.

Tabel 2-2: Uitwerking gebruikt grondwaterregime (cm -mv.)

Natuurdoeltype		GHG	GLG
		cm mv	cm mv
Beek en bron	N03.01	+20 tot -20	+10 tot -30
Dynamisch moeras	N05.04	+20 tot -20	+10 tot -30
Vochtige heide	N06.04	+10 tot -20	-20 tot -40 (-50 suboptimaal)
Nat schraalland	N10.01	0 tot -25	-20 tot -40 (-50 suboptimaal)
Vochtig hooiland	N10.02	+20 tot -20	-30 tot -50 (-60 suboptimaal)
Droog schraalgrasland	N11.01	0 tot -25	-40 tot -60 (-120 suboptimaal)
Kruiden- en faunarijk grasland	N12.02	-20 tot -50	-50 tot -120
Rivier- en beekbegeleidend bos	N14.01	+10 tot -20	+10 tot -70
Dennen-, eiken- en beukenbos	N15.02	0 tot -50	-20 tot -200

De grondwaterstanden worden weergegeven in dwarsprofielen zoals weergegeven in Figuur 2-1. De punten voor deze profielen komen gedeeltelijk overeen met locaties waar in eerder onderzoek naar is gekeken door B-Ware. Daarnaast is in de toekomstige NNN een groot aantal punten geplaatst (ca. 1.400 stuks) voor een statistische analyse om inzicht te krijgen in hoeverre de gewenste natuurdoelen bereikt kunnen worden. Deze punten zijn eveneens weergegeven in de figuur.



Figuur 2-1 Overzicht van de toetslocaties (gekleurde puntjes) en ligging profielen voor de analyse van de ecologische effecten van de inzichtscenario's

2.2 Effecten op bebouwing en wegen

In het projectgebied zijn drie dorpen aanwezig, Bakkeveen, Wijnjewoude en Ureterp. Daarnaast zijn langs de wegen verschillende woningen aanwezig. Westelijk in het gebied loopt de N381. Langs de Bakkefeanster Feart loopt de hoofdweg Foarwurker Wei. Verder zijn vooral lokale wegen aanwezig.

Bij een verlaging van de freatische grondwaterstand onder de GLG kan bodemzetting optreden. Bij bebouwing kan deze bodemzetting tot schade leiden. De bodem in het projectgebied is overwegend zandig, met lokaal leemlagen. Zettingsgevoelige lagen, zoals klei en veen, komen in de nabijheid van het Koningsdiep in de deklaag voor. Er wordt getoetst of er een verlaging van de GLG plaatsvindt.

Bij een verhoging van de freatische grondwaterstand kan bij bebouwing wateroverlast optreden. Dit wordt getoetst aan de hand van de ontwateringsdiepte. Voor woningen wordt als richtlijn een GHG van tenminste 0,7 m -mv gehanteerd als criterium voor grondwateroverlast. Bij de Foarwurkerwei en de N381 wordt een GHG van tenminste 1,0 m -mv. aangehouden. Bij lokale wegen wordt, evenals bij woningen, 0,7 m -mv gehanteerd.

Voor de effecten van de scenario's wordt alleen gekeken naar de zones waar meer dan 5 cm verandering van de grondwaterstand berekend is.

2.3 Effecten op landbouw

Een groot deel van het plangebied betreft landbouwgronden. Binnen het stroomgebied van het Koningsdiep is gras het meest representatieve gewas. Snijmais is te vinden in de omgeving van Bakkeveen.

De berekende grondwaterdynamiek (GxG) (periode 2007-2014) wordt gebruikt als input om de gewasrespons als gevolg van veranderingen in de meteorologische en hydrologische omstandigheden te bepalen. De gewasrespons wordt gegeven als de relatieve opbrengstderving uitgedrukt als een percentage ten opzichte van de optimale opbrengst (100%). De opbrengstderving wordt weergegeven als nat-, droogte- en combinatie schade:

- Natschade verwijst aan de schade die hoofdzakelijk wordt veroorzaakt door te hoge GHG
- Droogteschade verwijst aan de schade die hoofdzakelijk wordt veroorzaakt door te lage GLG
- Combinatieschade, dit is de som van de nat- en droogteschade

De invloed van de maatregelen zal middels de Waterwijzer Landbouw (WWL) worden doorgerekend. De effecten zullen op perceelsniveau in beeld worden gebracht. In totaal ca. 520 percelen worden geanalyseerd. Als basisinvoer is gebruik gemaakt van de bodemfysische eenheden kaart (BOFEK2012), de berekende GxG (huidige situatie en inzichtscenario's) en de landgebruikkaart (LGN 2020, aangeleverd door de provincie Fryslân).

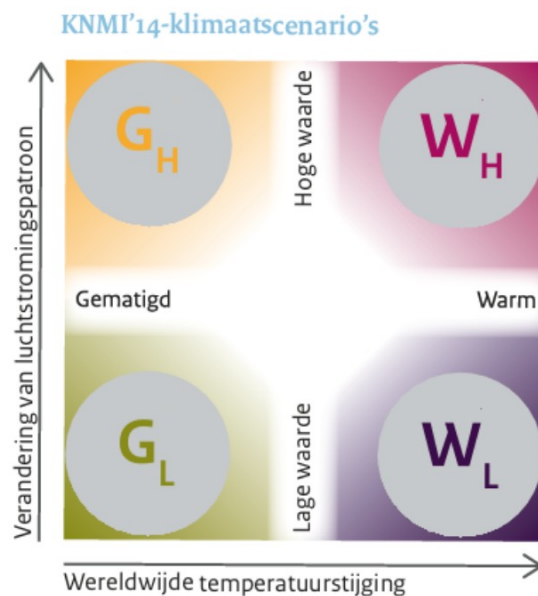
De opbrengsten uit de WWL-tabel zijn gebaseerd op het klimaat voor de periode 1981-2010. Dit heeft vooral betrekking op de temperatuur e.d. Met de WWL zijn langjarig gemiddelde opbrengstdervingen bepaald (combinatieschade) als ook afzonderlijke opbrengstdervingen door droogte- en natschade.

Het doel van de berekeningen in dit stadium is om in het MER een afweging voor de belangen van landbouw mee te kunnen nemen. In het vervolg zal nader onderzoek worden gedaan naar

eventuele gewenste maatregelen. In het stadium aansluitend op het MER wordt ook onderzocht wat het afkopen van schade zal kosten.

2.4 Klimaatverandering

In overleg met de provincie is bij aanvang van het onderzoek afgesproken dat er binnen dit onderzoek geen berekeningen met klimaatverandering worden uitgevoerd. De provincie heeft wel een brede studie uitgevoerd naar de te verwachten effecten van klimaatverandering op de grondwatersituatie. Hierbij zijn de veranderingen van de GHG en GLG bij de extreme scenario's G_H en W_H (zie Figuur 2-2) voor de tijdshorizon 2085 bepaald. De effecten zijn inclusief bodemdaling (buiten natuurgebieden).

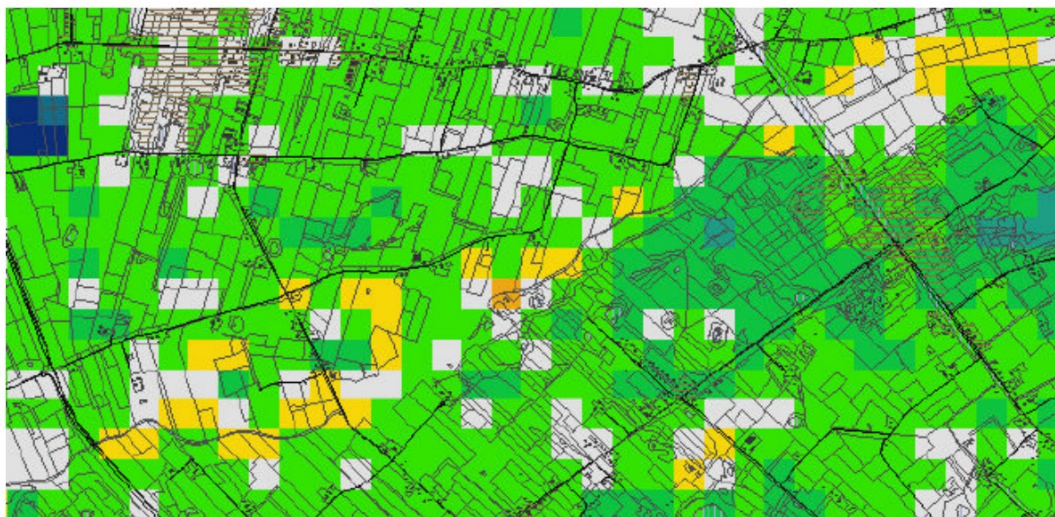


Figuur 2-2: Schematische weergave scenario's klimaatverandering (KNMI, 2014)

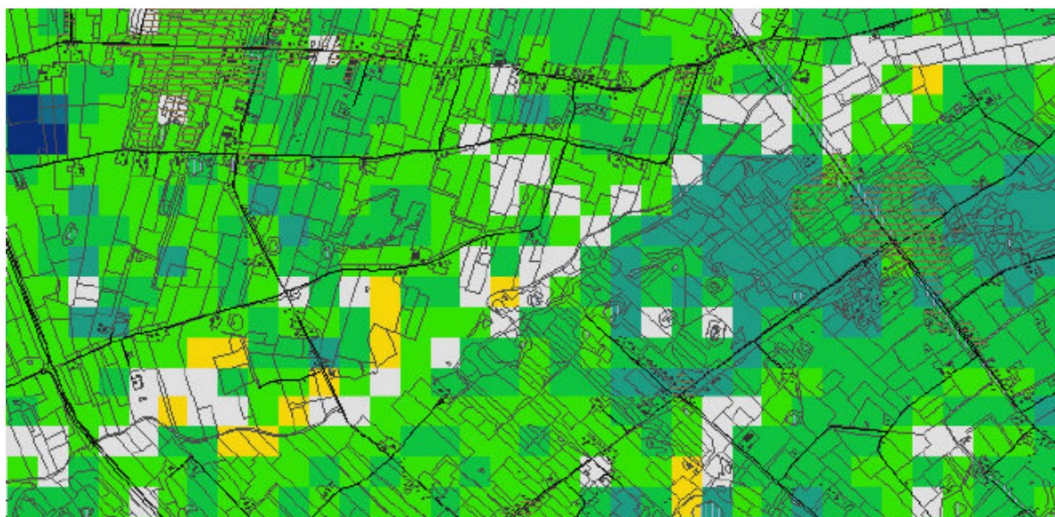
De resultaten voor het Koningsdiep zijn weergegeven in Figuur 2-3 t/m Figuur 2-6. De legenda bij deze figuren is weergegeven in Figuur 2-7.

Opvallend is dat bij de GHG in het beekdal er sprake is van een geringe verlaging, tot ca. 5 cm. Buiten het beekdal wordt een verhoging van de GHG verwacht. In gebieden met ontwateringsmiddelen is deze bij het G_H -scenario overwegend kleiner dan 5 cm. In gebieden zonder ontwateringsmiddelen is de verhoging van de GHG iets groter bij dit scenario, tot 10 à 20 cm. Bij het W_H -scenario zijn de effecten groter, respectievelijk tot 10 cm in gebieden met ontwateringsmiddelen en overwegend tot 20 cm bij gebieden zonder ontwateringsmiddelen.

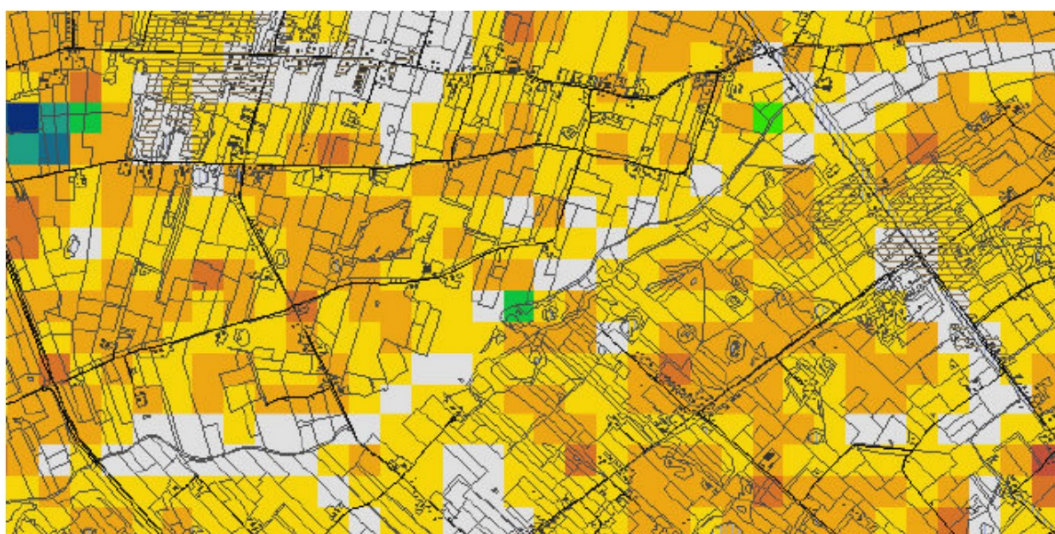
Bij de GLG is er vooral sprake van een verlaging van de grondwaterstanden als gevolg van de warmere en drogere zomers. Bij het G_H -scenario is de verlaging overwegend kleiner dan 10 cm. Bij het W_H -scenario zijn de effecten groter, in vrijwel het hele gebied is een verlaging van 10 tot 30 cm te verwachten.



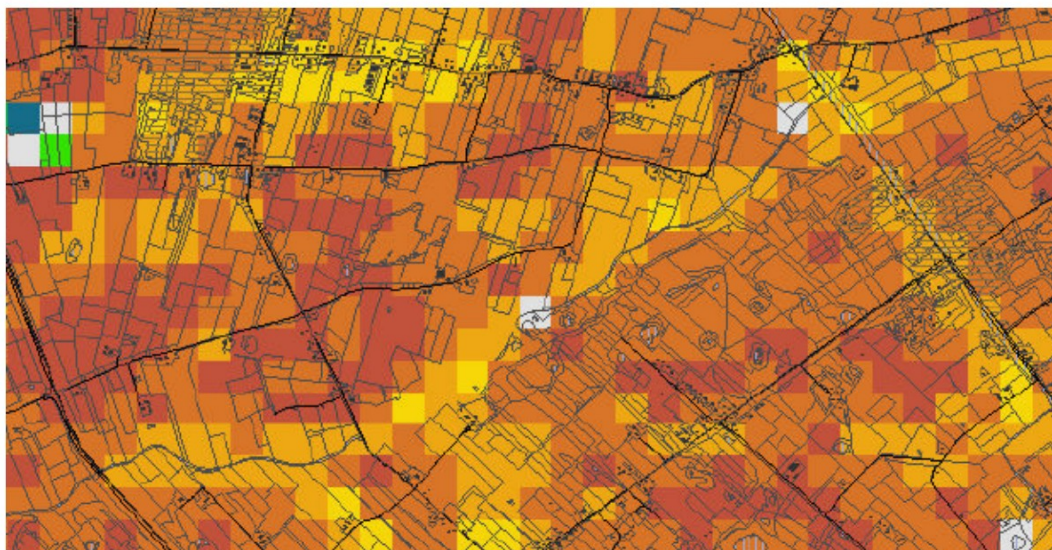
Figuur 2-3: Klimaatteffect GHG bij G_H-85



Figuur 2-4: Klimaatteffect GHG bij W_H-85



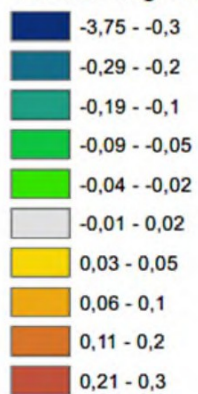
Figuur 2-5: Klimaatteffect GLG bij G_H-85



Figuur 2-6: Klimaateffect GLG bij W_H-85

Legenda

Verandering GxG (m)

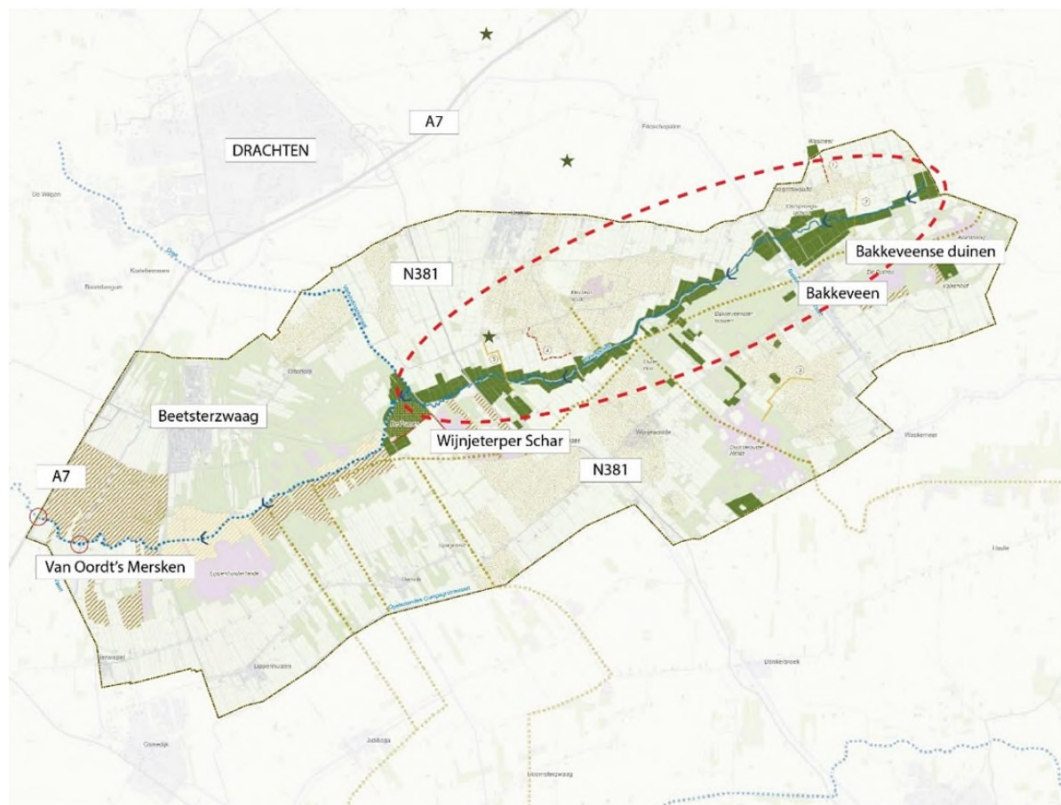


Figuur 2-7: Legenda bij Figuur 2-7 t/m Figuur 2-6, blauw is verhoging GxG, geel/oranje/rood is verlaging GxG

3 Beschrijving referentiesituatie

3.1 Gebiedsinrichting Koningsdiep

De provincie Fryslân werkt samen met de gebiedscommissie Koningsdiep, Wetterskip Fryslân, gemeente Opsterland, landbouw- en natuurorganisaties, grondeigenaren en bewoners aan de plannen voor de gebiedsinrichting Koningsdiep. Het projectgebied ligt rondom de beek Alddijp. Deze beek is in de omgeving ook wel bekend als Koningsdiep, Keningsdjip of Boarn(e).



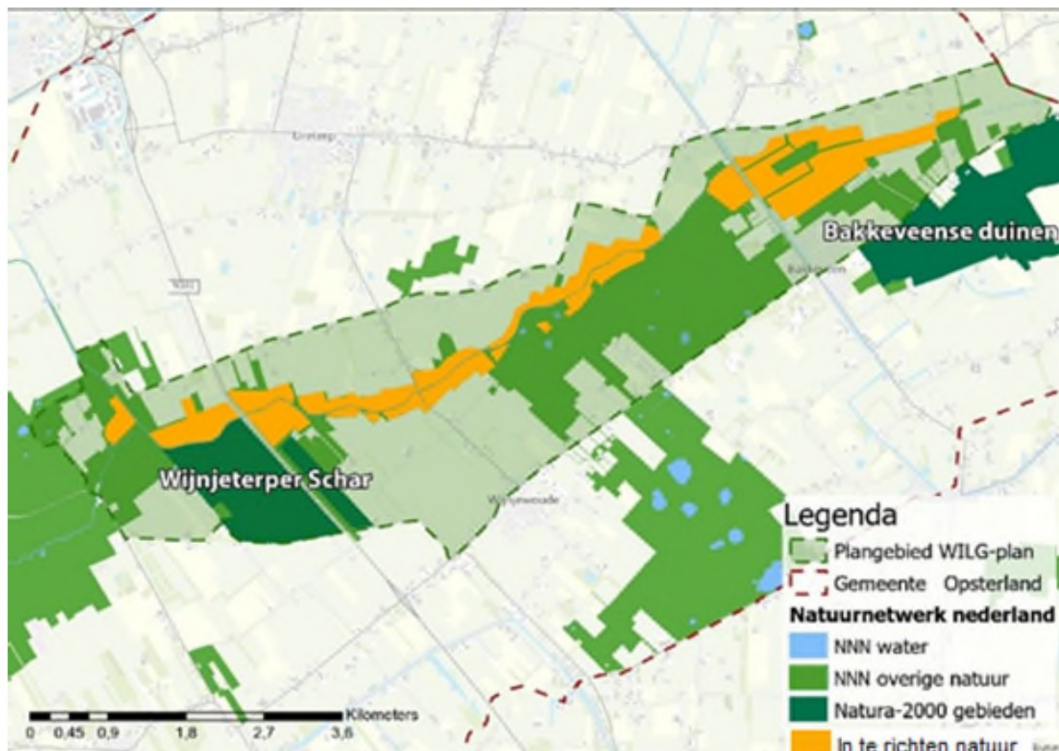
Figuur 3-1 Raamplan Landinrichting Koningsdiep (midden- en bovenloop zijn indicatief rood omcirkeld)

De officiële waternaam van het Koningsdiep is Alddijp. Met de naam Gebiedsinrichting Koningsdiep wordt bedoeld de herinrichting van de beekloop Alddijp en de flankerende gronden.

In 2004 is er een gebiedsvisie Koningsdiep opgesteld voor het gebied rondom het Alddijp. In het Raamplan Landinrichting Koningsdiep is dit in 2007 uitgewerkt tot een plan waarin doelstellingen, maatregelen, een globaal eindbeeld, de wijze van grondverwerving en een begroting staan. De kaart van het raamplan is weergegeven in Figuur 3-1. De twee grootste opgaven in dit plan zijn de realisatie van 500 hectare natuur voor Natuurnetwerk Nederland (NNN) en het beekdalherstel rondom het Alddijp.

Het raamplan wordt gerealiseerd door het uitvoeren van een aantal deelplannen, zogenoemde uitvoeringsmodules. Een uitvoeringsmodule bestaat uit een samenhangend pakket van maatregelen en voorzieningen, waarover overeenstemming bestaat met de betrokken instanties en waarvoor de financiën zijn geregeld en de benodigde gronden zijn verworven.

Het voorliggende rapport heeft vooral betrekking op de gebiedsinrichting van 350 hectare begrensde NNN-grond rondom de midden- en bovenloop van het Alddijp, het oranje gebied in Figuur 3-2.



Figuur 3-2 Plangebied met nieuwe te realiseren NNN rondom het Alddijp (oranje gebieden)

Naast de realisatie van 350 hectare nieuwe natuur (NNN) langs de midden- en bovenloop van het Alddijp wordt met de herinrichting van deze beek ook invulling gegeven aan de waterdoelen Kaderrichtlijn Water (KRW) met ruimte voor waterberging (WB 21).

3.2 Grondwater en geohydrologie

3.2.1 Geohydrologische opbouw

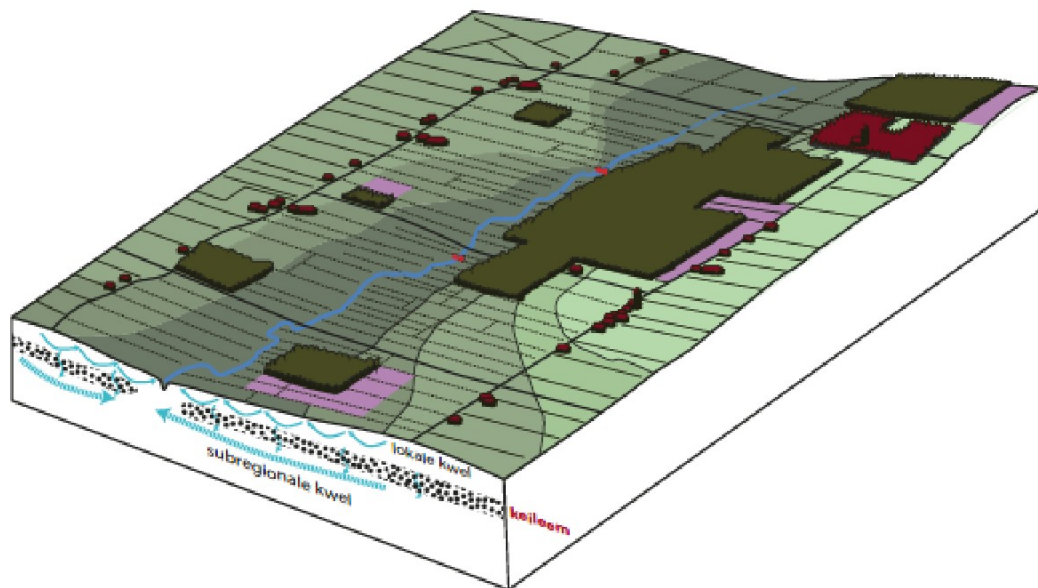
De onderstaande beschrijving van de geohydrologische opbouw is deels gebaseerd op de Watersysteemanalyse Koningsdiep die in 2015 door Ecofide is opgesteld [4]. Voor een meer uitgebreide toelichting wordt verwezen naar die rapportage. Daarnaast zijn ook andere bronnen en beschrijvingen gebruikt.

In Figuur 3-3 is een globale weergave van het Koningsdiep opgenomen. Het beekdal van het Alddijp is langgerekt en vrij smal. De beek stroomt in westelijke richting af. Het stroomgebied van het Koningsdiep beslaat ongeveer 6.000 ha.

Een belangrijke factor in de geohydrologische opbouw is de keileemlaag, die overwegend afloopt in de richting van het Alddijp. Het keileem is nagenoeg weggeërodeerd.

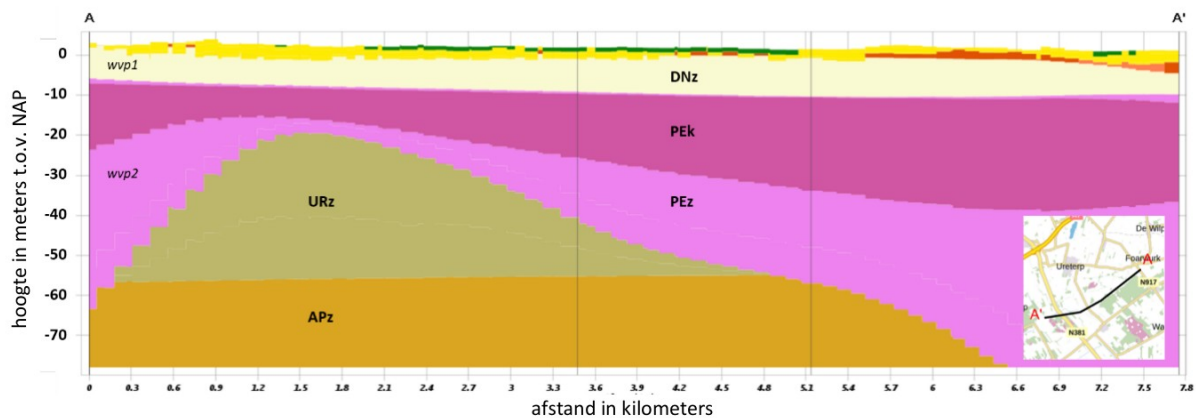
Op de keileemlaag liggen op de flanken dekzanden en in het beekdal fluvioperiglaciale afzettingen, beide van de formatie van Twente. Dit betreffen vooral zandafzettingen. In het beekdal komen ook veenafzettingen voor.

Deze ondiepe afzettingen zijn van groot belang voor de (lokale) grondwaterstanden. Neerslag die op de flanken infiltreert, treedt in het beekdal uit als lokale kwel.

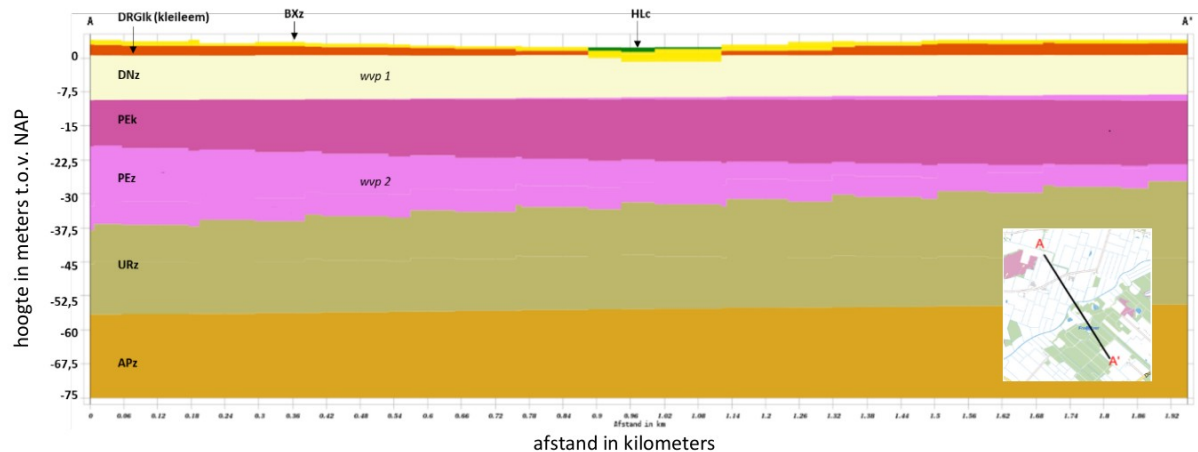


Figuur 3-3: Indicatieve weergave plangebied

In Figuur 3-4 en Figuur 3-5 is de diepere geohydrologische opbouw in twee doorsneden weergegeven. Het betreft hierbij een doorsnede van het REGIS II-ondergrondmodel. Het eerste watervoerende pakket (wvp), onder de keileemlaag en de dekzanden, bestaat uit de grove zanden van de formatie van Drachten (DNz) en heeft een dikte van ca. 7 m. Het doorlaatvermogen (kD) van het wvp1 ligt tussen 25 en 50 m²/d. Hieronder ligt een dikke laag (pot)klei van de formatie van Peelo (PEk) met een weerstand van 500-1.000 dagen in het projectgebied. Het tweede watervoerende pakket, bestaande uit Peelo zand (PEz), Urk zand (URz), Appelscha (APz) is door deze weerstandslaag niet van belang voor dit onderzoek.



Figuur 3-4 Geohydrologische opbouw in een lengteprofiel langs het Koningsdiep. (bron: REGIS II-ondergrondmodel).



Figuur 3-5: Geohydrologische opbouw (bron: REGIS II v2.2)

3.2.2 Grondwaterstanden

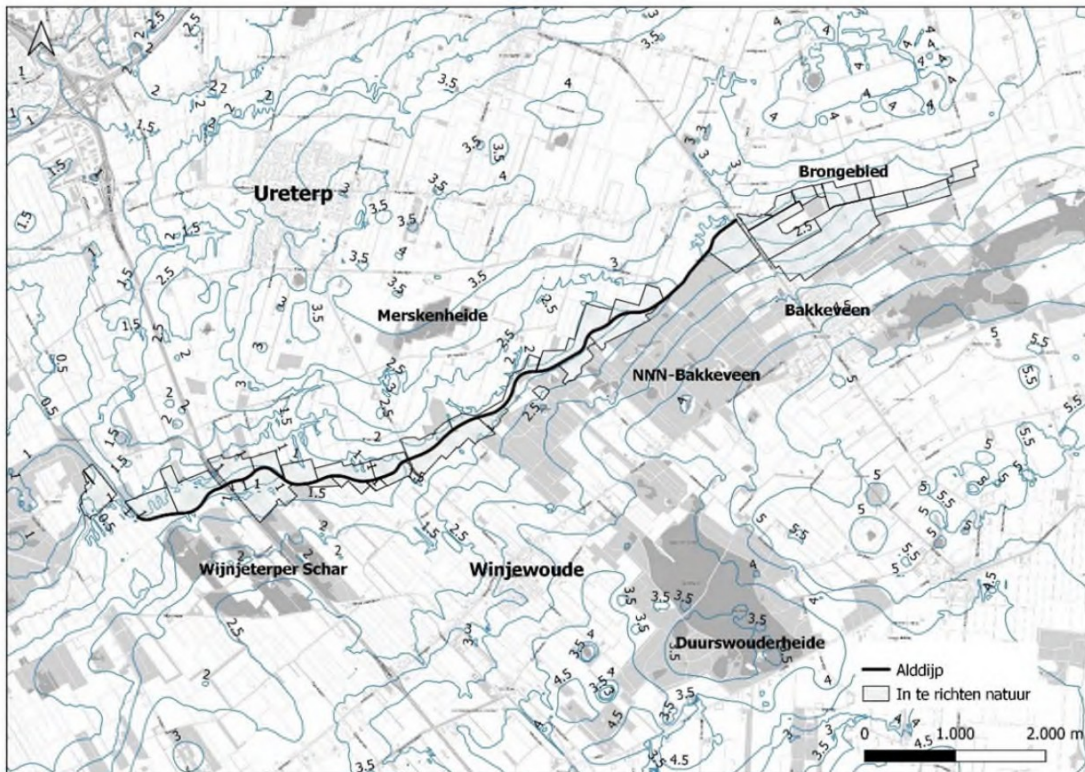
De grondwaterstanden (referentiesituatie) zijn gesimuleerd met het iMOD-model voor het Koningsdiep, zoals toegelicht is in bijlage 1. De doorgerekende modelperiode is 2005 t/m 2014. De gepresenteerde resultaten betreffen de periode 2007 t/m 2014, een invloed door de beginsituatie is daardoor verwaarloosbaar.

Voor de bepaling van de GxG is de tool gebruikt die onderdeel is van iMOD V4.2.1. Hierbij worden voor de GHG en GLG ieder hydrologisch jaar (april t/m maart) per cel de 3 hoogste en laagste grondwaterstanden berekend van de gegevens van 14^e en 28^e van iedere maand. De GHG en GLG zijn vervolgens het gemiddelde van deze waarden. De GVG wordt berekend als het gemiddelde van 14 maart, 28 maart en 14 april van de rekenperiode. De gemiddelde grondwaterstand (GG) wordt per cel berekend als het gemiddelde van alle waarden van de 14^e en 28^e van iedere maand in de modelperiode.

Grondwaterstroming

De regionale grondwaterstroming is in Figuur 3-6 weergegeven voor het eerste watervoerende pakket (wvp1). De stroming is globaal van oost naar west. Het Alddijp snijdt in het isohypsenpatroon in door de drainerende werking die de waterloop heeft. Noordelijk van het Alddijp liggen de grondwaterstanden ook iets lager dan zuidelijk ervan.

In de GHG-situatie varieert de grondwaterstand in het beekdal tussen NAP +1,0 m in het westen en +2,7 m in het oosten. De GLG ligt volgens het grondwatermodel in de directe omgeving van het Alddijp 0,3 tot 0,5 m onder de GHG. Op enige afstand vanaf het Alddijp is het verschil iets groter, tot ca. 0,8 m. Opgemerkt wordt dat het model de GLG iets hoger berekent dan in werkelijkheid het geval is, zoals in bijlage 1 is toegelicht. In de werkgroep is geconcludeerd dat het resultaat voldoende goed is, een aanvullende kalibratie is niet noodzakelijk. De afwijking in de GLG houdt in dat het verschil tussen de GHG en de GLG iets groter zal zijn dan berekend is.



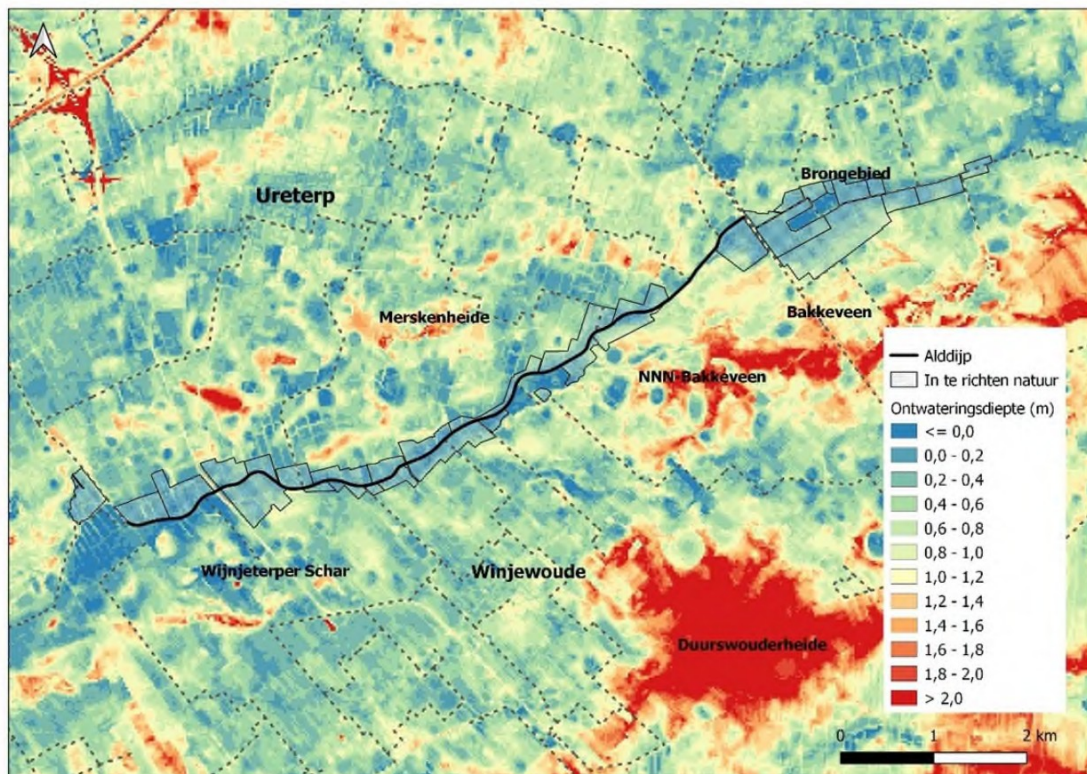
Figuur 3-6 Isohypsens van WVP1 referentiesituatie voor de gemiddelde grondwaterstand (periode 2007-2014)

Ontwateringsdiepte

De ontwateringsdiepte is het verschil tussen de maaiveldhoogte en de grondwaterstand. Voor bebouwing wordt normaal gesproken aan de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) getoetst. De drooglegging is het verschil tussen het oppervlaktewaterpeil en de maaiveldhoogte.

Bij ander grondgebruik dan bebouwing is de diepte van de grondwaterstanden onder maaiveld eveneens van belang, hoewel hiervoor zelden de term 'ontwateringsdiepte' wordt gebruikt.

In Figuur 3-7 is de GHG in meter onder maaiveld getoond. In bijlage 3 zijn de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld voor de GLG en GVG te vinden. Uit de figuur blijkt dat de grondwaterstanden bij de GHG langs de beek over het algemeen dicht onder of zelfs boven maaiveld liggen. Op enige afstand van de beek ligt de GHG tot ca. 1 m -mv. Bij (oude) waterlopen ligt de GHG vaak weer wat dicht bij maaiveld. Op enkele plaatsen waar het maaiveld relatief hoog ligt, is de ontwateringsdiepte groot. Een uitzondering vormt het natuurgebied Duurswouderheide ten westen van Wijnjewoude. Hier is er volgens het model sprake van een grote ontwateringsdiepte. Dit komt echter niet overeen met de werkelijkheid door het schijngrondwatersysteem, wat nog slecht te modeleren is.

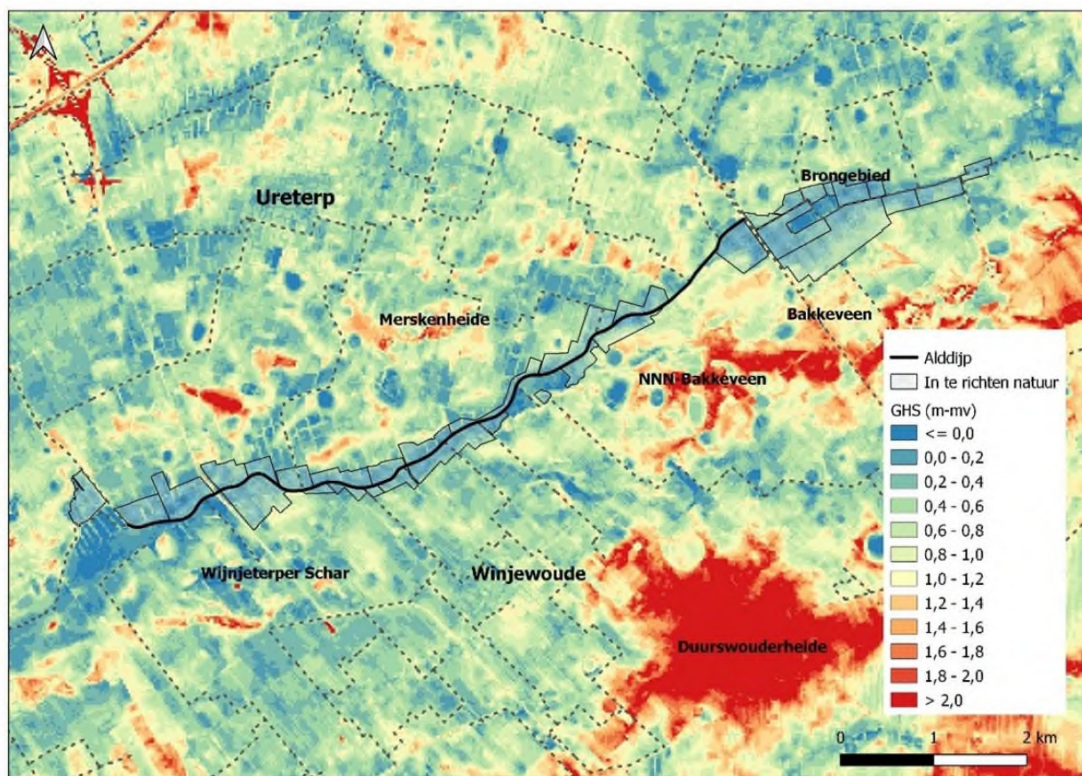


Figuur 3-7 Ontwateringsdiepte 'Referentiesituatie' bij een wintersituatie (GHG)

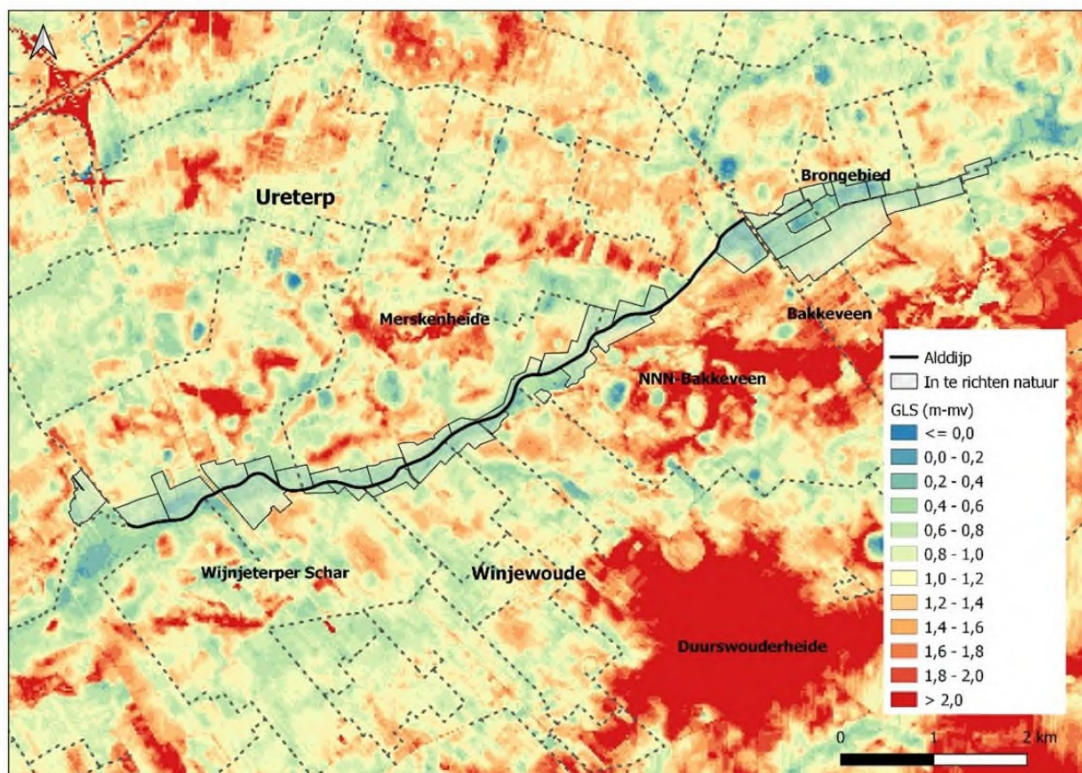
3.2.3 Stijghoogten

Voor het optreden van kwel zijn ook de stijghoogten van belang. De stijghoogten in het eerste watervoerende pakket (modellaag 2) zijn op dezelfde manier bewerkt als de freatische grondwaterstanden. De resultaten worden echter met een S van stijghoogte aangeduid in plaats van een G van grondwaterstand, dus GHS en GLS.

De berekende GHS en GLS zijn weergegeven in Figuur 3-8 en Figuur 3-9. Bij de GHS liggen de stijghoogten nabij het Alddijp ook dicht bij het maaiveld, evenals bij de GHG. De GLS ligt over het algemeen 0,5 tot 0,75 m lager dan de GHS.



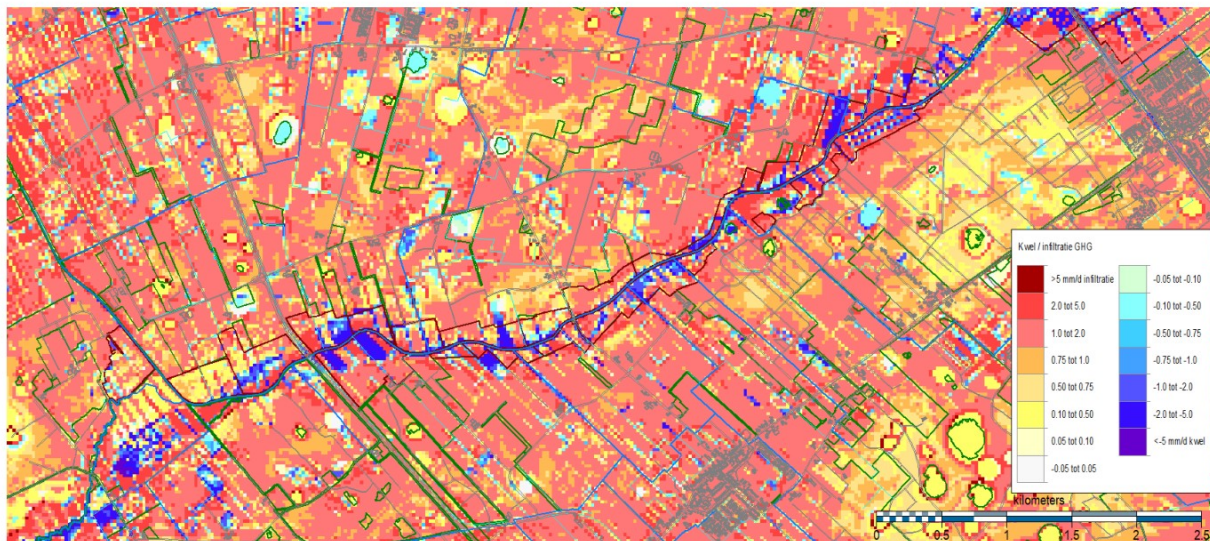
Figuur 3-8 Berekende GHS (in m onder maaiveld) voor het eerste watervoerende pakket (laag 2)



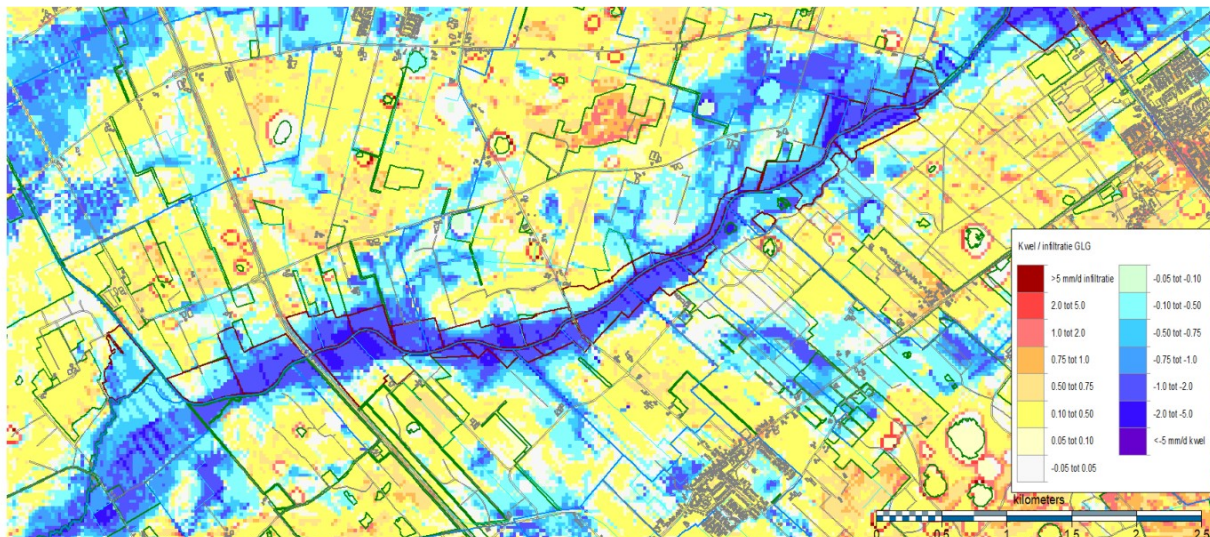
Figuur 3-9 Berekende GLS (in m onder maaiveld) voor het eerste watervoerende pakket (laag 2)

3.2.4 Kwel

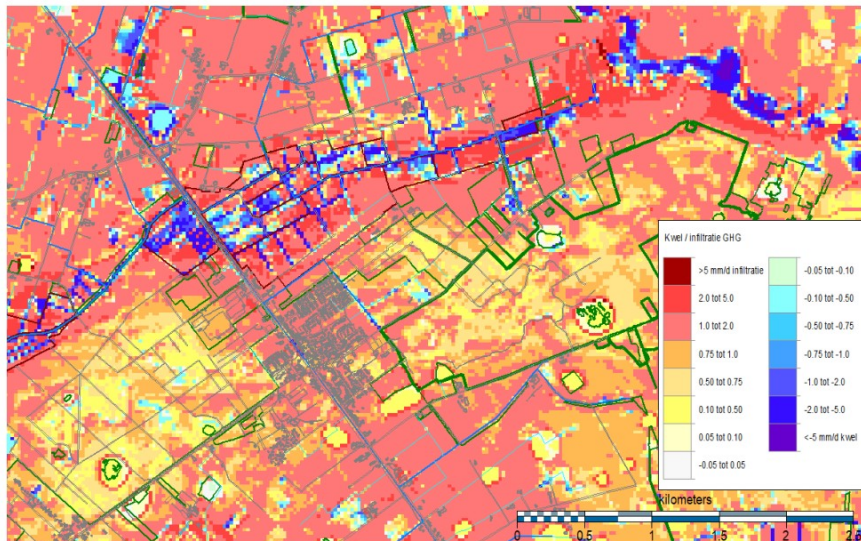
In het beekdal van het Alddijp treedt kwel uit door aanvoer van regionaal grondwater. Lokale verschillen in keileemvoorkomens e.d. geven een verschil in de situatie. De kwel- en infiltratiegebieden binnen het projectgebied Koningsdiep zijn voor de GHG-situatie weergegeven in Figuur 3-10 en Figuur 3-12. De GLG-situatie is weergegeven in Figuur 3-11 en Figuur 3-13. In deze figuren is de kwel tussen het eerste watervoerende pakket (modellaag 2) en de deklaag (modellaag 1) weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat kwelgebieden vooral in het beekdal van het Alddijp liggen. In het Brongebied (noordoostelijk van de Bakkefeanster Feart) wordt bij de GHG een gemiddelde kwel van 2 mm/dag berekend terwijl in de omgeving van het natuurgebied Wijnjeterper Schar een kwel tot 4 mm/dag wordt waargenomen. Bij de GLG is de grootte van de kwel iets kleiner, 1 à 2 mm/d. Deze kwel is met name bij de GHG in sterke mate naar de waterlopen gericht. Bij de GLG treedt de kwel in een bredere zone op, ook buiten de waterlopen.



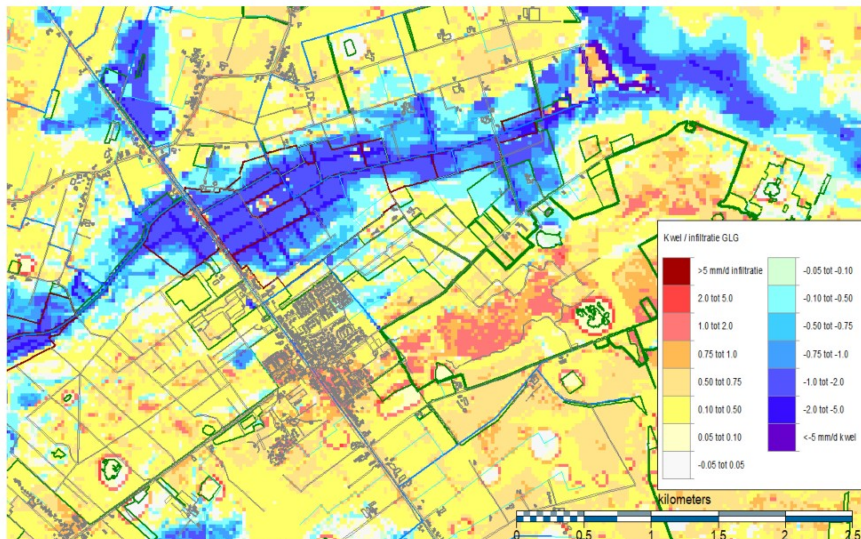
Figuur 3-10: Kwel- en infiltratieflux GHG-situatie in mm/dag tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, westelijk deel (oranje-rood: infiltratie, groen-blauw: kwel)



Figuur 3-11 Kwel- en infiltratieflux GLG-situatie in mm/dag tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, westelijk deel (oranje-rood: infiltratie, groen-blauw: kwel)



Figuur 3-12 Kwel- en infiltratieflux GHG-situatie in mm/dag tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, brongebied (oranje-rood: infiltratie, groen-blauw: kwel)



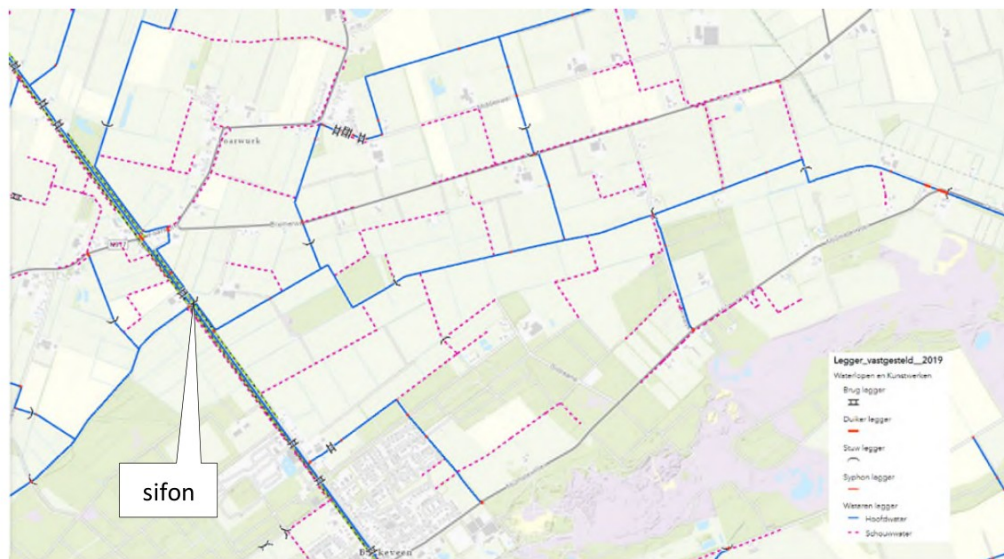
Figuur 3-13 Kwel- en infiltratieflux GLG-situatie in mm/dag tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, brongebied (oranje-rood: infiltratie, groen-blauw: kwel)

De kwel vanuit het watervoerende pakket onder de keileemlaag (modellaag 4) naar de deklaag is eveneens berekend. Deze waarden hebben een grote overeenkomst met de hiervoor getoonde kwel. In bijlage 6 zijn de figuren voor beide kwelsituaties opgenomen.

De kwel heeft een goede kwaliteit, die gunstig is voor de natuur. Om deze reden zou een grotere wateraanvoer naar de natuurgebieden buiten de waterlopen beter zijn voor de natuur.

3.3 Oppervlaktewater

Het plangebied bestaat uit een gebied ten noordoosten van de Bakkefeanster Feart (Brongebied), en het Koningsdiep tussen de Bakkefeanster Feart en de Poasen. Het brongebied is weergegeven in Figuur 3-14. In het brongebied zijn meerdere stuwen aanwezig. Het traject tussen de Bakkefeanster Feart en de Poasen staat in verbinding met het Brongebied gebied via een duiker (sifon) onder de Foarwurker Wei.

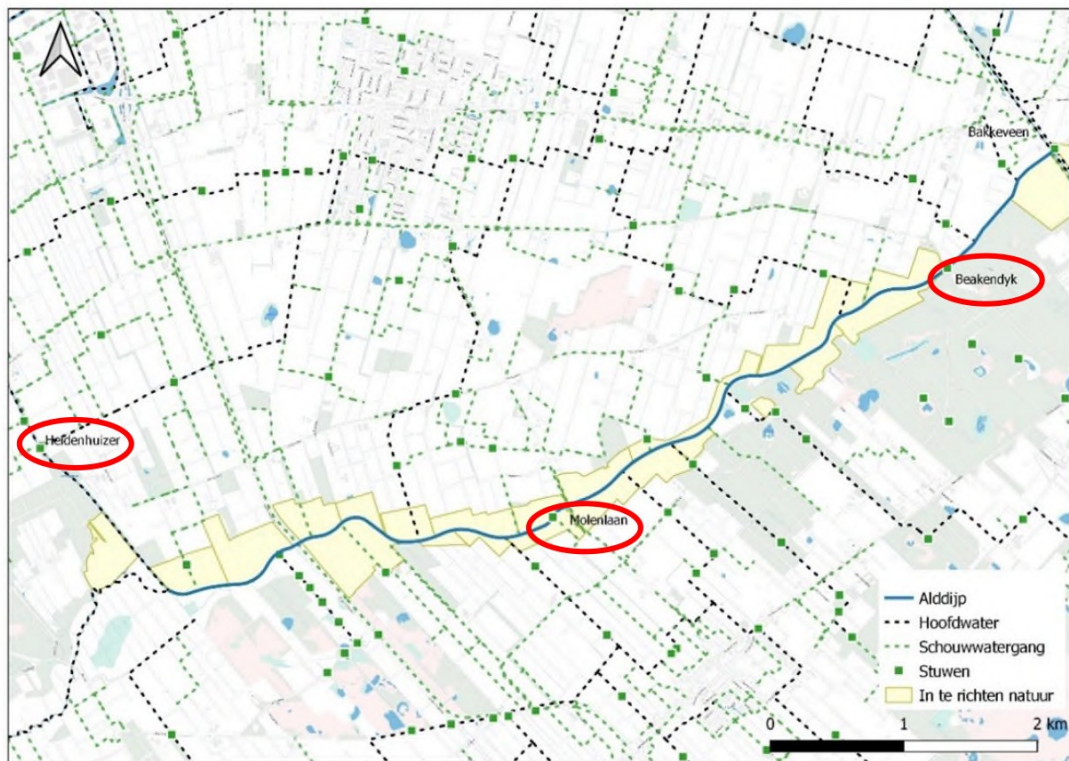


Figuur 3-14: Oppervlaktewater in het Brongebied (bron: legger Wetterskip Fryslân)

In een groot deel van het stroomgebied van het Koningsdiep is sprake van wateraanvoer. Voor het noordoostelijk en oostelijk deel van het stroomgebied wordt dit vanaf Drachten, via o.a. de Bakkefeansterfeart aangevoerd. En voor het zuidwestelijke deel via de Opsterlandsche Compagnons-vaart bij Gorredijk.

Het gebied in de omgeving van Haulerwijk, het gebied rondom de kern Waskemeer en ook de kern van Bakkeveen wateren af via de Bakkefeanster Feart.

Vanwege het verhang van het beekdal van het Alddijp worden de waterstanden gestuurd door meerdere stuwen. Voor het hydrologische onderzoek zijn de stuwen Heidehuizen, Molenlaan (Mounleane) en Beakendyk van belang. Door de aanwezigheid van de stuwen in het Alddijp en verschillende stuwen in het stroomgebied is er geen sprake van vrije afstroming van water, en is de waterdiepte van het Alddijp jaarrond relatief groot. Het hoofdwatersysteem van het Koningsdiep is opgenomen in Figuur 3-15.



Figuur 3-15 Hoofdwatersysteem met stuwen in het Alddijp (omcirkeld) en nieuwe te realiseren NNN (lichtgeel) tussen de Bakkefeanster Fart en Heidehuizen (bron: Sobek-model)

Waterkwaliteit

De chemische toestand van het oppervlaktewater is gebaseerd op de ontwerp-factsheets voor de KRW. Tabel 3-1: geeft de ecologische toestand weer voor het Koningsdiep. Ten opzichte van 2015 is er overwegend sprake van een verbetering van de waterkwaliteit, maar een verdere verbetering is nog steeds noodzakelijk. Bij de ecologische parameters is het vooral onzeker of de doelen voor 'vis' behaald zullen worden. Daarnaast zijn er verschillende specifieke verontreinigende stoffen die de norm overschrijden, te weten enkele PAK, gewasbeschermingsmiddelen en metalen.

Hierbij geldt de volgende legenda:

	Biologie en Algemeen fysische chemie	Chemie en Specifieke verontreinigende stoffen
Blauw	Zeer goed 1)	Voldoet
Groen	Goed	-
Geel	Matig	-
Oranje	Ontoereikend	-
Rood	Slecht	Voldoet niet

1) Wordt niet gebruikt indien status sterk veranderd of kunstmatig.

Indien een oordeel ontbreekt is de betreffende cel niet gekleurd.

De aanduiding X geeft aan dat het betreffende toestandsoordeel niet afkomstig is uit Aquokit.

De aanduiding * geeft aan dat de verandering t.o.v. 2015 (grotendeels) een gevolg is van de methode.

Tabel 3-1: Ecologische toestand KRW (bron: Ontwerp-factsheets KRW Fryslân, 2022-2027)

Biologie	GEP	Toestand			Doel- bereik 2027
		2009	2015	2020	
Macrofauna (EKR)	≥ 0,30	X			vrijwel zeker
Overige waterflora (EKR)	≥ 0,60	X			vrijwel zeker
Vis (EKR)	≥ 0,20	X			onzeker
Fytoplankton (EKR)	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT

Algemeen fysische chemie

Fosfor totaal (zgm) (mg P/l)	≤ 0,11	X			onzeker
Stikstof totaal (zgm) (mg N/l)	≤ 2,30	X			vrijwel zeker
DIN (winterperiode) (mg N/l)	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT
Zoutgehalte (zgm) (mg Cl/l)	≤ 150	X			vrijwel zeker
Temperatuur (max. waarde) (gr.C)	≤ 25,0	X			vrijwel zeker
Zuurgraad (zgm) (-)	5,5 - 8,5	X			vrijwel zeker
Zuurstofverzadiging(sgraad)(zgm) (%)	70 - 120	X			redelijk zeker
Doorzicht (zgm) (m)	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT

Specifieke verontreinigende stoffen die de norm overschrijden	Toestand			Doelbereik 2027
	2009	2015	2020	
benzo(a)antraceen	X			onzeker
imidacloprid				onzeker
kobalt				onzeker
pyridaben				onzeker
zilver				onzeker
zink	X			onzeker

Totaaloordeel		Toestand 2009	Toestand 2015	Toestand 2020
Chemie	Chemie totaal	X		X
	Ubiquitaire stoffen			X
	Niet-Ubiquitaire stoffen			X
Ecologie	Ecologie totaal	X		
	Biologie totaal	X		
	Fysische chemie	X		
	Specifieke verontreinigende stoffen	X		

Typering Koningsdiep vanuit KRW ecologische sleutelfactoren

De beschouwing van ecologische waarden is opgenomen in het rapport 'Watersysteemanalyse Koningsdiep, op basis van ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren'. Voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) is het Koningsdiep geclassificeerd als watertype R5: langzaam stromende middenloop/benedenloop op zand.

Tabel 3-2: Karakterisering wateren type R5 (bron: STOWA, 2018)

	eenheid	Range
Verhang	m/km	<1
Stroomsnelheid	cm/s	<50
Breedte	m	3-8
Oppervlak stroomgebied	km ²	10-100

Uit de gebiedsanalyse blijkt dat om dit doeltype te bereiken een grootschalige verandering van landgebruik nodig is. Zelfs met deze veranderingen is de haalbaarheid van het doel nog steeds onzeker.

Tijdens de analyse werden twee belangrijke knelpunten geïdentificeerd:

- De afwatering, en vooral de lage afvoeren in de zomerperiode;
- Het kleine verval.

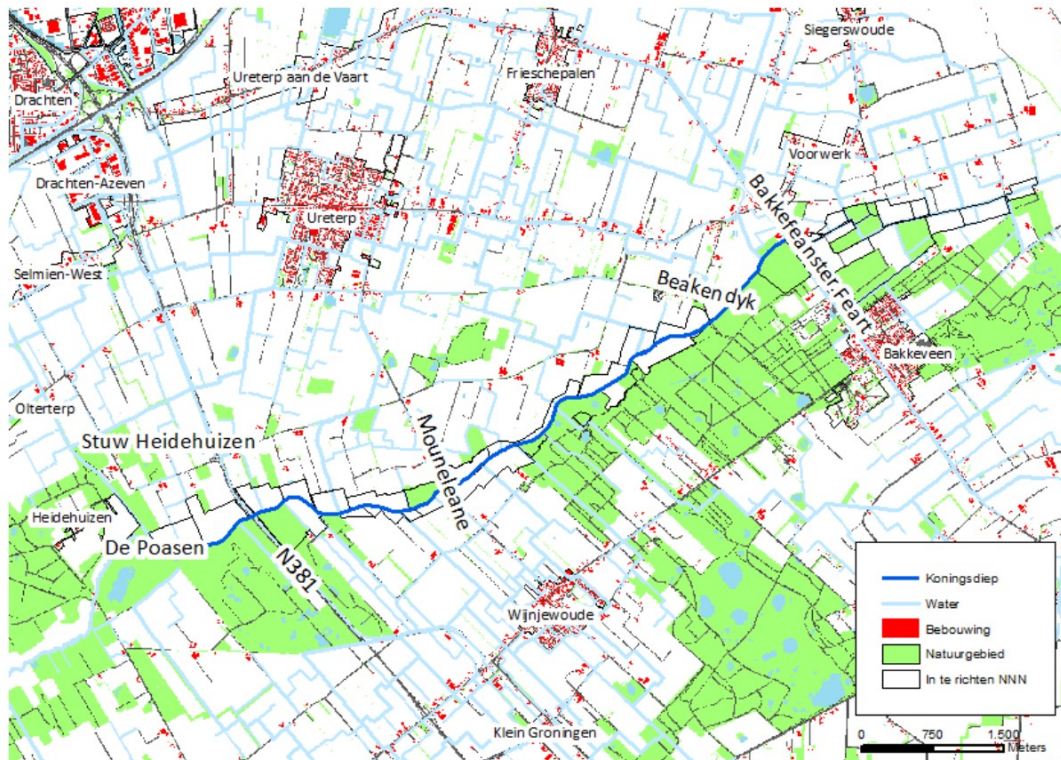
Beide zijn onvoldoende om een voldoende toename van stroomsnelheden met bijbehorende morfologische processen te bereiken.

3.4 Landgebruik

Het landgebruik in het stroomgebied van het Koningsdiep is, naast natuur, voornamelijk agrarisch. In de omgeving van het Koningsdiep is beperkt bebouwing aanwezig. De dichtstbijzijnde woonkernen zijn Bakkeveen, Ureterp, Wijnjewoude en Beetsterzwaag. Ze zijn gelegen aan de rand van het beekdal.

In het stroomgebied van het Koningsdiep is verder een aanzienlijk deel van het gebied in gebruik als natuurgebied. De natuurgebieden Bakkeveense Duinen, Wijnjeterper Schar zijn onderdeel van het Natura-2000-netwerk. Daarnaast zijn de Duurswouderheide en Merskerheide een natuurgebied met heide en bos. Deze gebieden zijn in beheer van verschillende terreinbeheerders, en deels ook particulieren.

Figuur 3-16 geeft de ligging van het grondgebruik volgens het LGN 2020 (Landgebruik Nederland). De legenda is weergegeven in .



Figuur 3-16 Grondgebruik in de huidige situatie, niet ingekleurd is agrarisch gebied (bron: LGN 2020)

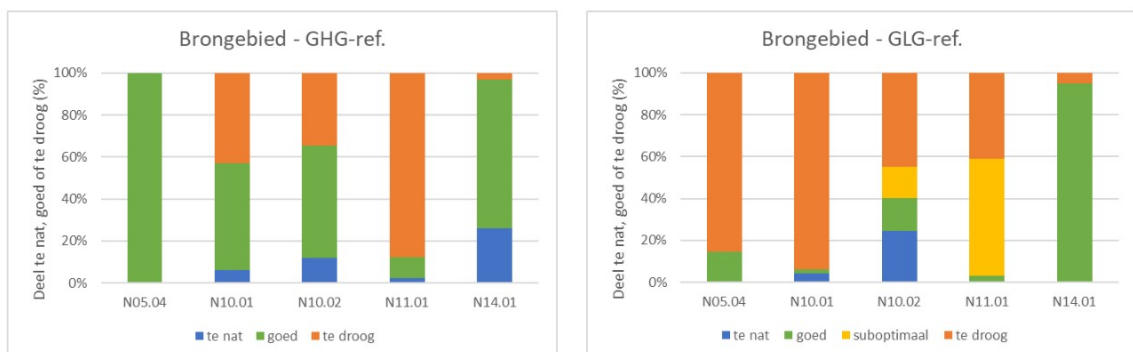
3.5 Mogelijkheden nieuwe NNN in de referentiesituatie

Met de methodiek zoals beschreven in paragraaf 2.1 is de situatie voor de gewenste nieuwe natuur in de referentiesituatie getoetst. Naast onderstaande toets op effecten op natuur is in par. 4.4 ook ingegaan op de effecten op natuur zoals getoond in de dwarsprofielen.

Onderstaand zijn de volgende deelgebieden onderscheiden:

- Brongebied, oostelijk van de Bakkefeanster feart,
- Traject Mounleane – Beakendyk,
- Traject De Poasen – Mounleane.

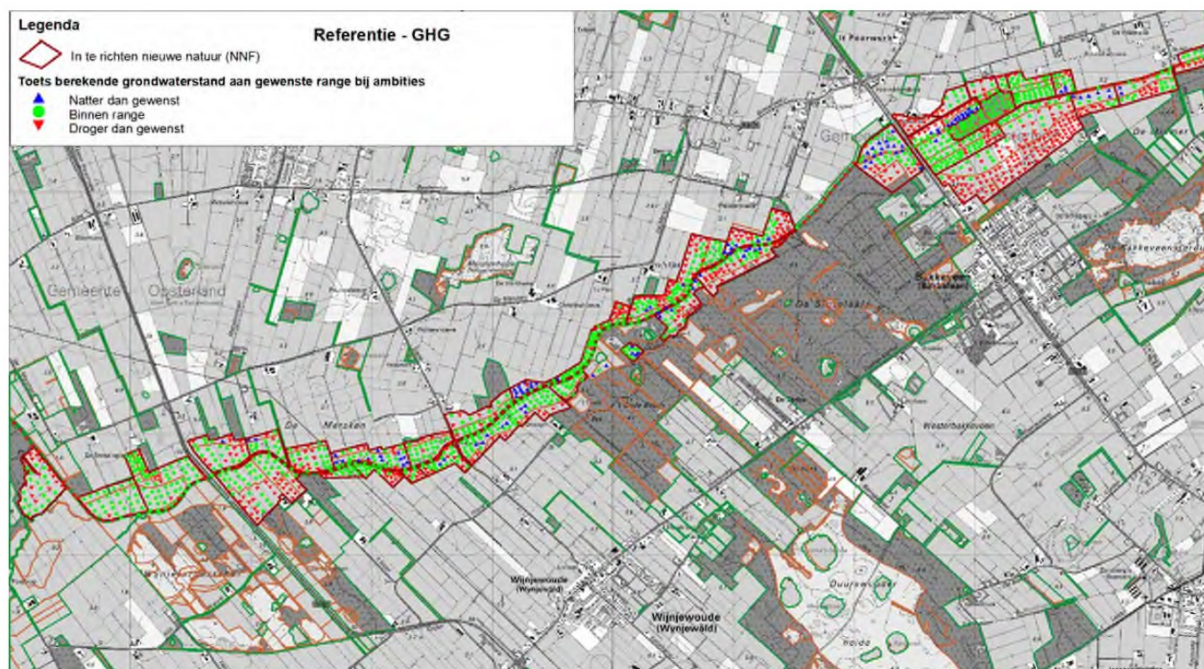
Waar de punten voldoen aan de GHG of GLG voor het gewenste natuurdoel, zijn deze groen weergegeven. Wanneer ze niet voldoen, zijn ze rood weergegeven. Bij de GLG zijn voor verschillende natuurdoelen ook 'suboptimale' condities opgenomen.



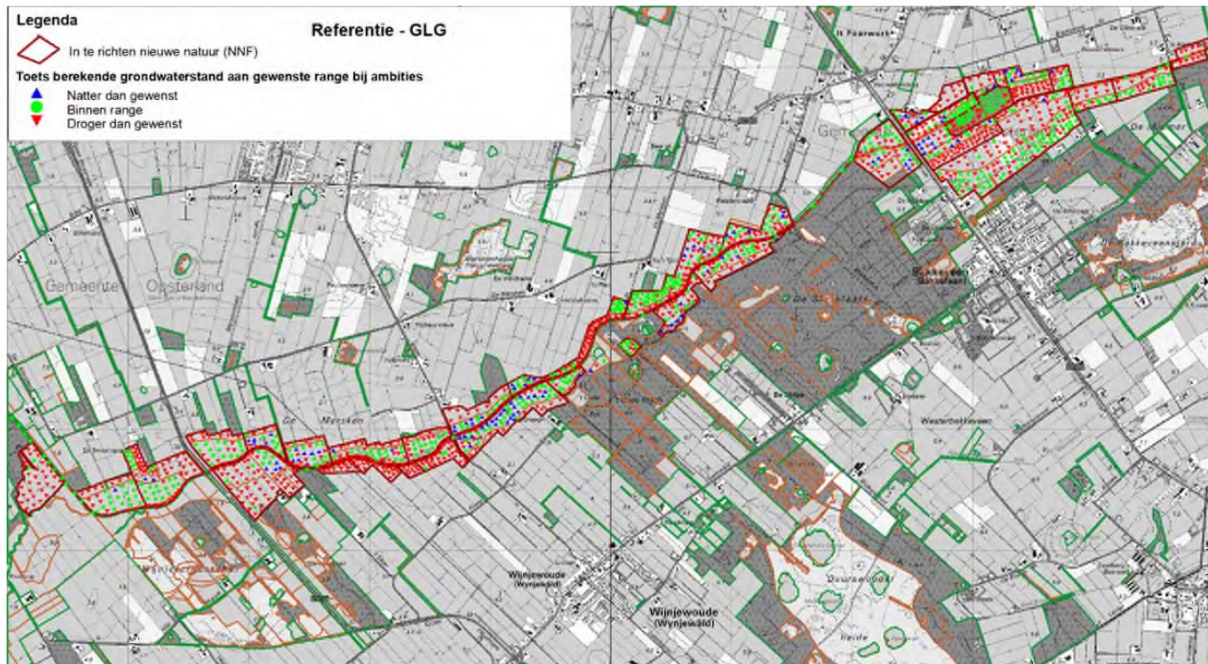


Figuur 3-17 Toets van de ambities voor natuur aan de GHG en GLG in de referentiesituatie. Per natuurdoeltype is aangegeven in hoeverre wordt voldaan aan de gewenste grondwaterstanden.

De resultaten van deze toetsing zijn ook ruimtelijk weergegeven in Figuur 3-18 en Figuur 3-19.



Figuur 3-18: Toets berekende GHG in de referentiesituatie aan de range voor de GHG bij de ambities voor nieuwe natuur



Figuur 3-19: Toets berekende GLG in de referentiesituatie aan de range voor de GLG bij de ambities voor nieuwe natuur

In het brongebied zijn de belangrijkste ambities N10.01 (nat schraalgrasland), N10.02 (vochtig hooiland) en N11.01 (droog schraalgrasland). Deze drie ambities omvatten samen ca. 80% van de oppervlakte van de NNN. Zichtbaar in Figuur 3-17 is dat voor deze drie doelen de GHG in 35% tot 90% lager ligt dan gewenst, hoewel de gewenste GHG ook bij 10% tot 55% van het gebied wordt bereikt. Bij ca. 40% tot 95% van deze gebieden ligt de GLG ook te laag, bij 15% tot 55% worden nog wel suboptimale omstandigheden bereikt. Geconcludeerd wordt dat in de referentiesituatie met name door de lage GLG deze natuurdoelen niet bereikt worden.

In het gebied tussen Beakendyk en Mounleane is N10.02 (vochtig hooiland) de belangrijkste ambitie, met ongeveer 60% van de oppervlakte. Kruiden- en faunarijck hooiland (N12.02) beslaat ongeveer 20% van de oppervlakte en dynamisch moeras (N05.04) ca. 12% van de oppervlakte. Uit Figuur 3-17 blijkt dat voor deze drie doelen de GHG in 60% tot 80% voldoet of te nat is. De GLG is bij dynamisch moeras veel te laag, en bij vochtig hooiland over een oppervlakte van ca. 40% te laag. Alleen bij kruidenrijk hooiland voldoet de GLG in het grootste deel van het gebied. Ook voor dit gebied wordt geconcludeerd dat vooral de GLG lager is dan gewenst.

Voor het gebied tussen Mounleane en De Poasen wordt vooral gestreefd naar vochtig hooiland (N10.02, 50%), dynamisch moeras (N05.04, 23%) en nat schraalland (N10.01, 24%). Over een zeer kleine oppervlakte (3%) wordt droog schraalgrasland (N11.01) gewenst. In de referentiesituatie wordt de GHG voor deze natuurdoeltypen voor 55% tot 80% bereikt of iets overschreden. De GLG ligt echter veel te laag, bij N05.04 en N10.01 wordt in hooguit 10% van de oppervlakte een (sub)optimale GLG bereikt. Alleen bij N10.02 wordt over 60% van de oppervlakte een (sub)optimale GLG bereikt. Ook voor dit gebied wordt geconcludeerd dat vooral de GLG lager is dan gewenst.

3.6 Toets opbrengstdepressies landbouw in de referentiesituatie

Zoals is toegelicht, is in de omgeving van het Koningsdiep veel landbouw aanwezig. Dit betreft hoofdzakelijk grasland. Met behulp van de Waterwijzer Landbouw (WWL) is de opbrengstderving

toegelicht, zoals beschreven in par. 2.3. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 4-14, Figuur 4-15 en Figuur 4-16.

Bij de analyse van de opbrengstderving is geconstateerd dat er geen resultaten worden berekend in maïspcelen. Op deze locaties geeft de WWL een foutmelding. Hoogstwaarschijnlijk zijn deze fouten het gevolg van de bodem- en landgebruik raster. Uit een vergelijking van de ligging van de maïspcelen met de kaart met veranderingen van de grondwaterstanden bij de beide scenario's, blijkt dat de maïspcelen vrijwel volledig buiten deze invloedsgebieden liggen. Hieruit volgt dat de opbrengstdepressies bij de maïspcelen niet of nauwelijks zullen veranderen. Voor de beoordeling van de scenario's zijn de maïspcelen dus niet van belang. Hierom is in overleg met de provincie Fryslân besloten om geen aanvullend werkstappen uit te voeren voor de maïspcelen.

Uit de figuren blijkt dat er in het beekdal van het Alddijp in de huidige situatie sprake is van natschade, met een opbrengstderving van 10% tot meer dan 20%. Ook buiten het beekdal zijn gebieden, vooral waar het maaiveld iets lager ligt, waar een opbrengstderving wordt berekend door natschade. Daarnaast zijn er enkele gebieden met een relatief hoog maaiveld, met name in de omgeving van Bakkeveen, waar er sprake is van droogteschade.

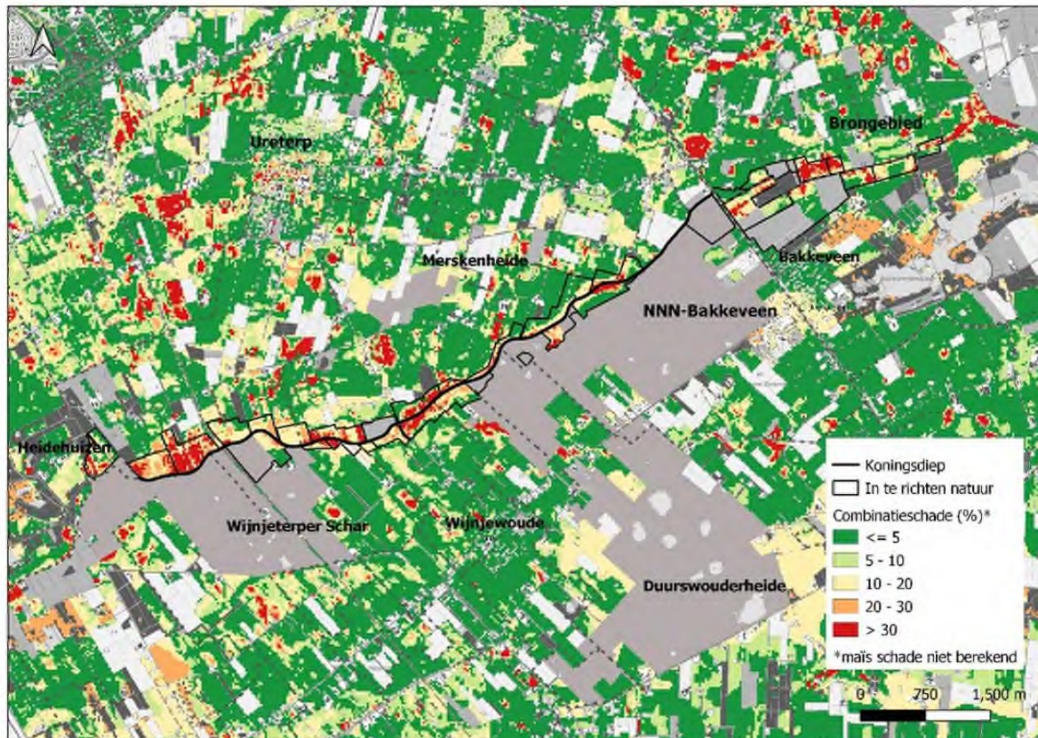
De oppervlaktes met de aangegeven opbrengstderving zijn opgenomen in Tabel 3-3 voor het onderzoeksgebied buiten de toekomstige NNN en in Tabel 3-4 voor de toekomstige NNN.

Tabel 3-3: Oppervlakte landbouw (in ha) met opbrengstderving in referentiesituatie – onderzoeksgebied buiten toekomstige NNN

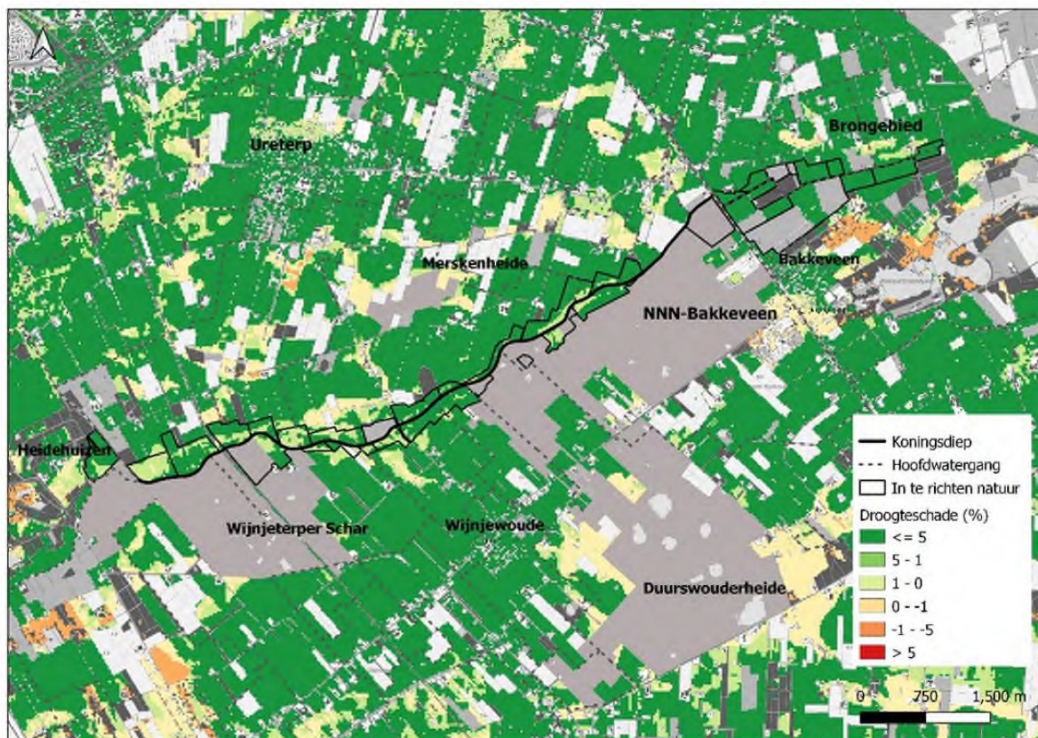
Opbrengstderving	Combinatieschade	Natschade	Droogteschade
<5%	4.598,5	6.398,4	5.713,9
5-10%	1.210,6	506,9	864,4
10-20%	1.201,7	390,9	813,2
20-30%	435,1	145,9	286,3
>30%	231,8	235,6	0

Tabel 3-4: Oppervlakte landbouw (in ha) met opbrengstderving in referentiesituatie – toekomstige NNN

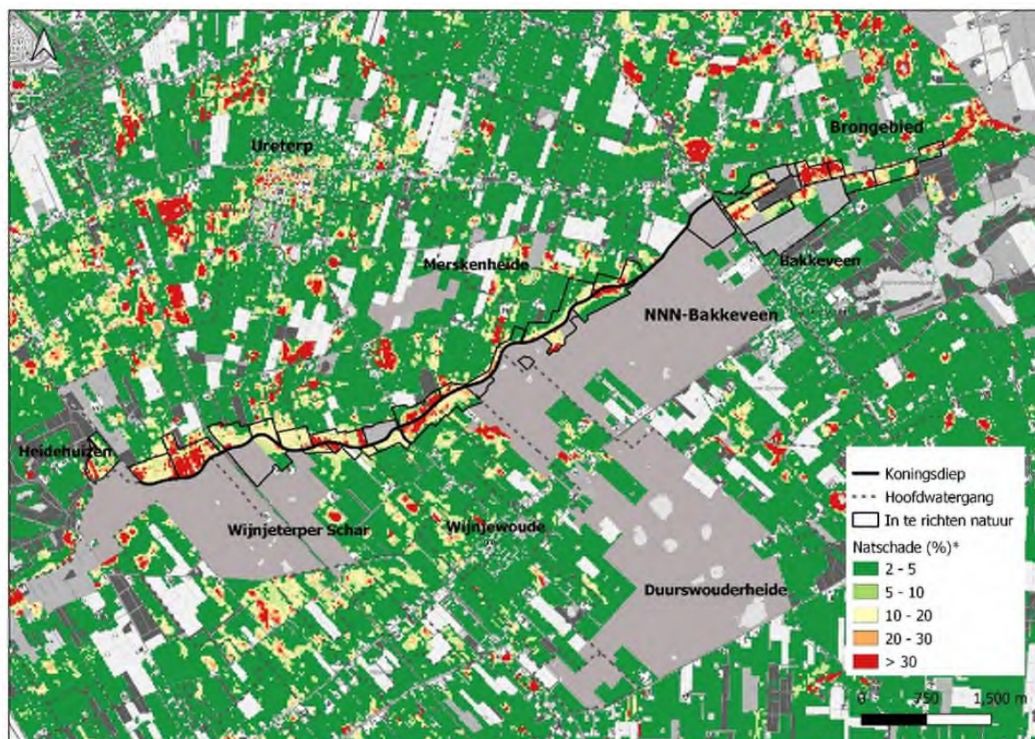
Opbrengstderving	Combinatieschade	Natschade	Droogteschade
<5%	61,9	60,7	183,4
5-10%	20,3	41,7	49,3
10-20%	76,2	71,3	2,0
20-30%	33,6	20,4	0
>30%	42,8	40,7	0



Figuur 3-20 Weergave langjarig gemiddelde opbrengstderving referentiesituatie, grijs is natuur, witte percelen is maïs (combinatieschade in %)



Figuur 3-21 Weergave langjarig gemiddelde opbrengstderving referentiesituatie, grijs is natuur, witte percelen is maïs (droogteschade in %).



Figuur 3-22 Weergave langjarig gemiddelde opbrengstderving referentiesituatie, grijs is natuur, witte percelen is maïs (natschade in %).

4 Inzichtscenario's

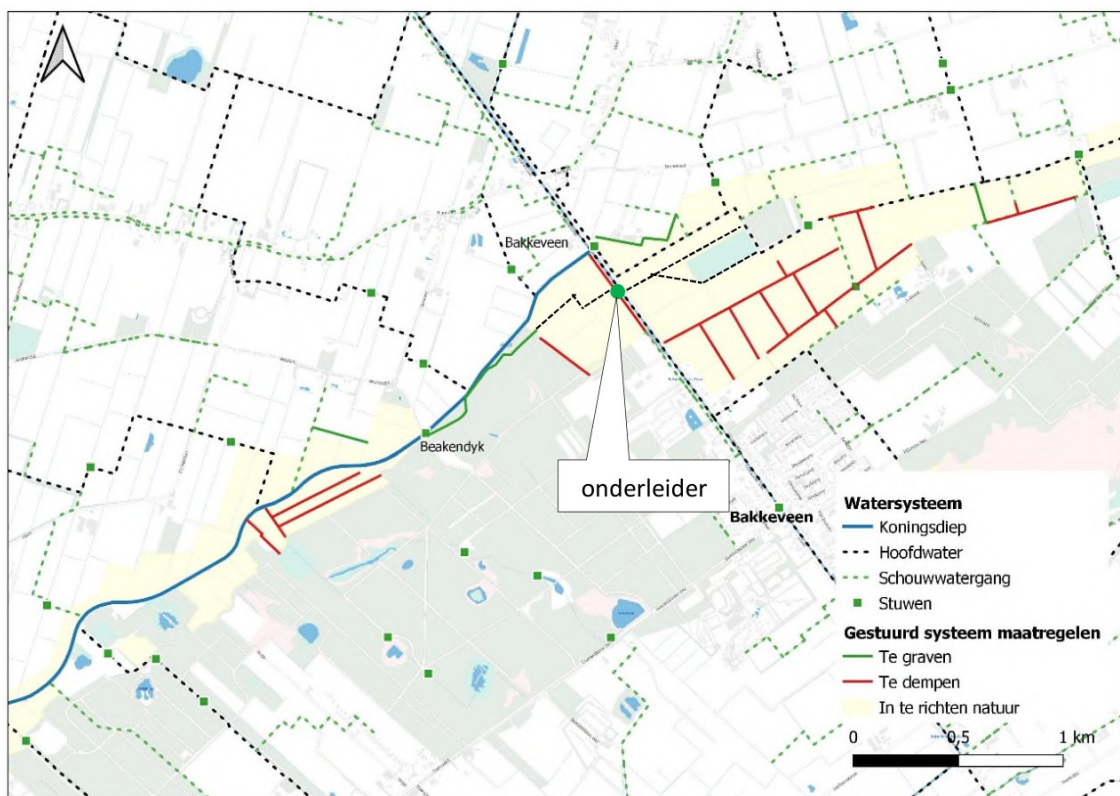
Om de waterhuishouding van het beekdal te herstellen en voor het verbeteren van de ecologische waarden langs het Alddiep zijn twee inzichtscenario's onderzocht, een gestuurd systeem, en een ongestuurd systeem.

De inzichtscenario's zijn doorgerekend voor het grondwatermodel om zowel het gedrag van het watersysteem als de maximale natuurpotentie te verkennen. Op basis van de doorgerekende maatregelpakketten worden de effecten beoordeeld voor de gewenste aanpak, die als basis zal dienen voor het uiteindelijke maatregelpakket. Bij een verdere uitwerking kan in beide scenario's nog een *fine-tuning* plaatsvinden.

In dit hoofdstuk zijn de voorgestelde maatregelen per variant en de effecten ervan op het grondwater en de daaraan te relateren belangen toegelicht.

4.1 Maatregelen Brongebied

Oostelijk van Bakkeveen, in het Brongebied, wordt voor beide inzichtscenario's dezelfde aanpak voor het watersysteem voorgesteld. De maatregelen zijn in figuur 4-1 weergegeven.



Figuur 4-1: Maatregelen waterstructuur in het Brongebied (bron: Notitie modelaanpassingen SOBEK, 2018)

Direct stroomafwaarts van het Brongebied gaat het oppervlaktewater via een nieuwe waterloop, de Bosloop en een nieuwe onderleider onder de weg en de vaart door. Aangenomen is dat maatregelen stroomafwaarts door de onderleider niet of nauwelijks tot opstuwing in het Brongebied kunnen leiden. Dit heeft tot gevolg dat in het Brongebied de effecten beide scenario's globaal overeenkomstig zullen zijn.

Zoals beschreven in de Notitie modelaanpassingen SOBEK (Antea Group, 2018) [2] omvat het maatregelenpakket voor het Brongebied:

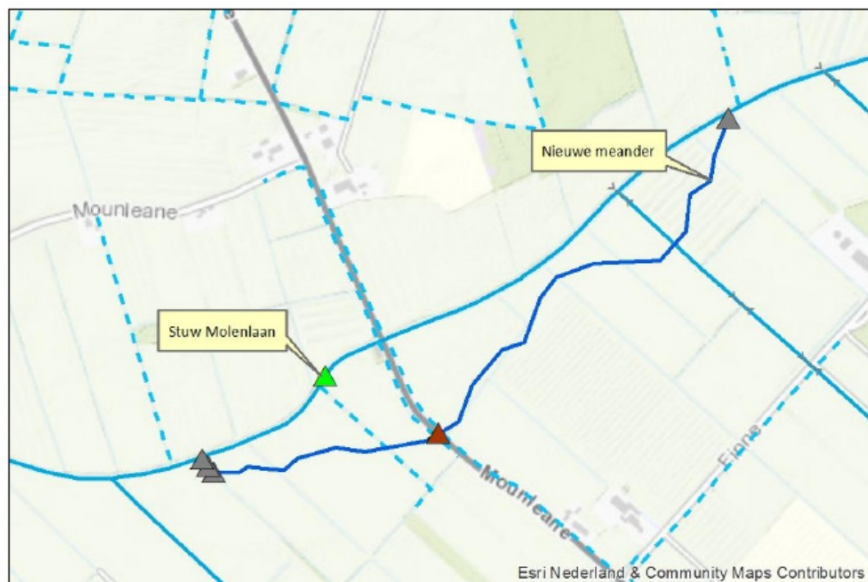
- Aan de beide zijden van de Bakkefeenster Feart wordt een bergingsgebied gecreëerd, waarbij de waterstand 's winters gemiddeld ca. NAP +2,75 m mag zijn en zomers mag uitzakken tot ca. NAP +2,25 m.
- De bergingsgebieden zijn verbonden via een onderleider onder de Bakkefeenster Feart van rond 800 mm. Deze onderleider wordt bij voorkeur ook faunapasseerbaar gemaakt.
- Daarnaast zijn er diverse wijzigingen aan het watersysteem doorgevoerd zoals het dempen en graven van verschillende watergangen.

4.2 Scenario 1 – Gestuurd systeem

4.2.1 Maatregelen

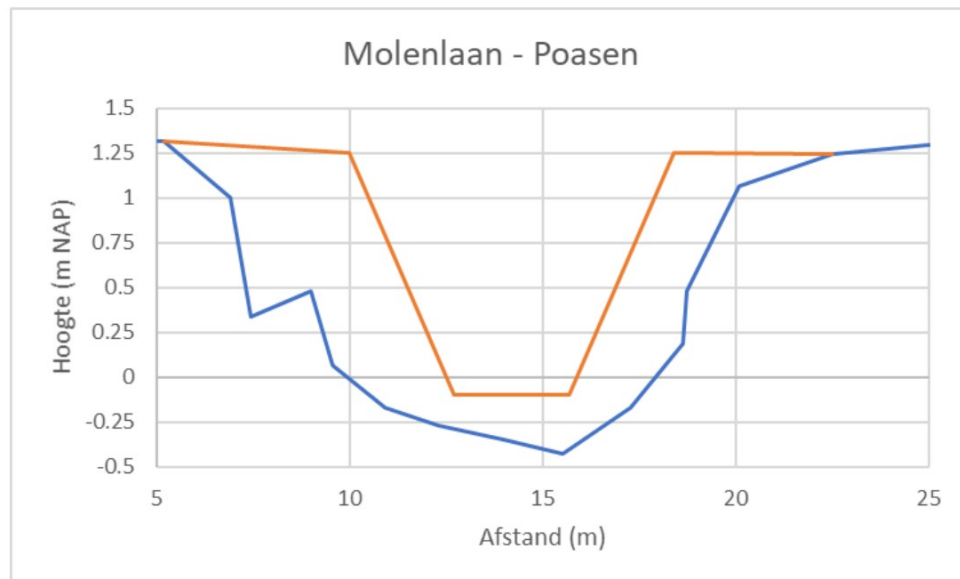
Scenario 1 ook wel '*Gestuurd systeem*' genoemd, bevat inrichtingsmaatregelen, aanvullend op de maatregelen in het Brongebied. Een uitgebreide beschrijving van deze maatregelen is te vinden in Notitie modelaanpassingen SOBEK, 2018 [2]. De opgenomen en doorgekende maatregelen zijn:

- De afvoer van het bergingsgebied loopt via de Bosloop in de richting van stuw Beakendyk. De afmeting van de Bosloop is beperkt, de bodembreedte is 0,5 m en de bodem ligt 1 m onder het maaiveld. Aan het einde van de Bosloop zorgt een knijpconstructie ervoor dat de gewenste waterstanden worden gerealiseerd en dat de waterberging water vasthoudt.
- Het bestaande peilgebied van stuw Beakendyk krijgt een peilverhoging van NAP +1,95 m naar NAP +2,25 m. Opgemerkt wordt dat deze peilverhoging op basis van de berekende effecten waarschijnlijk niet plaats zal vinden.
- Benedenstrooms, ter hoogte van de stuw Molenlaan (Mounleane), wordt een nieuwe meander gerealiseerd, zie Figuur 4-2. De meander krijgt een bodembreedte van 1,5 m. Bovenstrooms is de bodemhoogte NAP +1,40 m en benedenstrooms NAP +0,0 m.



Figuur 4-2: Meander Mounleane (bron: Notitie modelaanpassingen SOBEK, 2018)

- Meandering tussen de nieuwe meander bij de Molenlaan tot de aansluiting met de Poasen. De bodembreedte wordt hier 3,0 m. In Figuur 4-3 zijn het huidige dwarsprofiel en het nieuwe dwarsprofiel weergegeven.



Figuur 4-3: Huidige dwarsprofiel (blauw) en nieuw dwarsprofiel (oranje) in het traject tussen de Molenlaan en de Poasen (bron: Sobek-model)

- De vispassage bij de Poasen wordt uitgebreid met twee schotten.
- Stuw Heidehuizen wordt verhoogd naar een streefpeil van NAP +0,80 m in plaats van 0,55 m. De stuw blijft geautomatiseerd.
- Ten behoeve van dit scenario wordt een deel van het maaiveld aangepast. Afhankelijk van de locatie zal het bestaande maaiveld worden afgegraven of opgehoogd.

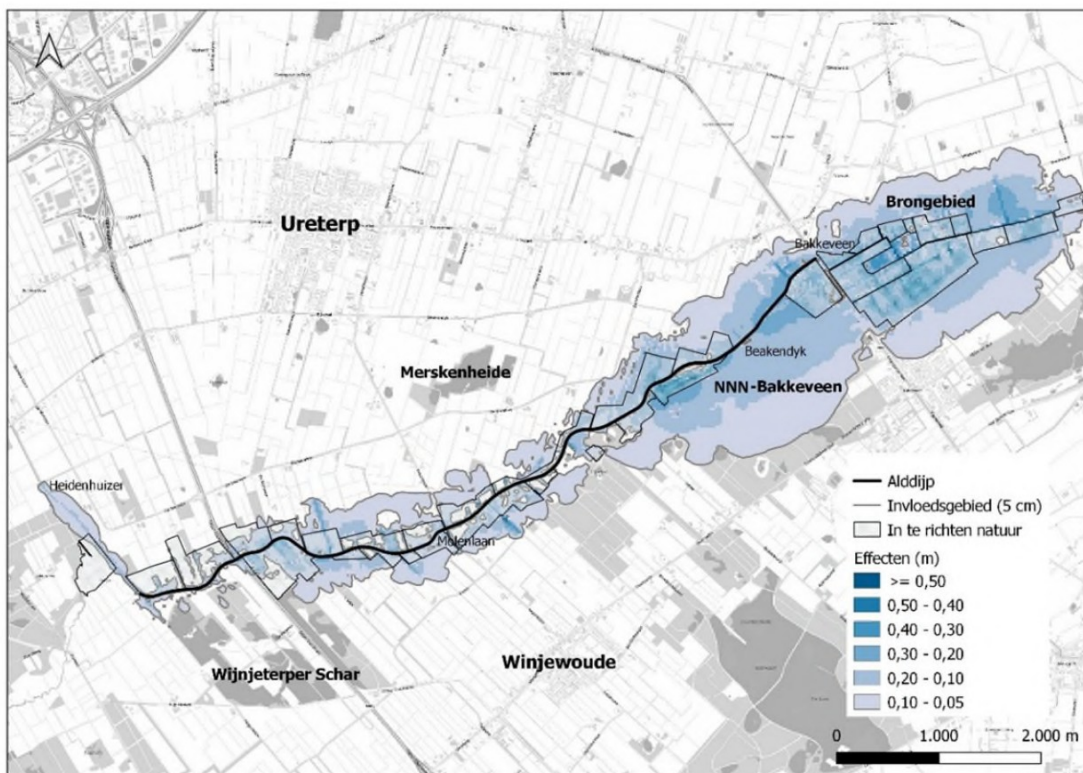
4.2.2 Effecten op grondwater

Verandering grondwaterstanden

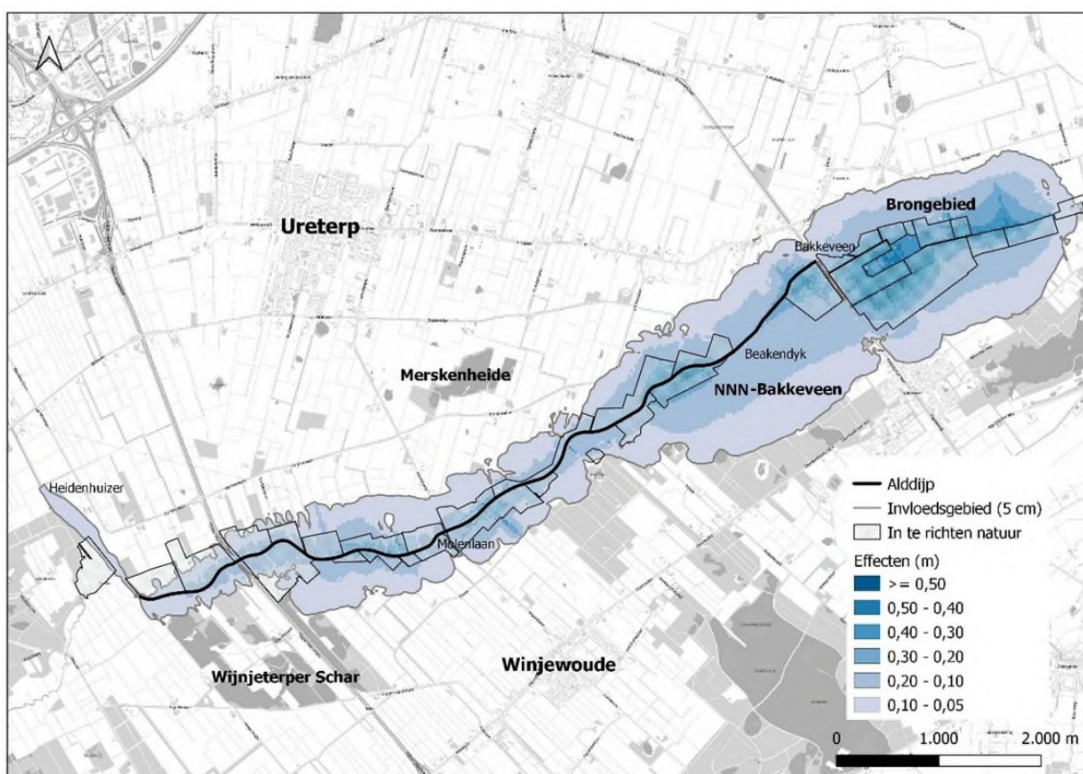
Het verhogen van de stuwpeilen in het Alddijp en de resulterende verhoging van de waterstanden in het Alddijp hebben een effect op de grondwaterstanden rondom de beek. In het Brongebied wordt verwacht dat de grondwaterstanden in het winterseizoen (GHG) met maximaal 35 cm zullen toenemen. Langs het Alddijp kan een maximale verhoging van ca. 40 cm worden verwacht. Deze maximale verhoging vindt plaats ten zuidwesten van de Foarwurker Wei. Voor de GLG-situatie bedragen de maximale verhogingen circa 45 cm in het Brongebied en ca. 30 cm langs het Alddijp.

Over het algemeen reiken de effecten op de grondwaterstanden (>5 cm verschil) tot circa 400 à 500 m vanaf de waterlopen voor zowel de GHG- als GLG-situatie. Aan de zuidkant, ter hoogte van het NNN-gebied bij Bakkeveen, waar geen ontwateringsmiddelen aanwezig zijn, reikt de invloed tot ca. 1.000 m.

De verwachte effecten op de grondwaterstanden voor zowel de GHG- als de GLG-situatie zijn weergegeven in Figuur 4-4 en Figuur 4-5, zie ook bijlage 4.



Figuur 4-4 Verschil in GHG ten opzichte van de referentiesituatie voor inzichtscenario gestuurd (in m)

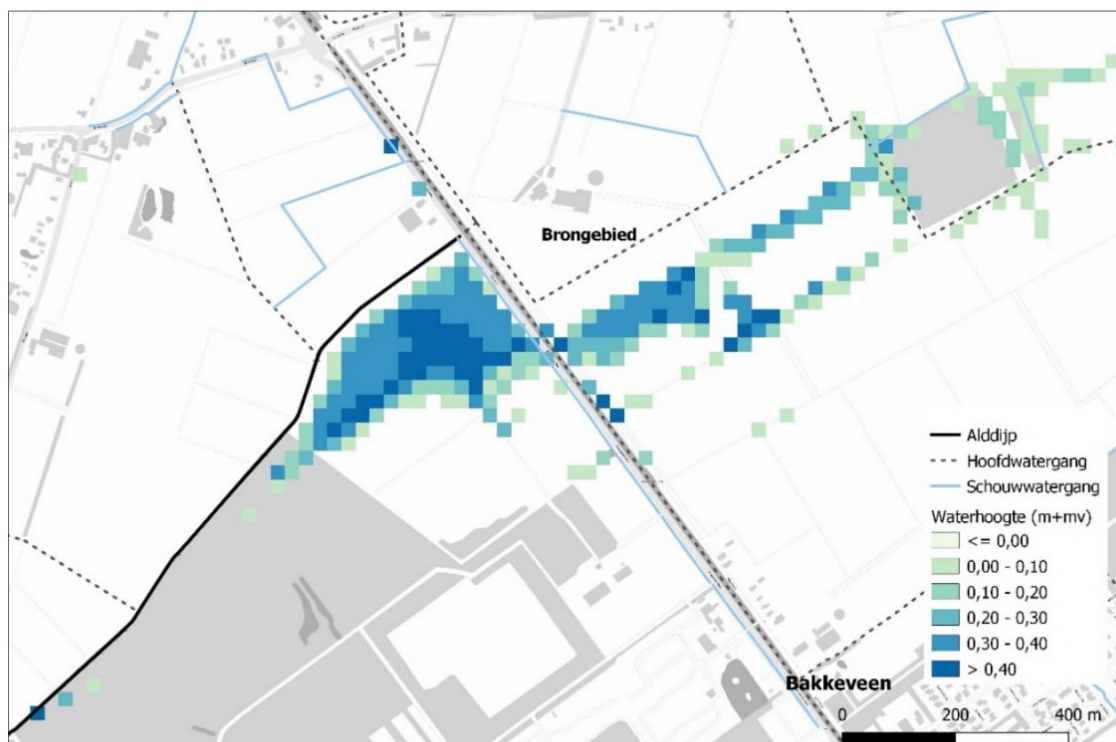


Figuur 4-5 Verschil in GLG ten opzichte van de referentiesituatie voor inzichtscenario gestuurd (in m)

Brongebied

De verhoging van de grondwaterstanden voor zowel de GHG- en de GLG-situatie beslaat het overgrote deel van het Brongebied. De effecten zijn ook in het bebouwde gebied van Bakkeveen waar te nemen. In het bebouwde gebied van Bakkeveen is een maximale stijging van 10 cm berekend.

Bij uitvoering van de maatregelen kan worden verwacht dat er bij de GHG-situatie een overstromingsgebied ontstaat, zowel in het Brongebied zelf als direct stroomafwaarts van de Foarwurker Wei tot aan stuw Beakendyk. Uit de analyse blijkt dat de inundatiediepte tot iets meer dan 40 cm kan oplopen. Het overstromingsgebied en de verwachte waterhoogte zijn in Figuur 4-6 weergegeven.



Figuur 4-6 Overstromingsgebied voor de wintersituatie

NNN bij Bakkeveen

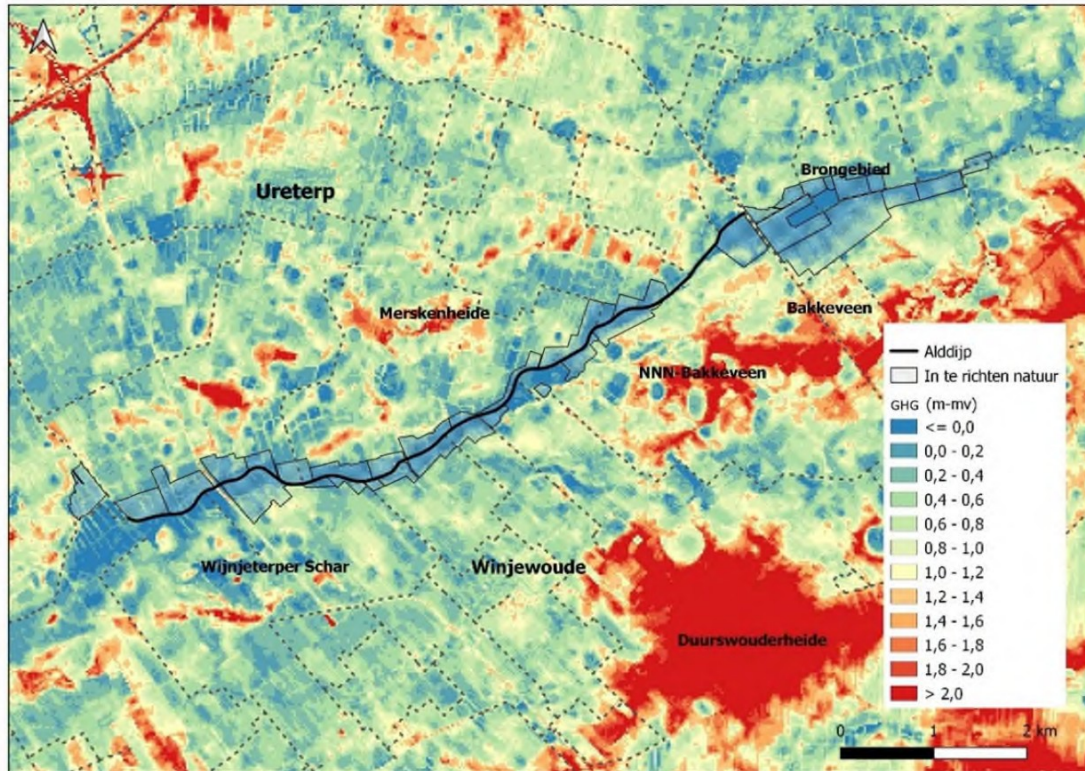
Het NNN-bosgebied bij Bakkeveen ligt binnen de invloedsgebied van de verhoging van de grondwaterstanden voor zowel de GHG- en de GLG-situatie. Er is een maximale verhoging van de grondwaterstand van 20 cm voor zowel de GHG als GLG berekend. Effecten op de grondwaterstanden zijn aanwezig tot circa 1 km van het Aalddijk.

Wijnjeterper Schar

Tijdens de wintersituatie worden geen grote veranderingen in de grondwaterstand verwacht. In de zomermaanden zijn effecten op de grondwaterstand alleen aanwezig in het gebied nabij het Aalddijk (ca. 300 m). Voor de GLG-situatie wordt er een maximale grondwaterstandverhoging van ca. 5 cm voor de GLG berekend.

Grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld

In Figuur 4-7 zijn de grondwaterstanden ten opzichte maaiveld weergegeven voor de GHG-situatie. In bijlage 4 zijn de grondwaterstanden ten opzichte maaiveld voor de GLG- en GVG-situatie te vinden.



Figuur 4-7 Grondwaterstanden onder maaiveld 'Gestuurd systeem' bij een wintersituatie (GHG)

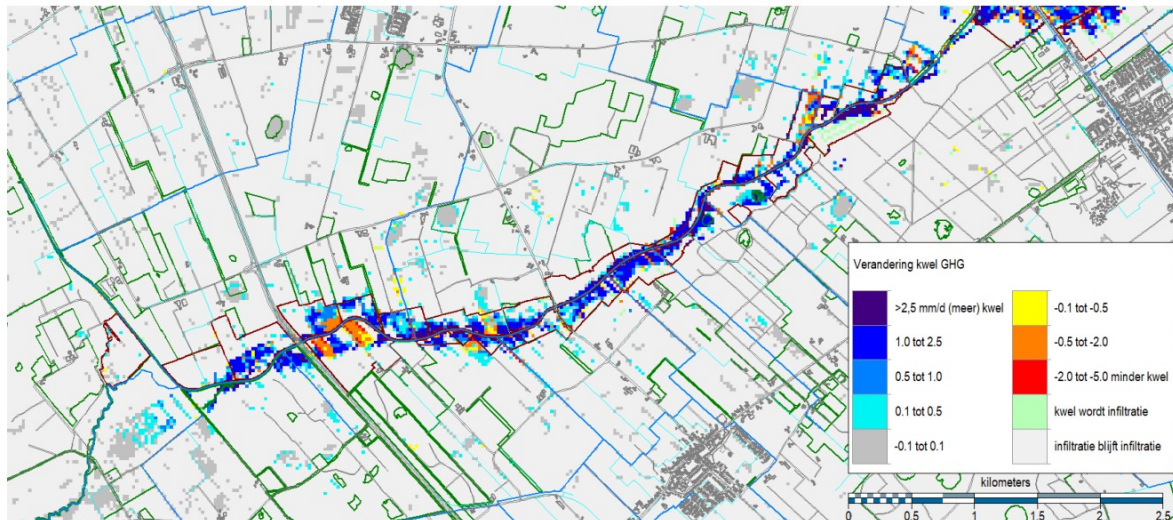
In de toekomstige NNN-gebieden langs het Alddijp zal de grondwaterstand in de winter variëren overwegend tussen 0,2 m onder maaiveld tot 0,40 m boven maaiveld. De GLG (bijlage 4) ligt direct langs het Alddijp rond maaiveld, maar de diepte van de grondwaterstand is op enige afstand van de beek al snel dieper dan 0,4 m -mv.

Kwel

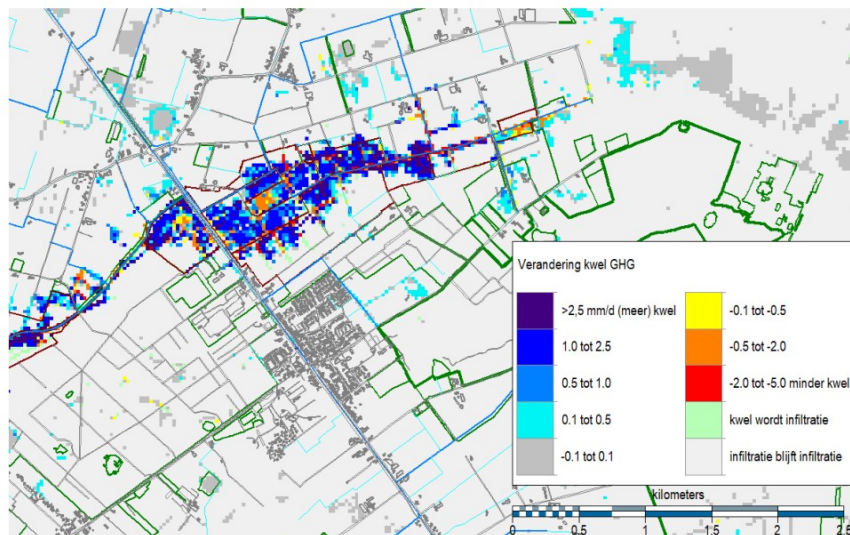
Figuur 4-8 t/m Figuur 4-11 tonen de verandering van de kwel binnen het stroomgebied van het Koningsdiep voor de langjarig gemiddelde situatie (2007 t/m 2014) bij de GHG en de GLG in het gestuurde systeem. In de figuren is de verandering van de kwel van het eerste watervoerende pakket (modellaag 2) naar de deklaag (modellaag 1) getoond. Hierbij is met geel/oranje/rood aangegeven waar de kwel afneemt ten opzichte van de referentiesituatie, en met lichtgroen waar kwel omslaat naar infiltratie. Waar infiltratie in de referentiesituatie bij het gestuurde systeem kwel wordt, is de grootte van de kwel getoond. Wanneer er in de referentiesituatie kwel is, en deze bij het gestuurde systeem toeneemt, is de toename van de kwel weergegeven. In bijlage 6 is een uitgebreider overzicht van de kwel en de verandering ervan opgenomen.

Zichtbaar is dat ten opzichte van de referentiesituatie er bij de GHG dichtbij het Alddijp een kwel of een toename van de kwel met 1 tot 2,5 mm/d van de kwel is berekend. Bij de GLG is er bij het Alddijp zelf een afname van de kwel, maar in een brede zone er omheen is er een (toename van de) kwel tussen 0,1 en 0,5 mm/d berekend.

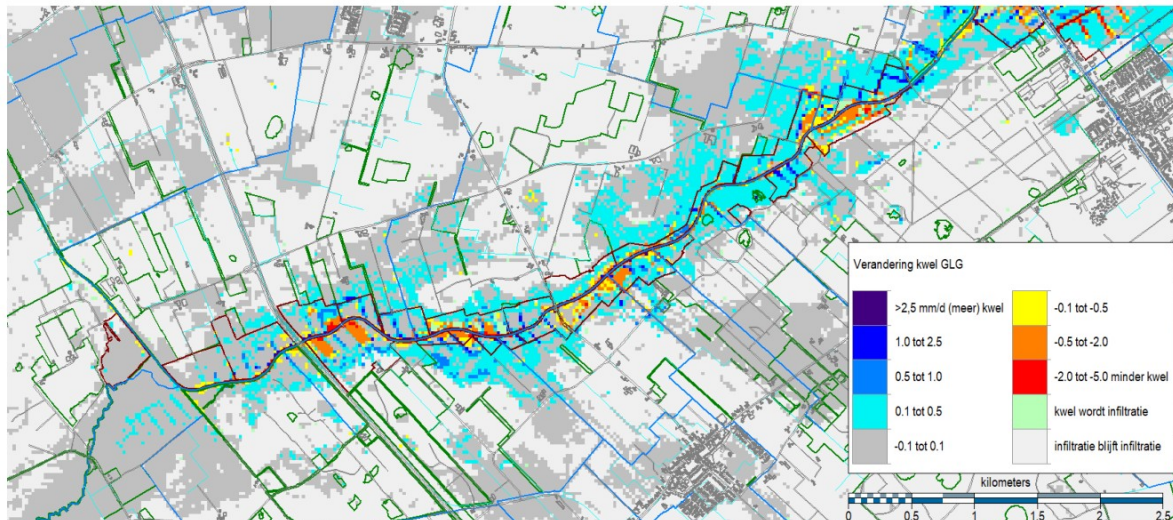
Bij de vergelijking van het gestuurde en ongestuurde systeem in par. 4.4 is ook nader ingegaan op de kwel in enkele dwarsprofielen.



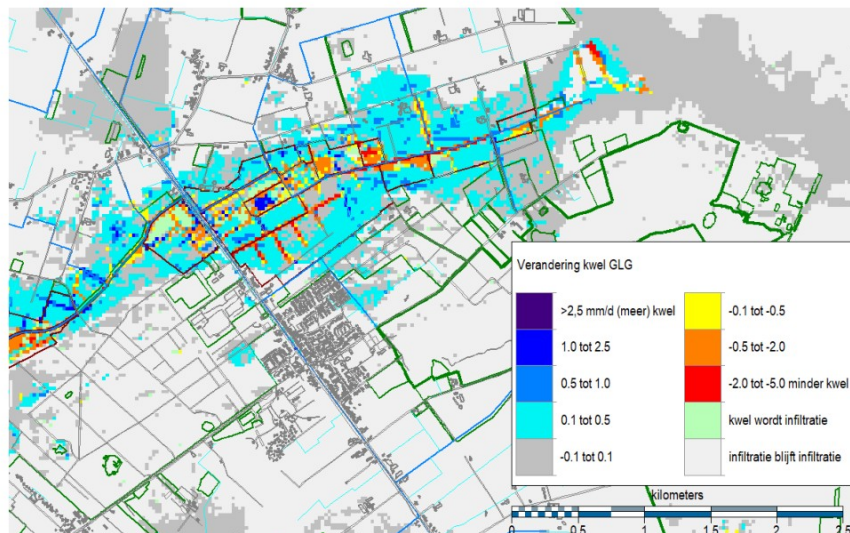
Figuur 4-8: Verandering kwel gestuurd systeem GHG-situatie in mm/d tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, westelijk deel (oranje-rood: afname kwel, blauw: (toename) kwel)



Figuur 4-9: Verandering kwel gestuurd systeem GHG-situatie in mm/d tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, brongebied (oranje-rood: afname kwel, blauw: (toename) kwel)



Figuur 4-10: Verandering kwel gestuurd systeem GLG-situatie in mm/d tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, westelijk deel (oranje-rood: afname kwel, blauw: (toename) kwel)



Figuur 4-11: Verandering kwel gestuurd systeem GLG-situatie in mm/d tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, brongebied (oranje-rood: afname kwel, blauw: (toename) kwel)

4.2.2.1 Effecten op de natuur

Zoals toegelicht in par. 2.1, zijn de effecten op natuur getoetst door middel van een aantal punten binnen de (toekomstige) natuurgebieden. Hierbij is getoetst aan de langjarige GHG en GLG, die met het grondwatermodel zijn berekend. In Tabel 4-1 zijn de resultaten samengevat.

Naast onderstaande toets op effecten op natuur is in par. 4.4 ook ingegaan op de effecten op natuur zoals getoond in de dwarsprofielen.

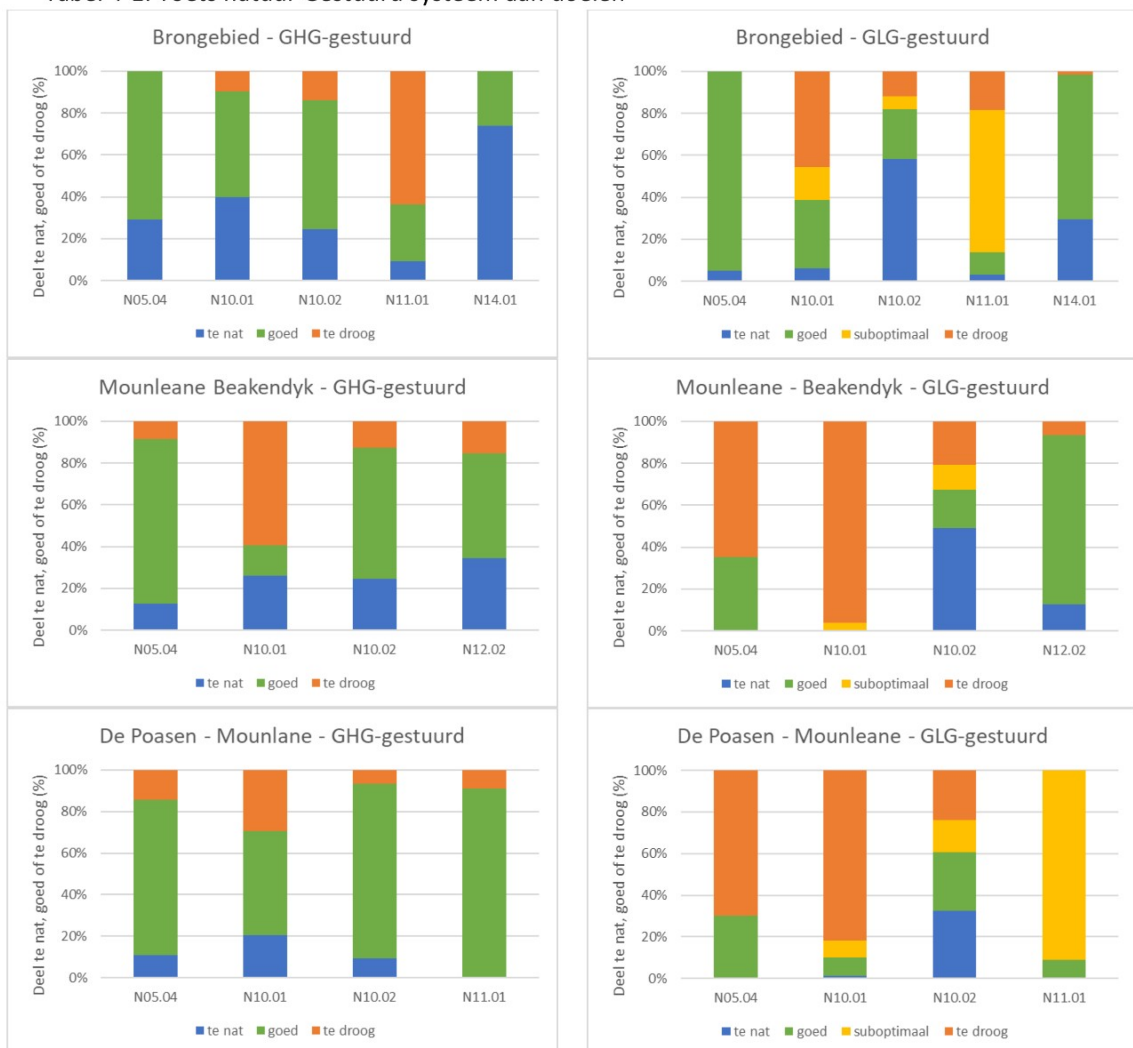
Waar de punten voldoen aan de GHG of GLG voor het gewenste natuurdoel, zijn deze groen weergegeven. Wanneer ze niet voldoen, zijn ze rood weergegeven. In de praktijk zal er eerder een glijdende schaal zijn, waarbij er suboptimale condities zijn voor de gewenste natuurdoelen.

In het algemeen wordt geconcludeerd dat de GHG bij het gestuurde scenario beter aan de eisen voldoet dan de referentiesituatie. Ook bij de GLG is er een verbetering van de resultaten.

In het brongebied, waar de belangrijkste ambities N10.01 (nat schraalgrasland), N10.02 (vochtig hooiland) en N11.01 (droog schraalgrasland) zijn (samen 80% van het gebied), wordt bij de GHG bij 35% tot ruim 90% aan het doel voldaan of ligt deze te hoog. Bij de referentiesituatie was dit 10% tot 65%.

Bij de GLG is bij N10.02 nog maar 12% van de oppervlakte te droog (45% bij de referentiesituatie). N11.01 blijft overwegend suboptimaal, en is nog maar bij 20% van de oppervlakte echt te droog (was 40%). Bij N10.01 neemt de oppervlakte te droog af van 95% bij de referentiesituatie naar 45%.

Tabel 4-1: Toets natuur Gestuurd systeem aan doelen

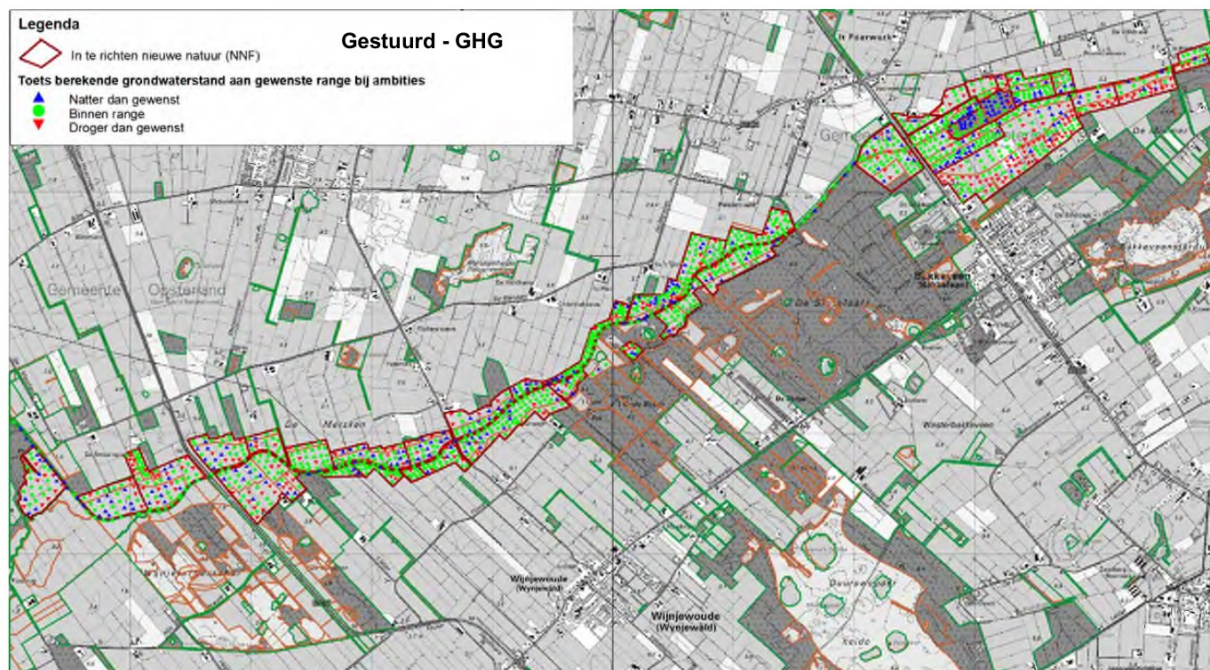


In het gebied tussen Beakendyk en Mounleane is N10.02 (vochtig hooiland) de belangrijkste ambitie, met ongeveer 60% van de oppervlakte. Kruiden- en faunairijk hooiland (N12.02) beslaat ongeveer 20% van de oppervlakte en dynamisch moeras (N05.04) ca. 12% van de oppervlakte. Slechts 7% van het gebied betreft N10.01. De GHG bij deze natuurdoeltypen wordt in meer dan 85% van het gebied bereikt of zelfs overschreden. De GLG wordt bij N10.01 en N12.02 in meer dan 80% van het gebied bereikt of overschreden. Bij het dynamische moeras (N05.04) zakt de GLG

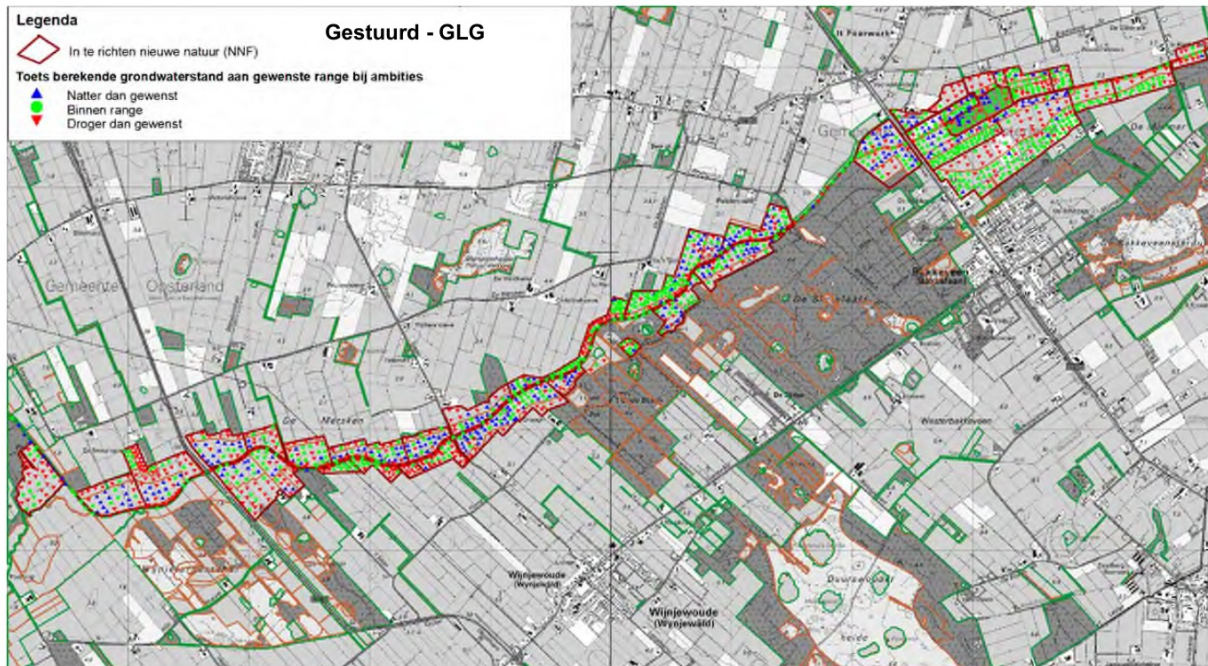
echter te diep weg, in 35% van het gebied wordt de gewenste GLG bereikt. Dit is wel beter dan in de referentiesituatie, waar in slechts 12% van het gebied wordt bereikt.

Voor het gebied tussen Mounleane en De Poasen wordt vooral gestreefd naar vochtig hooiland (N10.02, 50%), dynamisch moeras (N05.04, 23%) en nat schraalland (N10.01, 24%). Ook hier is een duidelijke verbetering van de GHG zichtbaar, in 7% tot 30% van de oppervlakte ligt deze nog te laag, ten opzichte van 20% tot 45% in de referentiesituatie. Bij de GLG is er ook sprake van een verbetering. Er is echter nog steeds 25% tot 80% van de oppervlakte van de geambieerde natuurdoeltypen waar de GLG te laag ligt.

De resultaten van deze toetsing zijn ook ruimtelijk weergegeven in Figuur 4-12 en Figuur 4-13.



Figuur 4-12: Toets berekende GHG bij het gestuurde scenario aan de range voor de GHG bij de ambities voor nieuwe natuur



Figuur 4-13: Toets berekende GLG bij het gestuurde scenario aan de range voor de GHG bij de ambities voor nieuwe natuur

4.2.2.2 Effecten op de bebouwing en wegen

Binnen het invloedsgebied van de verhoging van de grondwaterstanden voor zowel de GHG- als de GLG-situatie liggen delen van het bebouwde gebied van Bakkeveen, en de wegen Foarwurker Wei en N381.

Foarwurker Wei

Binnen het invloedsgebied van de verhoging van de grondwaterstanden is de ontwateringsdiepte bij de GHG ter hoogte van de Foarwurkerwei over het algemeen groter dan 0,7 m. Dit is minder dan gewenst wordt voor een hoofdweg (gewenst 1,0 m). De veranderingen in de grondwaterstand bij de weg zijn over het algemeen kleiner dan 5 cm. Ten opzichte van de referentiesituatie neemt de ontwateringsdiepte dus nauwelijks af.

N381

In het westen van het plangebied ligt de N381. Deze weg ligt overwegend 0,5 à 1,0 m verhoogd ten opzichte van het maaiveld in de omgeving. De ontwateringsdiepte is hier ondanks de verhoging van de grondwaterstand met ca. 10 cm groter dan 1,0 m en voldoet dus aan de norm.

Bakkeveen

In Bakkeveen ligt de grondwaterstand bij de GHG-situatie rond NAP +4,5 m. De GLG in dit gebied ligt over het algemeen ca. 0,5 m onder de GHG. De ontwateringsdiepte bij de GHG ligt in de hele plaats dieper dan 1,0 m, en vaak ook dieper dan 1,2 m of zelfs dieper dan 1,5 m, zoals zichtbaar in Figuur 4-7.

De verhoging van de grondwaterstand in Bakkeveen ligt tussen 5 en 10 cm. Op basis van de berekende ontwateringsdiepte worden geen negatieve effecten zoals grondwateroverlast verwacht. Er is geen sprake van verlaging van de grondwaterstand, en er zijn dus geen zettingsrisico's.

Ureterp

De modelmatig berekende GHG in dit gebied varieert tussen NAP +3,2 m tot +4,1 m. De GLG in dit gebied ligt over het algemeen 0,7 m onder het GHG. Ureterp ligt buiten het invloedsgebied van de werkzaamheden, waardoor er geen effecten door wijzigingen in het Alldjip te verwachten zijn.

Wijnjewoude

De grondwaterstand voor de GHG-situatie varieert tussen NAP +4,2 m tot +5,4 m. De GLG in dit gebied varieert van NAP +3,7 m tot +4,90 m. Wijnjewoude ligt buiten het invloedsgebied van de grondwaterstandverhoging. Er zijn hier dus geen effecten op bebouwing.

4.2.2.3 Effecten op de landbouw

De berekende GXG (periode 2007-2014) is gebruikt om de verandering van de opbrengstderving te bepalen middels de Waterwijzer Landbouw (WWL). Binnen het invloedsgebied van de verhoging van de grondwaterstanden voor zowel de GHG- als de GLG-situatie zijn in de huidige situatie landbouwgebieden gelegen. Hoewel een (groot) deel van deze gebieden toekomstige natuur is, is zoals afgesproken met de provincie toch nog getoetst op het huidige landbouwgebruik.

Figuur 4-14, figuur 4-15 en Figuur 4-16 geven de verandering van de langjarig gemiddelde opbrengstderving (in %) ten opzichte van de referentiesituatie weer voor respectievelijk de combinatie-, droogte- en natschade. Uit de figuren blijkt dat er juist buiten het invloedsgebied van de maatregelen nog een geringe verandering in opbrengstderving is berekend. Dit komt doordat het invloedsgebied is gedefinieerd als de lijn met 5 cm verandering van de grondwaterstand, terwijl de opbrengstderving ook door een kleinere verandering nog met enkele procentpunten kan wijzigen.

De totale opbrengstderving is opgenomen in bijlage 4, waar alle kaarten van het gestuurde systeem zijn opgenomen.

De oppervlaktes met de aangegeven opbrengstderving zijn opgenomen in Tabel 4-2 en Tabel 4-3.

Tabel 4-2: Oppervlakte landbouw (in ha) met opbrengstderving bij het gestuurde scenario – onderzoeksgebied buiten toekomstige NNN

Opbrengstderving	Combinatieschade	Natschade	Droogteschade
<5%	4.572,9	6.346,3	5.748,3
5-10%	1.214,3	518,3	849,9
10-20%	1.205,6	406,6	796,9
20-30%	432,7	150,2	282,7
>30%	252,3	255,6	0

Tabel 4-3: Oppervlakte landbouw (in ha) met opbrengstderving bij het gestuurde scenario – toekomstige NNN

Opbrengstderving	Combinatieschade	Natschade	Droogteschade
<5%	29,1	29,6	215,7
5-10%	16,2	21,9	18,4
10-20%	30,4	35,6	0,6
20-30%	22,4	13,8	0
>30%	136,6	133,9	0

De verandering van oppervlakte landbouwgrond met de aangegeven opbrengstderving is opgenomen in Tabel 4-4 en Tabel 4-5. Bij deze tabellen is een negatief getal een afname van de

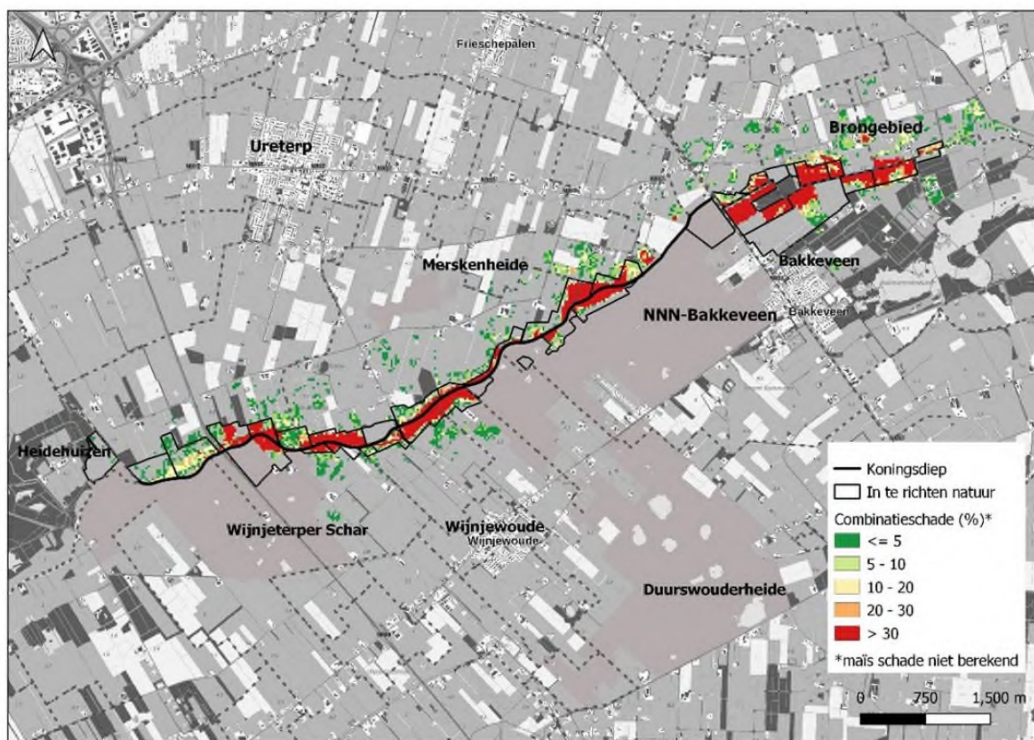
oppervlakte met een bepaalde opbrengstderving. Bij een positief getal neemt de oppervlakte met die opbrengstderving toe met het genoemde aantal hectares.

Tabel 4-4: Verandering oppervlakte landbouw met opbrengstderving (in ha) bij het gestuurde scenario – onderzoeksgebied buiten toekomstige NNN

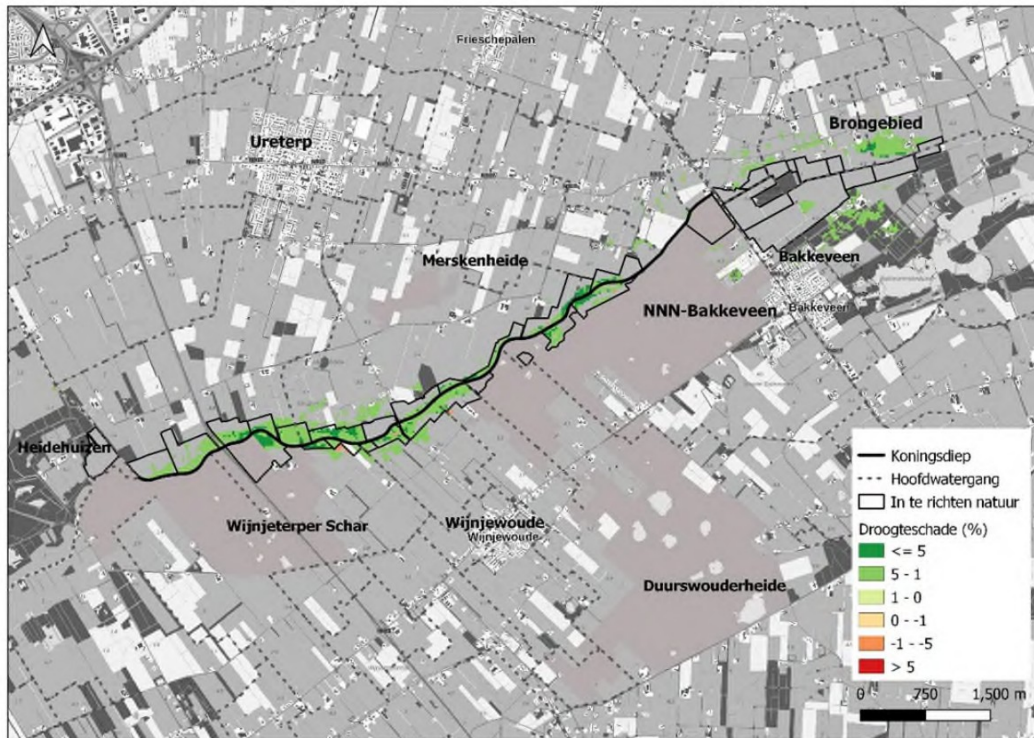
Opbrengstderving	Combinatieschade	Natschade	Droogteschade
<5% toename	-25,6	-52,2	34,4
5-10% toename	3,7	11,4	-14,6
10-20% toename	3,9	15,7	-16,3
20-30% toename	-2,4	4,3	-3,6
>30% toename	20,4	19,9	0

Tabel 4-5: Verandering oppervlakte landbouw met opbrengstderving (in ha) bij het gestuurde scenario – toekomstige NNN

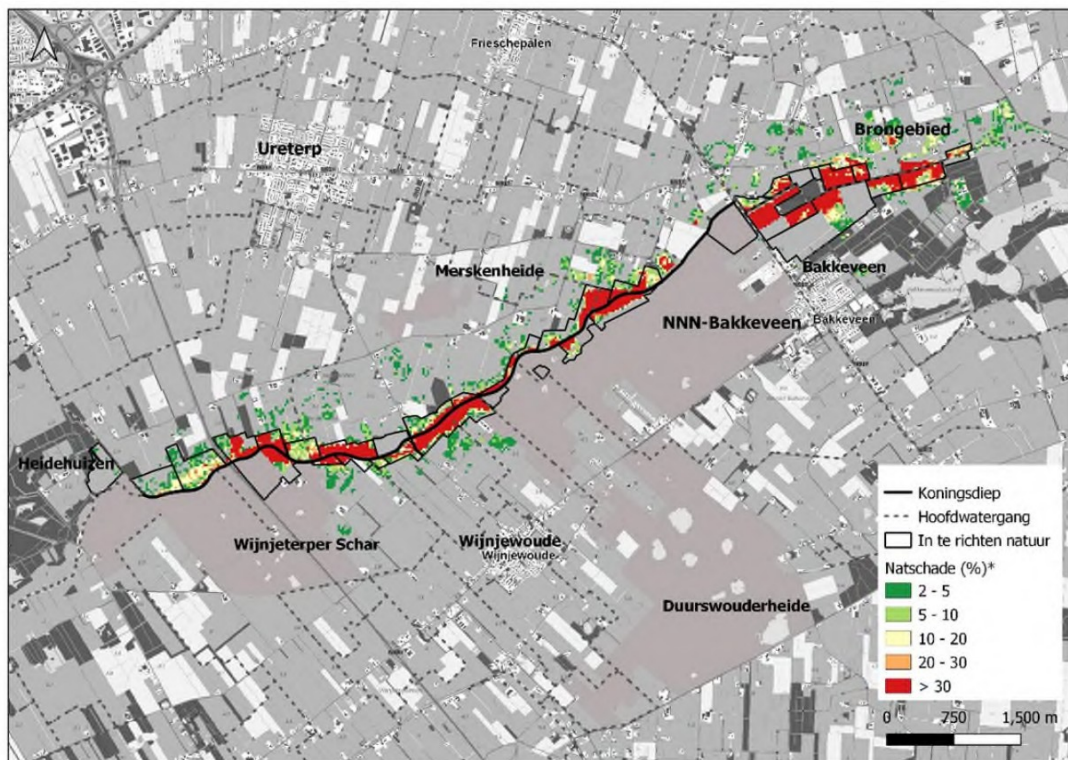
Opbrengstderving	Combinatieschade	Natschade	Droogteschade
<5% toename	-32,8	-31,1	32,3
5-10% toename	-4,1	-19,8	-30,9
10-20% toename	-45,8	-35,6	-1,4
20-30% toename	-11,2	-6,7	0
>30% toename	93,8	93,2	0



Figuur 4-14 Weergave toename langjarig gemiddelde opbrengstderving 'gestuurd systeem' min referentiesituatie (combinatieschade in %).



Figuur 4-15 Weergave verandering langjarig gemiddelde opbrengstderving 'gestuurd systeem' min referentie situatie (droogteschade in %, groen: afname droogteschade, rood: toename droogteschade).



Figuur 4-16 Weergave verandering langjarig gemiddelde opbrengstderving 'gestuurd systeem' min huidige situatie (natschade in %).

In de percelen met een toekomstige natuurfunctie is heeft bij het gestuurde systeem een oppervlakte van bijna 160 ha een te verwachten opbrengstderving met meer dan 20%. Uitsplitsing over nat- en droogteschade laat duidelijk zien dat de totale opbrengstderving vooral door een toename van de natschade wordt bepaald. Aangezien het landgebruik van deze percelen zal veranderen, wordt dit niet als negatief voor de landbouw gezien.

Op enige afstand van het beekdal, buiten de toekomstige NNN, is erover het algemeen een beperkte afname van de opbrengstschade door droogte te zien. Daar is ook enige toename van de natschade (2 tot 5%). Bij de combinatieschade is de toename van de natschade belangrijker dan de afname van de droogteschade, waardoor er op deze percelen een toename van de combinatieschade van 2 tot 5% verwacht wordt.

In het grootste deel van het landbouwgebied buiten de toekomstige NNN is nauwelijks of geen verandering van de opbrengstderving. In totaal wordt in 28 ha landbouwgrond de combinatieschade beïnvloed door de maatregelen. In 52 ha wordt de natschade beïnvloed, en in 34 ha de droogteschade.

4.2.3 Conclusie inzichtscenario gestuurd systeem

Het inzichtscenario 'gestuurd systeem' omvat verschillende maatregelen in het Alldjip en de daarop afwaterende watergangen. In het Brongebied, oostelijk van de Foarwurker Wei, wordt een bergingsgebied gecreëerd. Bij stuw Beakendyk wordt meer water vastgehouden door een hoger stuwpeil, bij stuw Molenlaan wordt een meander aangelegd. Tussen de stuw Molenlaan en de Poasen krijgt de beek een beperkte meandering en wordt het doorstroomprofiel verkleind. In het stuwvak Heidehuizen wordt het stuwpeil verhoogd.

Door deze maatregelen worden de grondwaterstanden in de directe omgeving van het Alldjip verhoogd. In het Brongebied is een verhoging van de GHG met ca. 35 cm te verwachten, stroomafwaarts van de Foarwurker Wei is de verhoging ca. 40 cm. Bij de GLG zijn overeenkomstige verhogingen te verwachten. Over het algemeen reiken de effecten op de grondwaterstanden (>5 cm verschil) tot circa 400 à 500 m vanaf de waterlopen voor zowel de GHG- als GLG-situatie. Aan de zuidkant, ter hoogte van het NNN-gebied bij Bakkeveen, waar geen ontwateringsmiddelen aanwezig zijn, reikt de invloed tot ca. 1.000 m.

In het beekdal komen de grondwaterstanden in de wintersituatie tot maaiveld of (ruim) boven maaiveld te staan. In de zomer liggen de grondwaterstanden dieper, op enige afstand vanaf de beek meer dan 0,4 m -mv.

Bij de GHG-situatie is er direct om het Alldjip een toename van de kwel te verwachten met overwegend 1 tot 2,5 mm/d. Bij de GLG is er in een bredere zone een toename van de kwel met 0,1 tot 0,5 mm/d. Bij het Alldjip zelf neemt de kwel in de GLG juist af.

De maatregelen hebben tot gevolg dat in de toekomstige NNN-gebieden de grondwaterstanden dicht bij maaiveld komen te liggen. De grondwaterstanden zijn getoetst voor de natuurdoelen N05.04, N10.01, N10.02 en N11.01. In het Brongebied is ook de natuurdoel N14.01 opgenomen.

Het brongebied voldoet grotendeels aan de GHG voor de gewenste natuurdoelen. Bij de GLG zijn er in delen te droge of suboptimale omstandigheden. In het gebied tussen Beakendyk en Mounleane worden de gewenste GHG's bij het gestuurde scenario grotendeels bereikt of overschreden. Bij de GLG zakt vooral in het dynamische moeras (N05.04) de grondwaterstand te diep weg. Ook in het gebied tussen Mounleane en De Poasen is er een goed resultaat voor de GHG, en zakt de GLG verder uit dan wenselijk is.

Bij bebouwd gebied en hoofdwegen is er geen negatief effect op de ontwateringsdiepte berekend.

Met de Waterwijzer Landbouw (WWL) zijn de gevolgen voor landbouw berekend. De toekomstige NNN-gebieden zijn hierin ook meegenomen, omdat dit in de huidige situatie landbouw is. Uit de effectbepaling blijkt dat door de hoge natschade bij het gestuurde systeem er in dit gebied zeer hoge opbrengstderving zal optreden, een toename van de schade met meer dan 30%. De droogteschade neemt hier licht af (tot maximaal 5%).

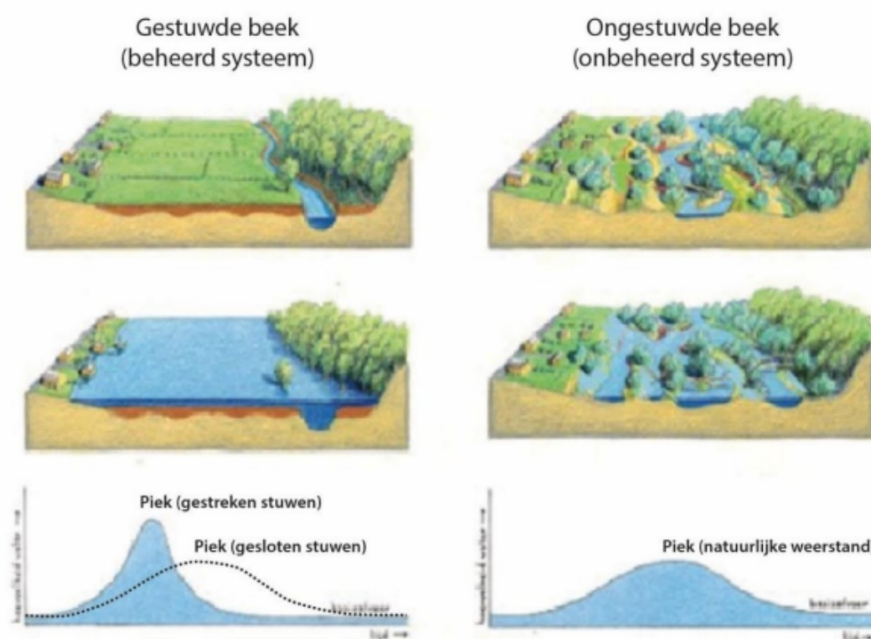
In het grootste deel van het landbouwgebied buiten de toekomstige NNN is nauwelijks of geen verandering van de opbrengstderving. Bij de percelen waar een verandering optreedt, in totaal 28 ha, is overwegend een toename van de combinatieschade met minder dan 5% berekend.

4.3 Scenario 2 - Ongestuurd systeem

4.3.1 Maatregelen

Voor scenario 2, 'Ongestuurd systeem' genoemd, is ervoor gekozen om de bestaande stuwen te verwijderen en een meer natuurlijke benadering te hanteren. In een volledig ongestuurd systeem kan het Alddijp een eigen profiel in het beekdal maken. Voor het scenario is ervoor gekozen om de ligging van de zomerloop vast te leggen, in de wintersituatie stroomt de beek in het gehele beekdal. Deze delen van de beek krijgen dan weer een deel van hun beek karakter terug waardoor de kans groter is dat de ecologisch doelen die daarbij horen gehaald worden.

Om de verschillen tussen scenario 1 en scenario 2 in beeld te brengen, toont het principe van het voorgenomen watersysteem voor beide scenario's.



Figuur 4-17: Vergelijking tussen scenario 1- 'Gestuurd systeem' en scenario 2- 'Ongestuurd systeem'

Uitwerking scenario 2 – ongestuurd systeem

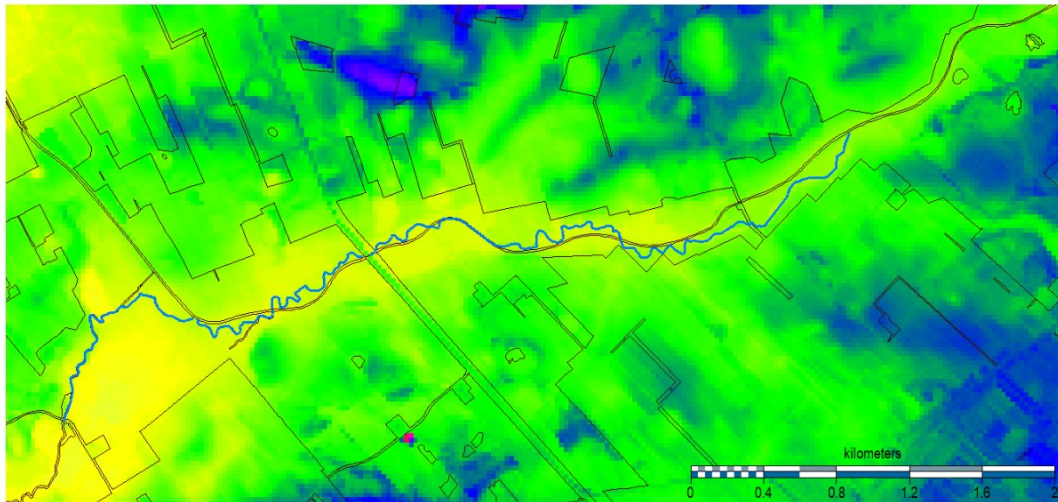
Het maatregelenpakket voor het Brongebied blijft zoals opgenomen in het gestuurd systeem.

In de middenloop van het Alddijp tussen de Bakkefeanster Feart en de Poasen, is gekozen voor herprofilering met versmalling en verondieping in combinatie met het aanleggen van inundatiezones. Opgemerkt wordt dat het gekozen waterpeil direct stroomafwaarts van de Bakkefeanster Feart ertoe kan leiden dat er percelen in het brongebied zijn die hun water niet meer onder natuurlijk verval kunnen lozen op het afgesproken peil voor het brongebied. Een hydraulische berekening om het watersysteem goed te laten werken wordt aanbevolen.

Ter hoogte van de stuw Molenlaan wordt een nieuwe meander gerealiseerd, overeenkomstig het gestuurde scenario. Als gevolg van de meander wordt bij het ongestuurde systeem de huidige loop van het Alddijp echter niet meer gebruikt bij perioden met een lage afvoer. Daardoor zal de stroomsnelheid in de zomersituatie toenemen, terwijl de waterafvoer gegarandeerd blijft.

Tenslotte wordt stroomafwaarts van Mounleane tot de Poasen een sterk meanderende waterloop aangelegd, die de huidige watergang vervangt (Figuur 4-18). In overleg met de provincie en het

waterschap is in het traject tussen de Poasen en stuw Heidehuizen geen aanpassing van het Alddijp doorgerekend. Zie ook par. 4.3.2.



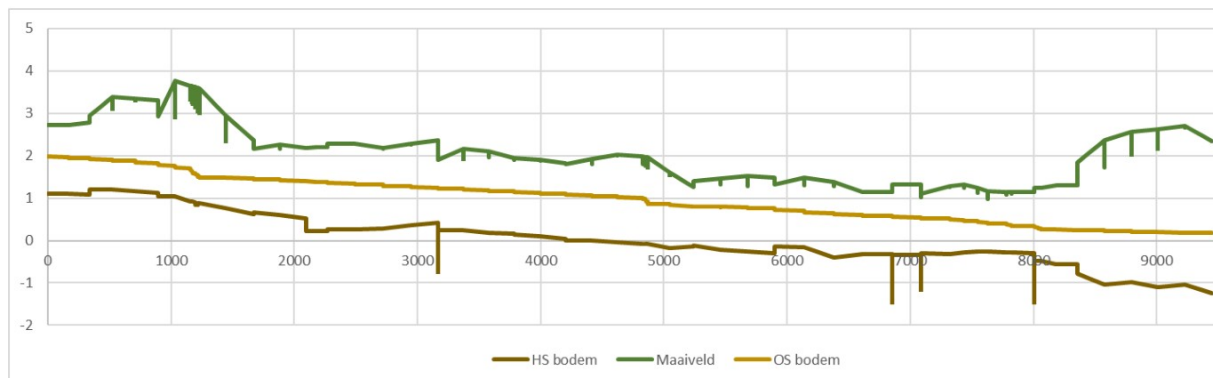
Figuur 4-18: Meander stroomafwaarts van Mounleane bij 'Ongestuurd systeem'

4.3.2 Herprofilering van het Alddijp

De criteria die zijn gehanteerd voor de herprofilering van het Alddijp worden onderstaand beschreven.

Verhoging bodemhoogte

Het ongestuurde systeem omvat het verhogen van de bodem van het Alddijp vanaf de Bakkefeanster Feart tot aan de Poasen (zie Figuur 4-19:). De maximale verhoging van de bodem is ca. 0,9 m, uitgaande van de bodemligging zoals deze in het Sobek-model is opgenomen. Opgemerkt wordt dat deze mogelijk niet overal met de werkelijkheid overeenkomt. In het traject vanaf de Poasen tot stuw Heidehuizen werd in overleg met het waterschap overwogen, dat het laagste deel van het Alddijp overeenkomt met de kruin van deze stuw. Deze stuw zal gehandhaafd blijven, en moet worden aangepast aan de nieuwe waterstanden.

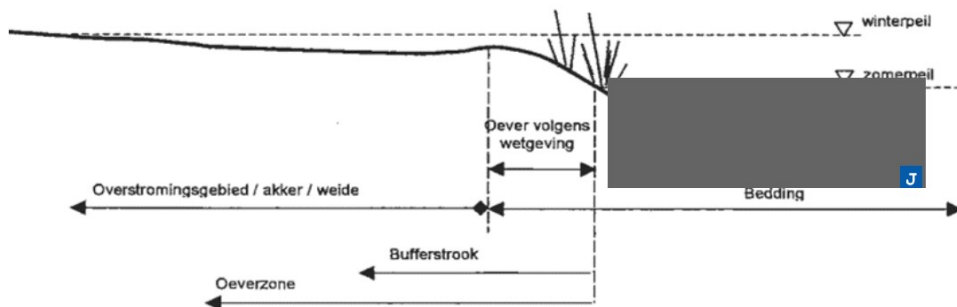


Figuur 4-19: Overzicht huidige bodemhoogte (HS bodem) en voorgenomen bodemhoogte (OS bodem) voor het Alddijp.

Verkleinen van de dwarsprofielen

Uitgangspunten voor het verkleinen van de dwarsprofielen zijn:

- De dwarsprofielen in het aangeleverde Sobek-model (referentiesituatie) zijn als uitgangspunt opgenomen.
- De voorgenoemen dwarsprofielen moeten de gemiddelde zomerafvoer kunnen afvoeren (zie Figuur 4-20:), met het waterpeil tot aan maaiveld. De winterafvoer kan boven maaiveld stromen. Hierdoor is het zomerpeil beperkt tot het bestaande maaiveld. In overleg met Wetterskip Fryslân is ervoor gekozen om geen aanpassingen aan de maaiveldhoogte te laten plaatsvinden.
- Door de verkleining van het dwarsprofiel moet de weerstand worden bijgewerkt.



Figuur 4-20: Schematisch dwarsprofiel voor de herprofilering van de Alddijp

Weerstand

In een ongestuurd systeem is het van belang dat er in het dal voldoende weerstand ontstaat door begroeiing en veenvorming. Dat is nodig om te voorkomen dat het water tijdens hevige neerslaggebeurtenissen versneld wordt afgevoerd naar de boezem. Ruige vegetatie, hoog opgaande beplanting, omgevallen boomstammen en ophoping van plantenresten e.d. dragen in het ongestuurde systeem bij aan het tegenhouden (opstuwen) van water waardoor de piekbelasting afneemt (lagere piek) en het water geleidelijk en gedurende een langere periode wordt afgevoerd. Net als de weerstand in een waterloop is de vegetatieweerstand kwantitatief te beschrijven met de Chézy-coëfficiënt en de daaraan gekoppelde Nikuradse-ruwheidswaarde².

De volgende formule laat zien hoe de Chezy-coëfficiënt wordt berekend:

$$C = 18 \log (12R/ks)$$

waarin

C = Chézy-coëfficiënt ($m^{0.5}/s$);

R = hydraulische straal (m);

ks = Nikuradse-ruwheid (-)

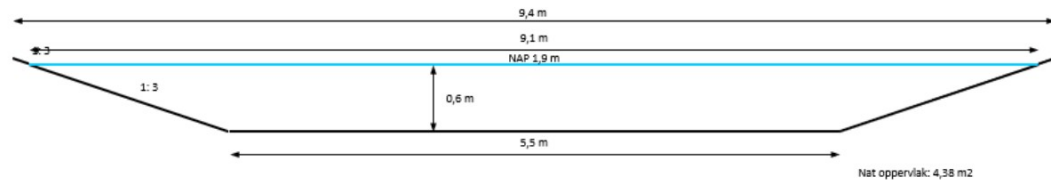
Op basis van Rijkswaterstaat (2002) en Alterra (2012) werd er besloten om een weerstand van 1,8 (-) op te nemen (wintersituatie). Deze waarde is representatief voor productiegrasland, natuurlijk grasland en natuurgebieden met moerasvegetatie.

Voor het ontwerp van de beek (zomersituatie) is de Bos en Bijkerk methode gebruikt. Deze methode is toepasbaar voor zowel grote als kleine waterlopen. Daarnaast is een voordeel van deze aanpak dat de weerstand afhankelijk is van de waterdiepte. Er wordt een waarde van $15 m^{1/3}s^{-1}$ (hoge begroeiingsgraad) gebruikt.

² De Nikuradse-ruwheid vertegenwoordigt de effectieve hoogte van ruwheidselementen op een overstroomd oppervlak (Stowa, 2020)

Dimensionering Alddijp

Rekening houdend met een gemiddelde zomerafvoer van $0,23 \text{ m}^3/\text{s}$ (zie bijlage 2) en op basis van een analytische berekening is het voorgenomen dwarsprofiel voor het Alddijp weergegeven in Figuur 4-21. Dit nieuwe dwarsprofiel heeft een gemiddeld nat oppervlak van $4,4 \text{ m}^2$. Er wordt uitgegaan van een gemiddelde bodembreedte van $5,5 \text{ m}$, en gemiddelde waterdiepte van $0,60 \text{ m}$. Uit de literatuur blijkt dat een minimale hoogte van $0,60 \text{ m}$ nodig is om een watergangen goed te onderhouden.



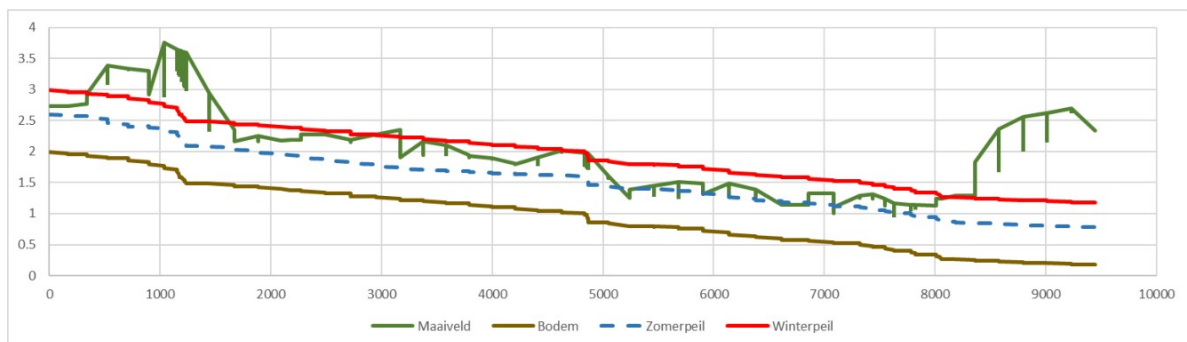
Figuur 4-21 Schematisch dwarsprofiel voor de zomer situatie

Het winterpeil is berekend op basis van een statistische analyse van de afvoer in de winterperiode. Hierbij wordt de gemiddelde winterafvoer geschat op $1,59 \text{ m}^3/\text{s}$.

Opgemerkt wordt dat deze sterke verondieping van het Alddijp ook gevolgen kan hebben voor de afvoer en inundaties bij extreme situaties, dus ook voor de functies buiten de NNN. De normen die binnen het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) zijn afgesproken ten aanzien van inundatie bij de $T=10$, $T=25$, $T=50$ en $T=100$ zullen bij keuze voor dit scenario doorgerekend moeten worden. Ook wordt aanbevolen om extreem droge periodes nader te beschouwen.

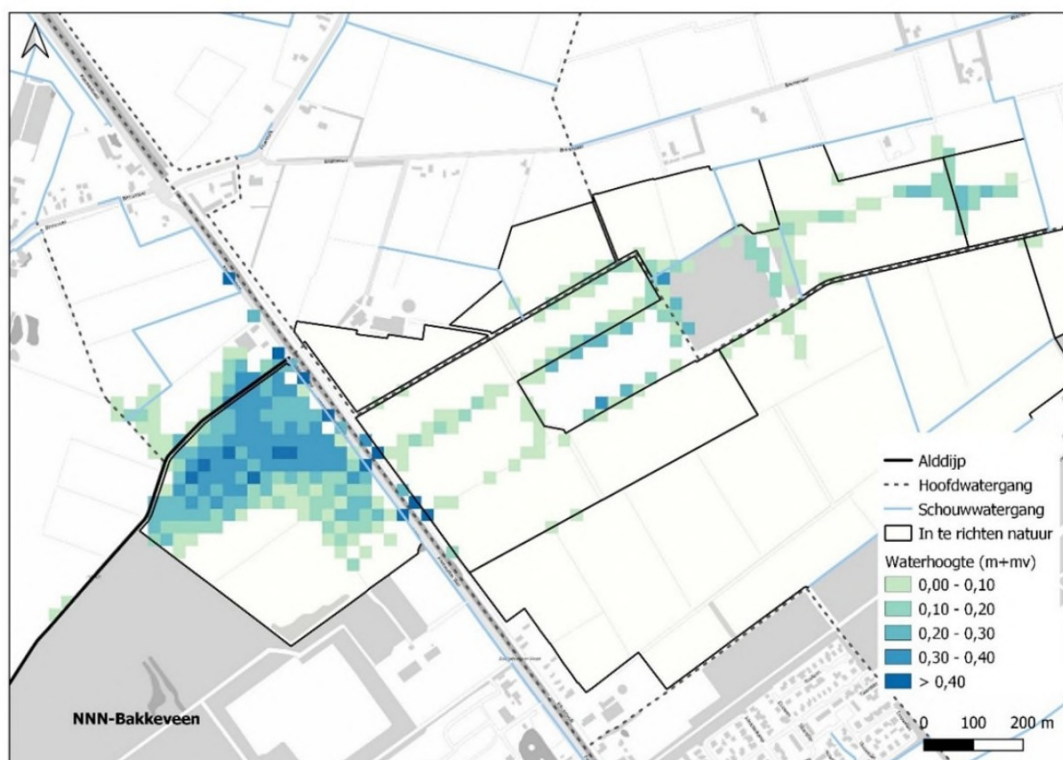
4.3.3 Effecten oppervlaktewater

Door de herprofilering van het Alddijp zijn veranderingen in het zomer- en winterpeil te verwachten. De berekende waterstanden zijn als lengteprofiel opgenomen in figuur 4-22 voor de zomer- en wintersituatie. Het lengteprofiel loopt vanaf de Bakkefeanster Feart tot aan de N381.

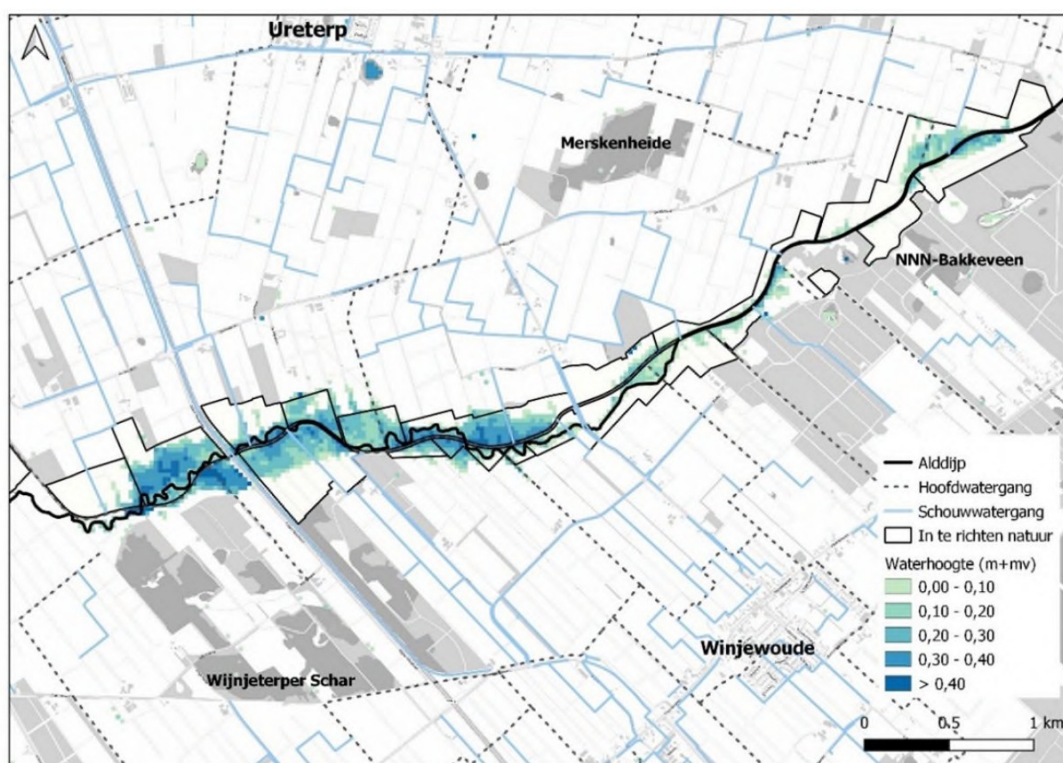


Figuur 4-22 Lengteprofiel stationaire afvoer (zomer en winter)

Op basis van een analytische berekening wordt verwacht dat inundatie optreedt in de winter. Een maximale waterhoogte van 40 cm wordt waargenomen. Het indicatieve overstromingsgebied langs het Alddijp is weergegeven in Figuur 4-23 en Figuur 4-24. Het overstromingsgebied is bepaald op basis van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3) en verschilt per locatie. In het grondwatermodel zijn deze gebieden als 'rivier' opgenomen in de wintersituatie.



Figuur 4-23 Overzicht overstroomingsgebied in de omgeving van het Brongebied

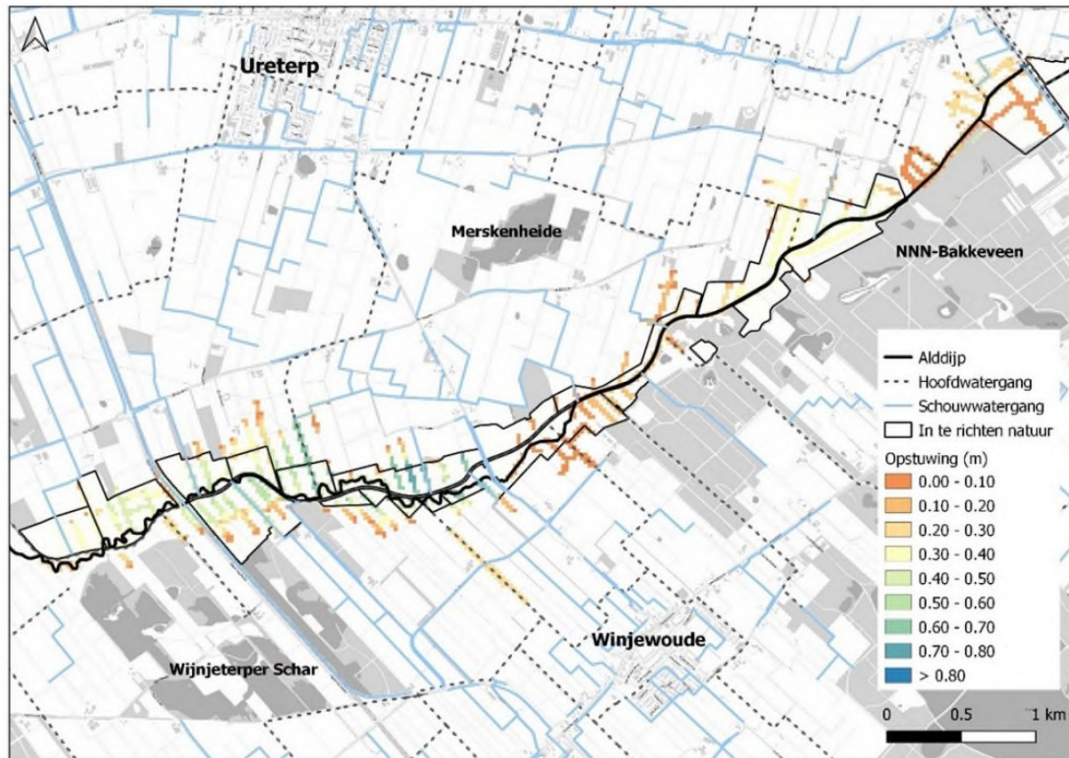


Figuur 4-24 Overzicht overstroomingsgebied langs het Alddijp

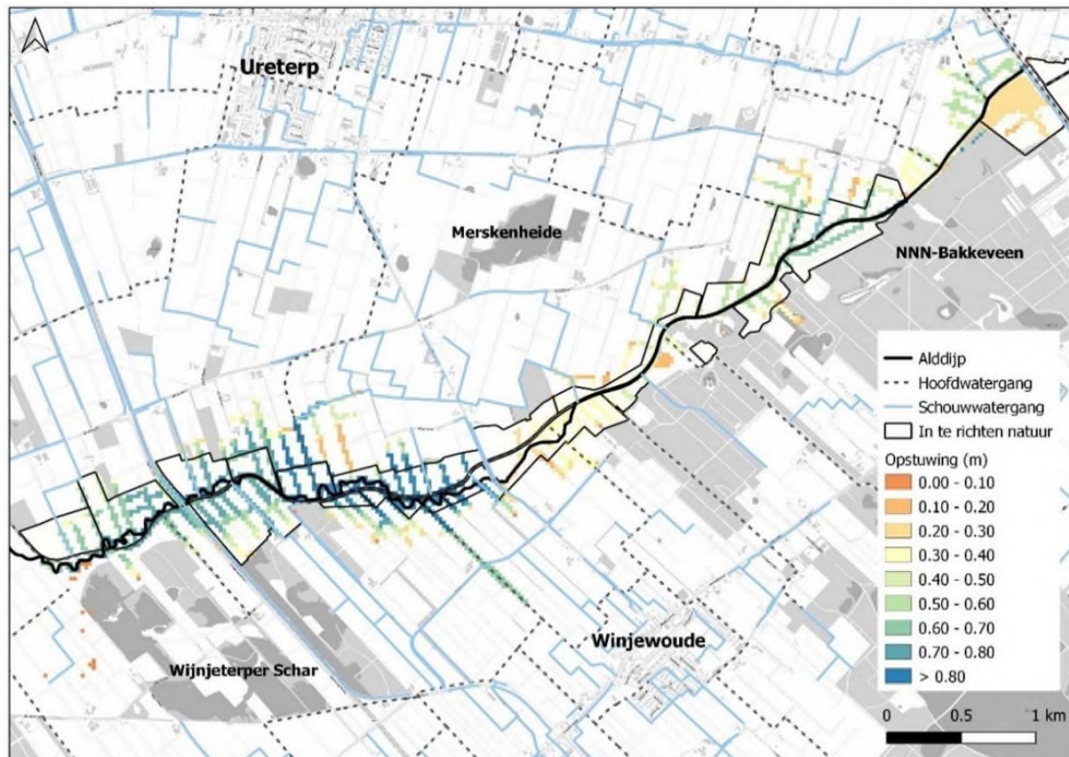
Door de verhoging van het waterpeil in het Alddijp zullen de waterpeilen in de hierop afwaterende waterlopen ook opstuwten. Figuur 4-25 en Figuur 4-26 tonen de opstuwning in de zomer- en

wintersituatie ten opzichte van de huidige situatie die in het grondwatermodel is ingevoerd. Indien voor dit systeem wordt gekozen, adviseren wij om de input van oppervlaktewater voor het grondwatermodel beter inzichtelijk te krijgen door het gebruik van een oppervlaktewatermodel.

Uit Figuur 4-26 blijkt dat de gemiddelde berekende opstuwing in de winter ca. 10 cm is ten zuiden van Foarwurker Wei. In het westelijke deel van het Alddijp vindt de maximale peilverhoging plaats. Hierin kan in de winter een verhoging van het waterpeil met meer dan 80 cm optreden.



Figuur 4-25 Verwacht opstuwing door verhoging en verkleinen van het Alddijp (zomerpeil)



Figuur 4-26 Verwacht opstuwing door verhoging en verkleinen van het Alddijp (winterpeil)

4.3.4 Effecten op grondwater

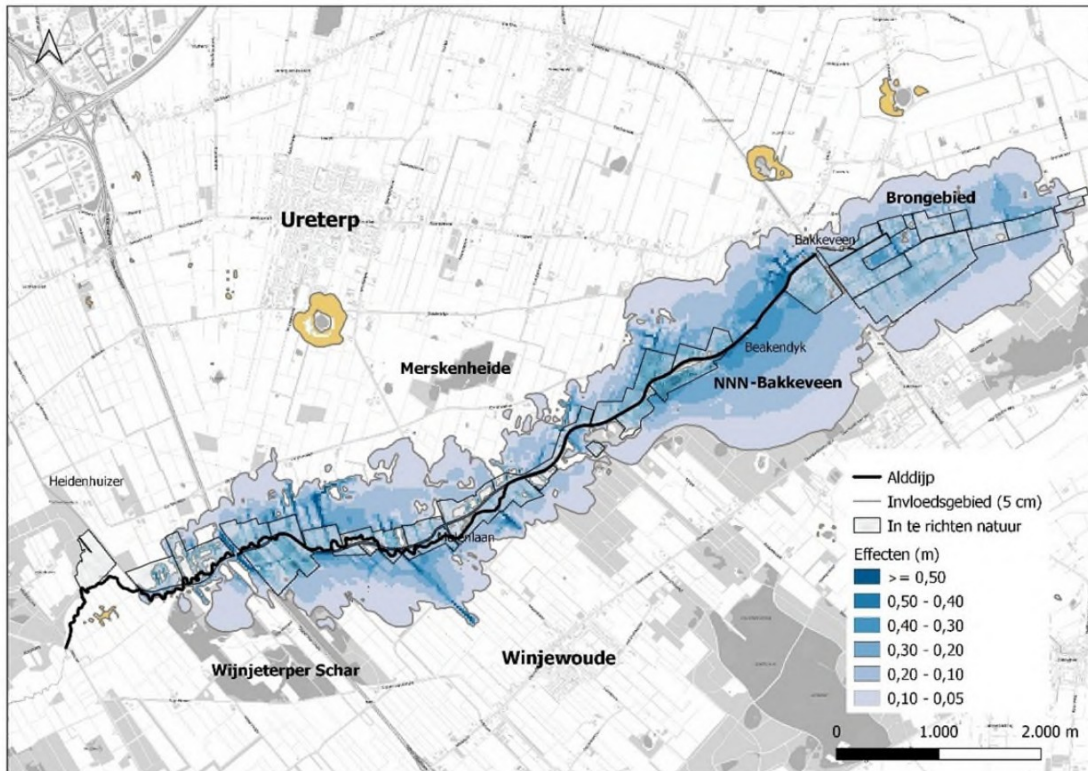
Verandering grondwaterstanden

Het verhogen van de bodemhoogte in het Alddijp, het verkleinen van het dwarsprofiel en de resulterende verhoging van de waterstanden in de beek hebben een effect op de drainerende werking van het Alddijp, en zo ook op de grondwaterstanden rondom het Alddijp.

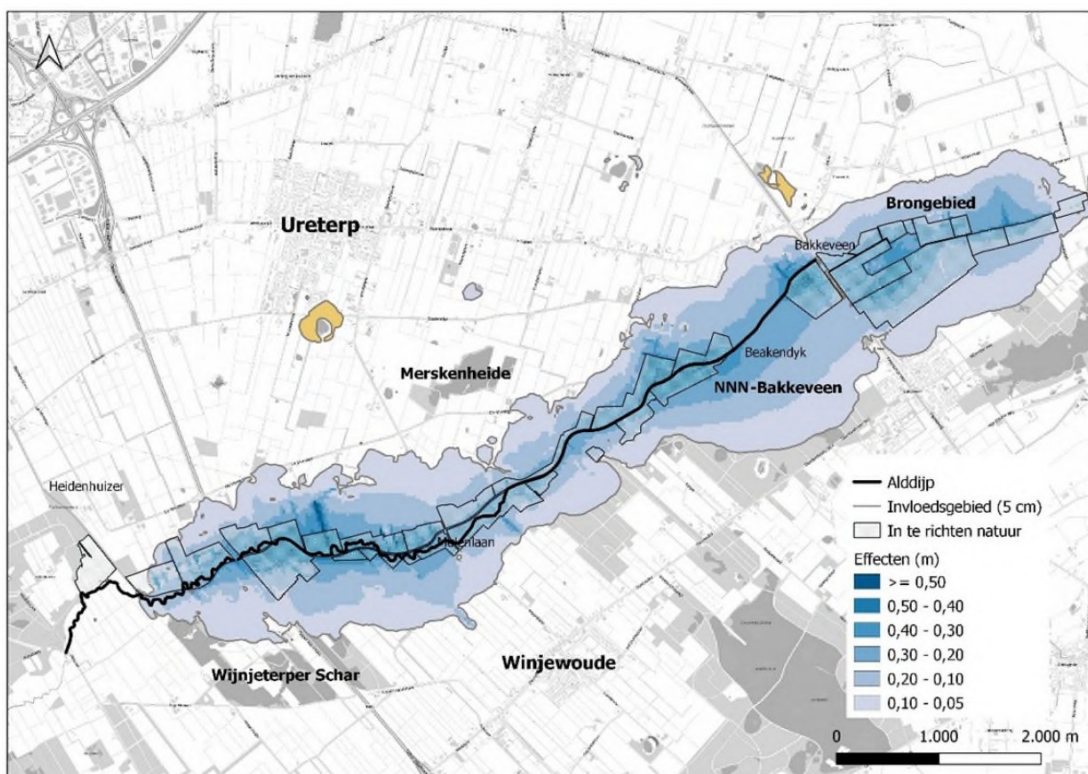
De te verwachten effecten op de grondwaterstanden zijn weergegeven in Figuur 4-27 en Figuur 4-28. Effecten op de grondwaterstanden (>5 cm verschil) zijn aanwezig tot circa 500 à 600 m vanaf de waterlopen voor zowel de GHG- als GLG-situatie. Aan de zuidkant, ter hoogte van het NNN-gebied bij Bakkeveen, waar geen ontwateringsmiddelen aanwezig zijn, reikt de invloed tot ca. 1.100 m.

De maximale grondwaterstandsverhoging (ongeveer 60 cm bij de GHG) wordt waargenomen in het meandergebied tussen stuw Heidehuizen en Wijnjeterper Schar. Voor de GLG-situatie is de maximale verhoging circa 50 cm. In bijlage 5 zijn de kaarten groter getoond, daarnaast is de GVG weergegeven.

De figuren laten zien dat zowel voor de GHG- als de GLG-situatie er lokaal een verlaging (gele gebiedjes) van de grondwaterstanden is berekend buiten het invloedsgebied van de beek. De verlaging varieert ca. 5 cm, is niet te relateren aan maatregelen en wordt daarom niet als relevant beschouwd. Deze verlagingen hangen waarschijnlijk samen met enige modelinstabiliteit bij gaten in de keileemlaag.



Figuur 4-27 Verskil in GHG ten opzichte van de referentiesituatie voor inzichtscenario 'ongestuurd' (in m). De berekende verlaging van 5 cm is in geel aangegeven.



Figuur 4-28 Verskil in GLG ten opzichte van de referentiesituatie voor inzichtscenario 'ongestuurd' (in m). De berekende verlaging van 5 cm is in geel aangegeven.

Uit de GIS-analyse blijkt dat de natuurgebieden Merskenheide, Bakkeveen Duinen en Duurswouderheide buiten het invloedsgebied van de maatregelen liggen. Er is geen sprake van verandering in de grondwaterstand in deze gebieden.

NNN bij Bakkeveen

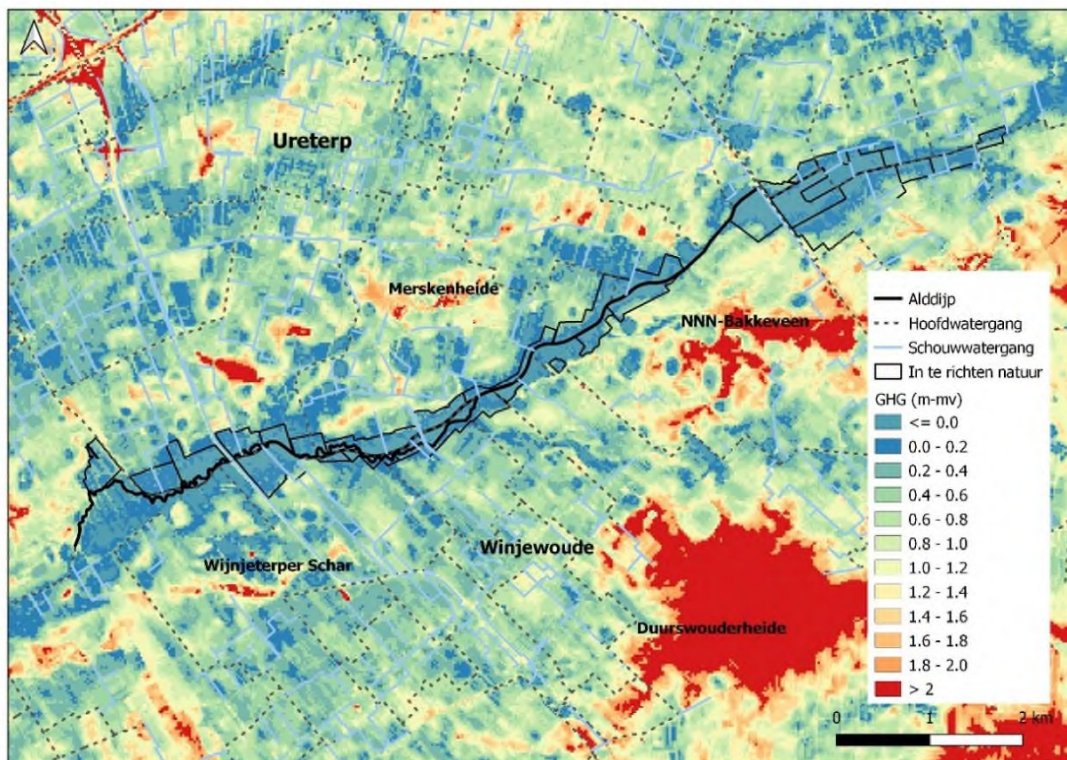
Voor de GHG-situatie varieert de grondwaterstand tussen NAP +3,0 m tot +4,7. De GLG in dit gebied varieert van NAP +2,30 m tot +4,40 m. Er is een maximale verhoging van de grondwaterstand van 35 cm voor de GHG-situatie en 25 cm voor de GLG-situatie berekend. Effecten op de grondwaterstanden zijn aanwezig tot circa 1,2 km van het Alddijp voor zowel de GHG- als GLG-situatie.

Wijnjeterper Schar

Het Natura 2000-gebied 'Wijnjeterper Schar' ligt binnen het invloedsgebied van de verhoging van de grondwaterstand. Voor de GHG-situatie varieert de grondwaterstand tussen NAP +1,70 m tot +3,0 m. De GLG ligt ongeveer 50 cm onder de GHG. Er wordt een maximale verhoging van de grondwaterstand van 10 cm voor zowel de GHG en GLG-situatie verwacht. Effecten op de grondwaterstanden zijn aanwezig tot 550 m van het Alddijp.

Grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld

In figuur 4-29 zijn de grondwaterstanden opzichte maaiveld voor de GHG-situatie te zien. In bijlage 5 zijn de grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld voor de GLG en GVG te vinden.



Figuur 4-29 Ontwateringsdiepte 'Ongestuurd systeem' bij een winter situatie (GHG)

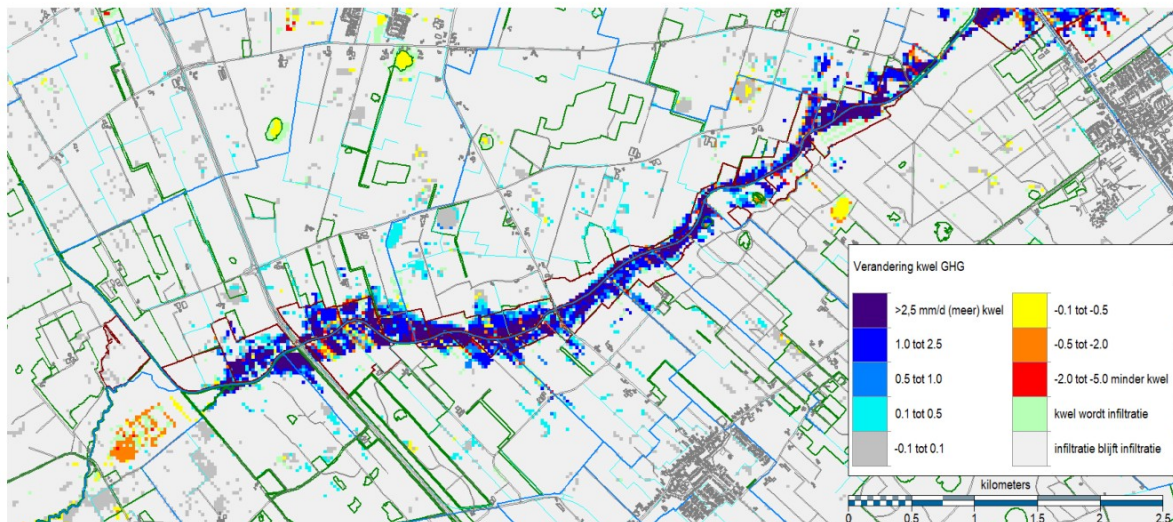
Uit de kaart blijkt dat in de toekomstige NNN-gebieden langs het Alddijp de grondwaterstand in de winter overwegend boven maaiveld zal liggen. Dat is in overeenstemming met de herinrichting in dit scenario, waarbij het waterpeil van het Alddijp bij een afvoer groter dan het zomergemiddelde zal gaan inunderen.

Kwel

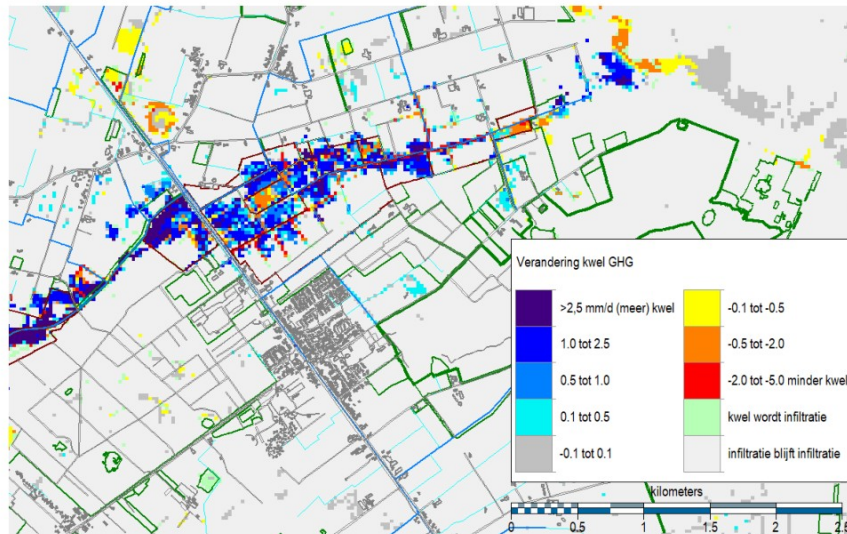
Figuur 4-30 t/m Figuur 4-33 tonen de verandering van de kwel binnen het stroomgebied van het Koningsdiep voor de langjarig gemiddelde situatie (2007 t/m 2014) bij de GHG en de GLG in het ongestuurde systeem. In de figuren is de verandering van de kwel van het eerste watervoerende pakket (modellaag 2) naar de deklaag (modellaag 1) getoond. Hierbij is met geel/oranje/rood aangegeven waar de kwel afneemt ten opzichte van de referentiesituatie, en met lichtgroen waar kwel omslaat naar infiltratie. Waar infiltratie in de referentiesituatie bij het gestuurde systeem kwel wordt, is de grootte van de kwel getoond. Wanneer er in de referentiesituatie kwel is, en deze bij het gestuurde systeem toeneemt, is de toename van de kwel weergegeven. In bijlage 6 is een uitgebreider overzicht van de kwel en de verandering ervan opgenomen

Zichtbaar is dat ten opzichte van de referentiesituatie er bij de GHG dichtbij het Alddijp een kwel of een toename van de kwel met 1 tot meer dan 2,5 mm/d van de kwel is berekend. Bij de GLG is er bij het Alddijp zelf deels een afname van de kwel, maar in een brede zone er omheen is er een (toename van de) kwel tussen 0,1 en 0,5 mm/d berekend.

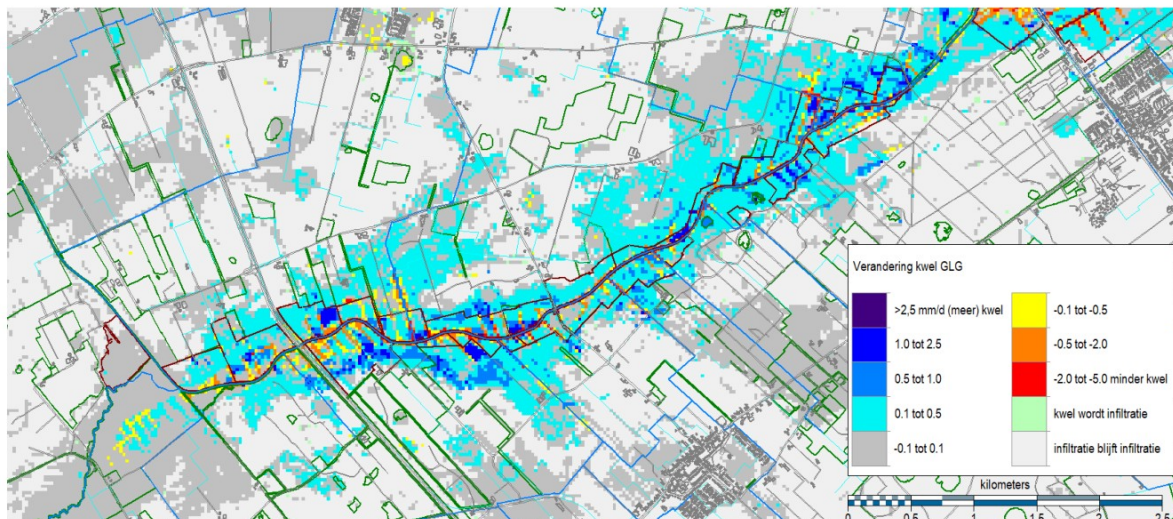
Bij de vergelijking van het gestuurde en ongestuurde systeem in par. 4.4 is nader ingegaan op de kwel in enkele dwarsprofielen.



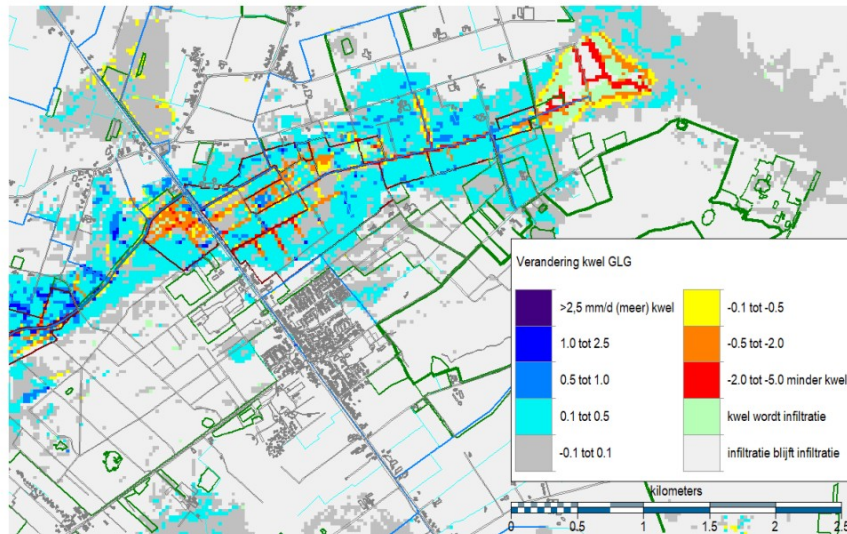
Figuur 4-30: Verandering kwel ongestuurd systeem GHG-situatie in mm/d tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, westelijk deel (oranje-rood: afname kwel, blauw: (toename) kwel)



Figuur 4-31: Verandering kwel ongestuurd systeem GHG-situatie in mm/d tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, brongebied (oranje-rood: afname kwel, blauw: (toename) kwel)



Figuur 4-32: Verandering kwel ongestuurd systeem GLG-situatie in mm/d tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, westelijk deel (oranje-rood: afname kwel, blauw: (toename) kwel)



Figuur 4-33: Verandering kwel ongestuurd systeem GLG-situatie in mm/d tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1) voor de periode 2007-2014, brongebied (oranje-rood: afname kwel, blauw: (toename) kwel)

4.3.4.1 Effecten op de natuur

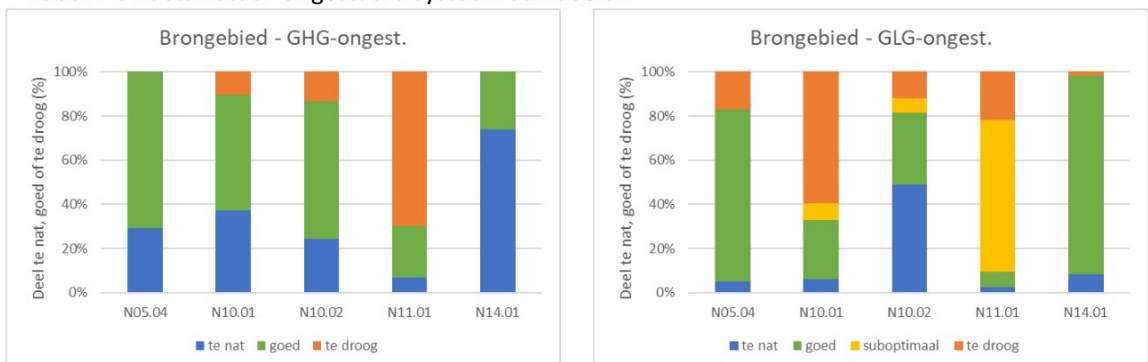
Zoals toegelicht in par. 2.1, zijn de effecten op natuur getoetst door middel van een aantal punten binnen de (toekomstige) natuurgebieden. Hierbij is getoetst aan de langjarige GHG en GLG, die met het grondwatermodel is berekend. In Tabel 4-6 zijn de resultaten samengevat.

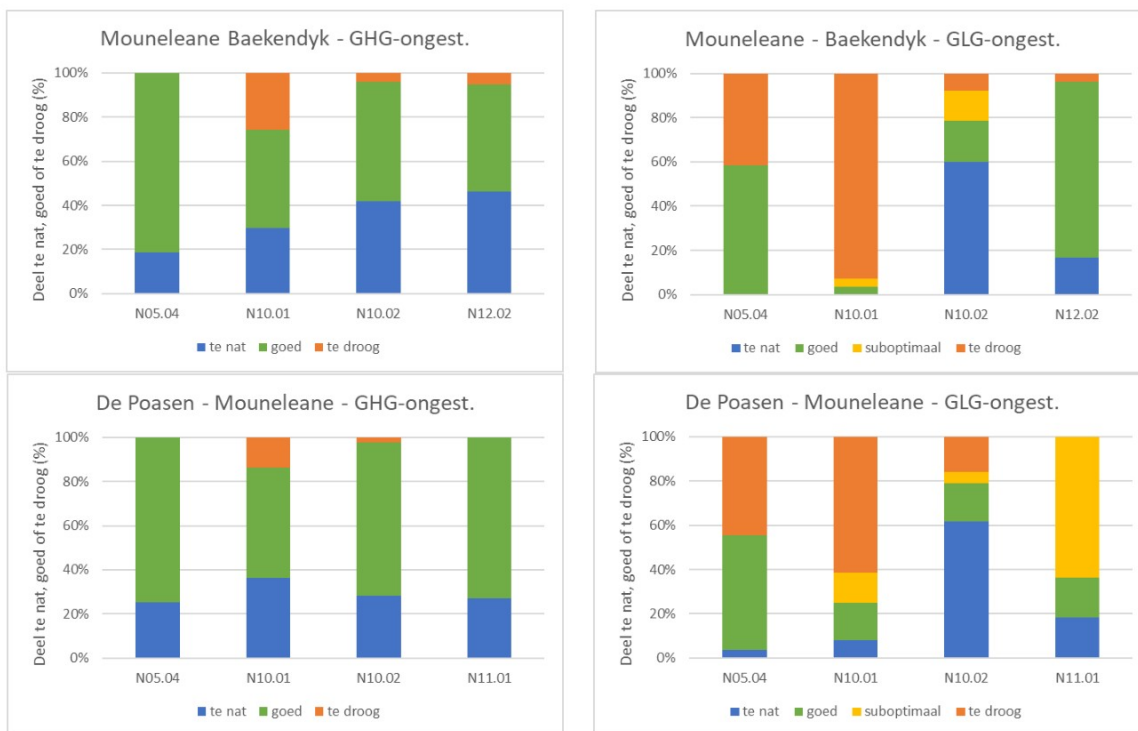
Naast onderstaande toets op effecten op natuur is in par. 4.4 ook ingegaan op de effecten op natuur zoals getoond in de dwarsprofielen.

Waar de punten voldoen aan de GHG of GLG voor het gewenste natuurdoel, zijn deze groen weergegeven. Wanneer ze niet voldoen, zijn ze rood weergegeven. In de praktijk zal er eerder een glijdende schaal zijn, waarbij er suboptimale condities zijn voor de gewenste natuurdoelen.

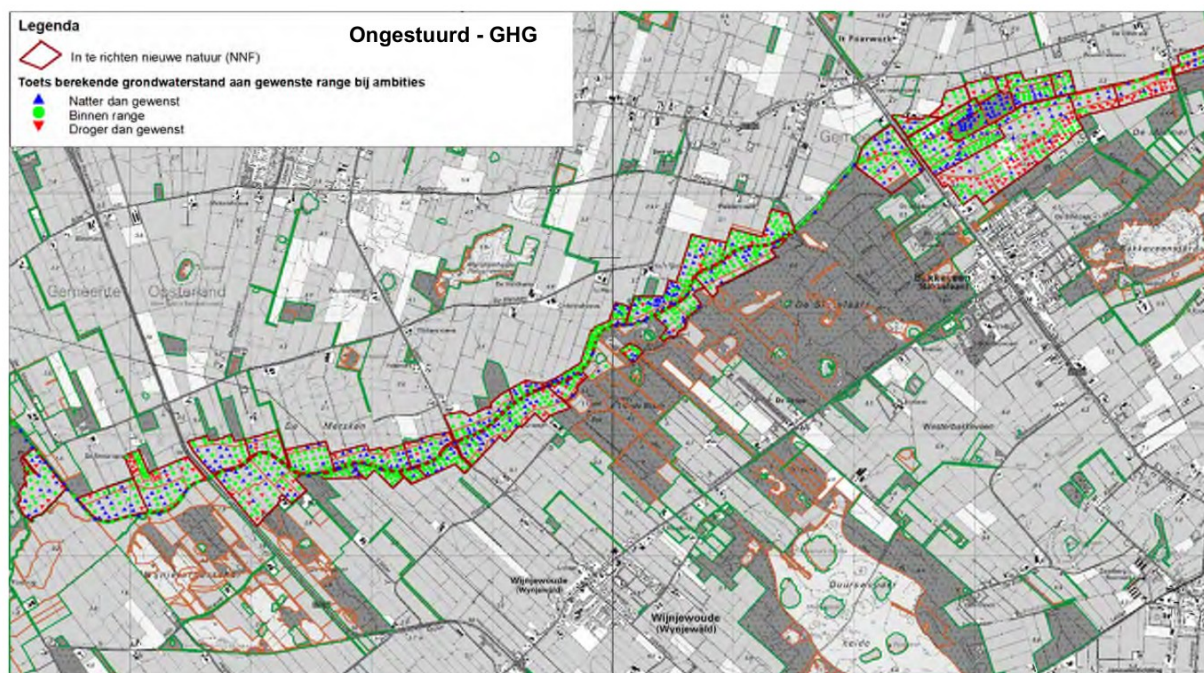
In het algemeen wordt geconcludeerd dat de GHG bij het ongestuurde scenario beter aan de eisen voldoet dan de referentiesituatie. Wel zijn er locaties waar de GHG te hoog komt te liggen (te nat). Ook bij de GLG is er een verbetering van de resultaten ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 4-6 Toets natuur Ongestuurd systeem aan doelen

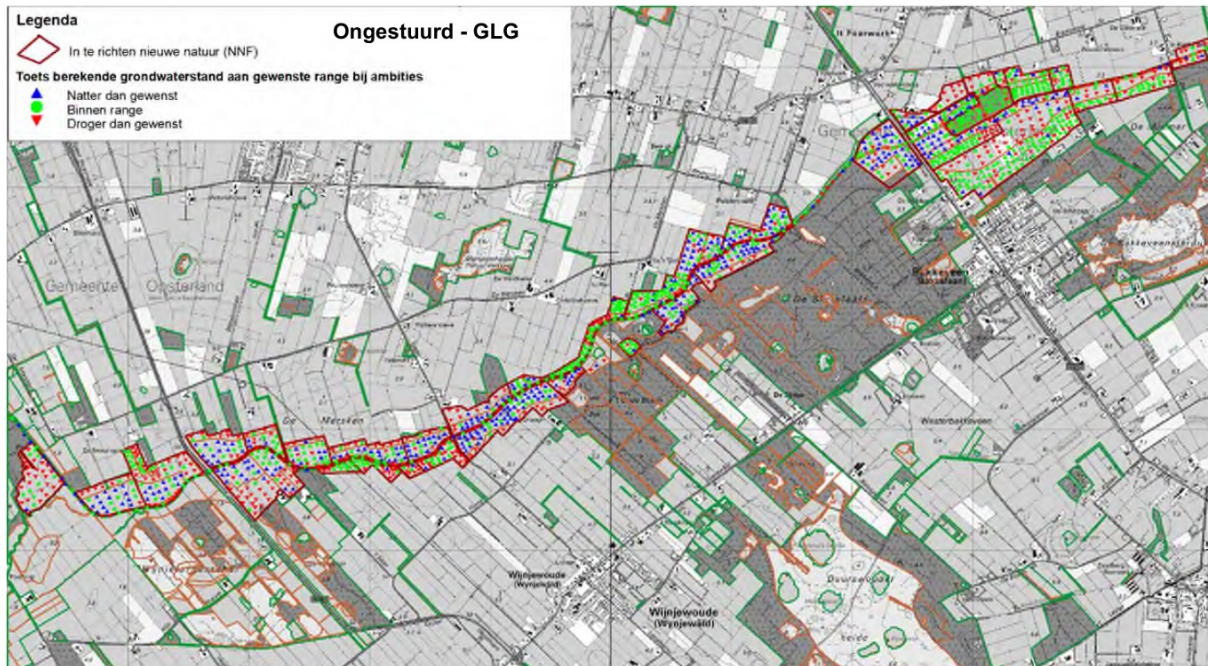




De resultaten van deze toetsing zijn ook ruimtelijk weergegeven in Figuur 4-34 en Figuur 4-35.



Figuur 4-34: Toets berekende GHG bij het ongestuurde scenario aan de range voor de GHG bij de ambities voor nieuwe natuur



Figuur 4-35: Toets berekende GLG bij het ongestuurde scenario aan de range voor de GHG bij de ambities voor nieuwe natuur

In het brongebied, waar de belangrijkste ambities N10.01 (nat schraalgrasland), N10.02 (vochtig hooiland) en N11.01 (droog schraalgrasland) zijn (samen 80% van het gebied), wordt bij de GHG bij 30% tot 90% aan het doel voldaan of ligt deze te hoog. Bij de referentiesituatie was dit 10% tot 65%.

Bij de GLG is bij N10.02 nog maar 12% van de oppervlakte te droog (45% bij de referentiesituatie). N11.01 blijft overwegend suboptimaal, maar is nergens echt te droog. Bij N10.01 neemt de oppervlakte te droog af van 95% in de referentiesituatie naar 60%.

In het gebied tussen Beakendyk en Mounleane is N10.02 (vochtig hooiland) de belangrijkste ambitie, met ongeveer 60% van de oppervlakte. Kruiden- en faunarijck hooiland (N12.02) beslaat ongeveer 20% van de oppervlakte en dynamisch moeras (N05.04) ca. 12% van de oppervlakte. De GHG bij deze natuuroeltypen wordt bij het ongestuurde scenario vrijwel overal bereikt of overschreden, in minder dan 5% van het gebied ligt de GHG te laag.

De GLG wordt bij N10.01 en N12.02 in meer dan 90% van het gebied bereikt of overschreden. Bij het dynamische moeras (N05.04) zakt de GLG echter te diep weg, in 60% van het gebied wordt de gewenste GLG bereikt. Dit is wel beter dan in de referentiesituatie, waar in slechts 12% van het gebied wordt bereikt.

Voor het gebied tussen Mounleane en De Poasen wordt vooral gestreefd naar vochtig hooiland (N10.02, 50%), dynamisch moeras (N05.04, 23%) en nat schraalland (N10.01, 24%). Ook hier is een duidelijke verbetering van de GHG zichtbaar, in 2% tot 15% van de oppervlakte ligt deze nog te laag, ten opzichte van 20% tot 45% in de referentiesituatie.

Bij de GLG is er ook sprake van een verbetering ten opzichte van de referentiesituatie. Bij N10.02 voldoet 15% van de oppervlakte niet aan de doelen, en de oppervlakte die als te nat wordt beoordeeld, neemt toe tot 60%. Bij N05.04 en N10.01 liggen in 45% tot 60% van de oppervlakte de grondwaterstanden in de zomer te laag.

4.3.4.2 Effecten op de bebouwing en wegen

Binnen het invloedsgebied van de verhoging van de grondwaterstanden voor zowel de GHG- als de GLG-situatie liggen delen van het bebouwd gebied Bakkeveen, en de wegen Foarwurker Wei en N381. De ontwateringsdiepte is weergegeven in Figuur 4-27 en Figuur 4-28.

Foarwurker Wei

Binnen het invloedsgebied van de verhoging van de grondwaterstanden is de ontwateringsdiepte bij de GHG ter hoogte van de Foarwurkerwei over het algemeen groter dan 0,7 m. Dit is minder dan gewenst wordt voor een hoofdweg (gewenst 1,0 m). De veranderingen in de grondwaterstand bij de weg zijn over het algemeen kleiner dan 5 cm. Ten opzichte van de referentiesituatie neemt de ontwateringsdiepte dus nauwelijks af.

N381

In het westen van het plangebied ligt de N381. Deze weg ligt overwegend 0,5 à 1,0 m verhoogd ten opzichte van het maaiveld in de omgeving. De grondwaterstand wordt hier plaatselijk met 10 tot 25 cm verhoogd. De ontwateringsdiepte bij de weg neemt daardoor in delen af tot 0,8 à 0,9 m en voldoet daar niet meer aan de norm.

Bakkeveen

In Bakkeveen ligt de grondwaterstand bij de GHG-situatie rond NAP +4,5 m. De GLG in dit gebied ligt over het algemeen ca. 0,5 m onder de GHG. De ontwateringsdiepte bij de GHG ligt in de hele plaats dieper dan 1,0 m, en vaak ook dieper dan 1,2 m of zelfs dieper dan 1,5 m, zoals zichtbaar in Figuur 4-7.

De verhoging van de grondwaterstand in Bakkeveen ligt tussen 5 en 10 cm. Op basis van de berekende ontwateringsdiepte worden geen negatieve effecten zoals grondwateroverlast verwacht. Er is geen sprake van verlaging van de grondwaterstand, en er zijn dus geen zettingsrisico's.

Ureterp

Ureterp ligt buiten het invloedsgebied van de grondwaterstandverhoging door de herprofilering van het Alldjip. Er zijn hier dus geen effecten op bebouwing.

Wijnjewoude

Wijnjewoude ligt buiten het invloedsgebied van de grondwaterstandverhoging door de herprofilering van het Alldjip. Ook hier zijn dus geen effecten op bebouwing te verwachten.

4.3.4.3 Effecten op de landbouw

De berekende GXG (periode 2007-2014) is gebruikt om de verandering van de opbrengstderving te bepalen middels de Waterwijzer Landbouw (WWL). Binnen het invloedsgebied van de verhoging van de grondwaterstanden voor zowel de GHG- als de GLG-situatie zijn in de huidige situatie landbouwgebieden gelegen. Hoewel een (groot) deel van deze gebieden toekomstige natuur is, is toch nog getoetst op het huidige landbouwgebruik.

Figuur 4-36 tot Figuur 4-38 laten de veranderingen zien van de langjarig gemiddelde opbrengstderving (in %) ten opzichte van de referentiesituatie voor respectievelijk combinatie-, droogte- en natschade. De totale opbrengstderving is opgenomen in bijlage 5, waar alle kaarten van het ongestuurde systeem zijn opgenomen.

De oppervlaktes met de aangegeven opbrengstderving zijn opgenomen in Tabel 4-7 en Tabel 4-8. De verandering van oppervlakte landbouwgrond met de aangegeven opbrengstderving is

opgenomen in Tabel 4-9 en Tabel 4-10. Bij deze tabellen is een negatief getal een afname van de oppervlakte met een bepaalde opbrengstderving. Bij een positief getal neemt de oppervlakte met die opbrengstderving toe met het genoemde aantal hectares.

Tabel 4-7: Oppervlakte landbouw (in ha) met opbrengstderving bij het ongestuurde scenario – onderzoeksgebied buiten toekomstige NNN

Opbrengstderving	Combinatieschade	Natschade	Droogteschade
<5%	4.542,8	6.311,7	5.740,3
5-10%	1.215,1	514,3	857,2
10-20%	1.201,4	410,4	797,6
20-30%	442,6	160,4	282,7
>30%	275,4	279,8	0,0

Tabel 4-8: Oppervlakte landbouw met opbrengstderving (in ha) bij het ongestuurde scenario – toekomstige NNN

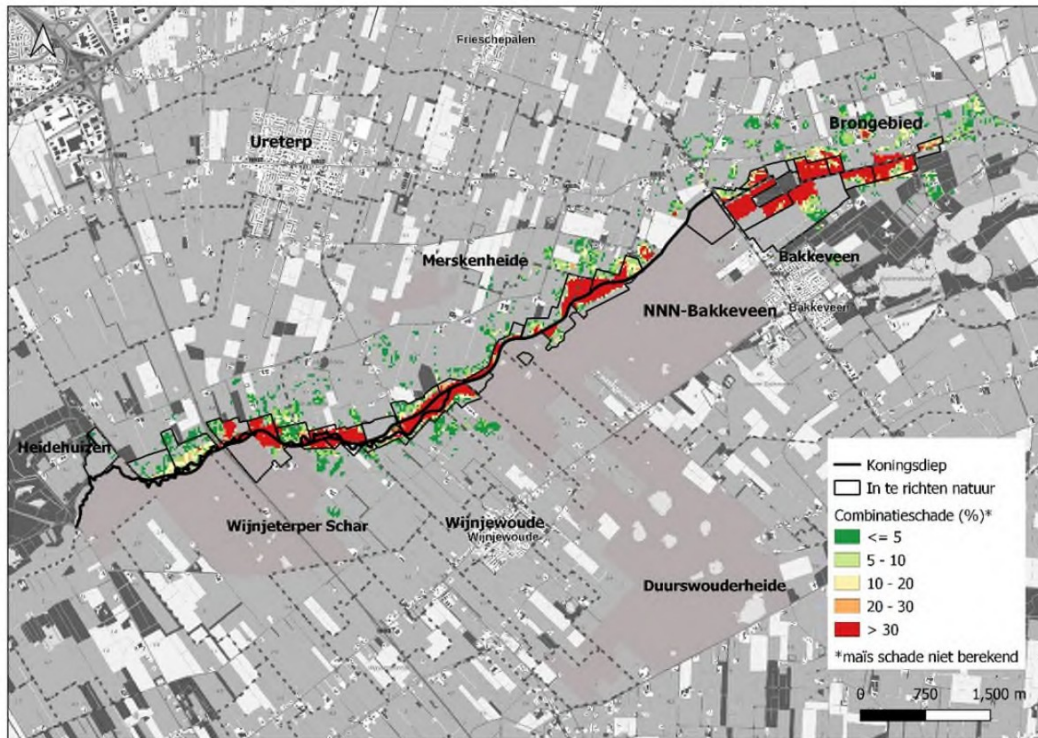
Opbrengstderving	Combinatieschade	Natschade	Droogteschade
<5%	20,5	21,1	223,6
5-10%	13,5	14,6	11,1
10-20%	21,8	25,9	0
20-30%	17,5	13,3	0
>30%	161,5	159,8	0

Tabel 4-9: Verandering oppervlakte landbouw met opbrengstderving (in ha) bij het ongestuurde scenario – onderzoeksgebied buiten toekomstige NNN

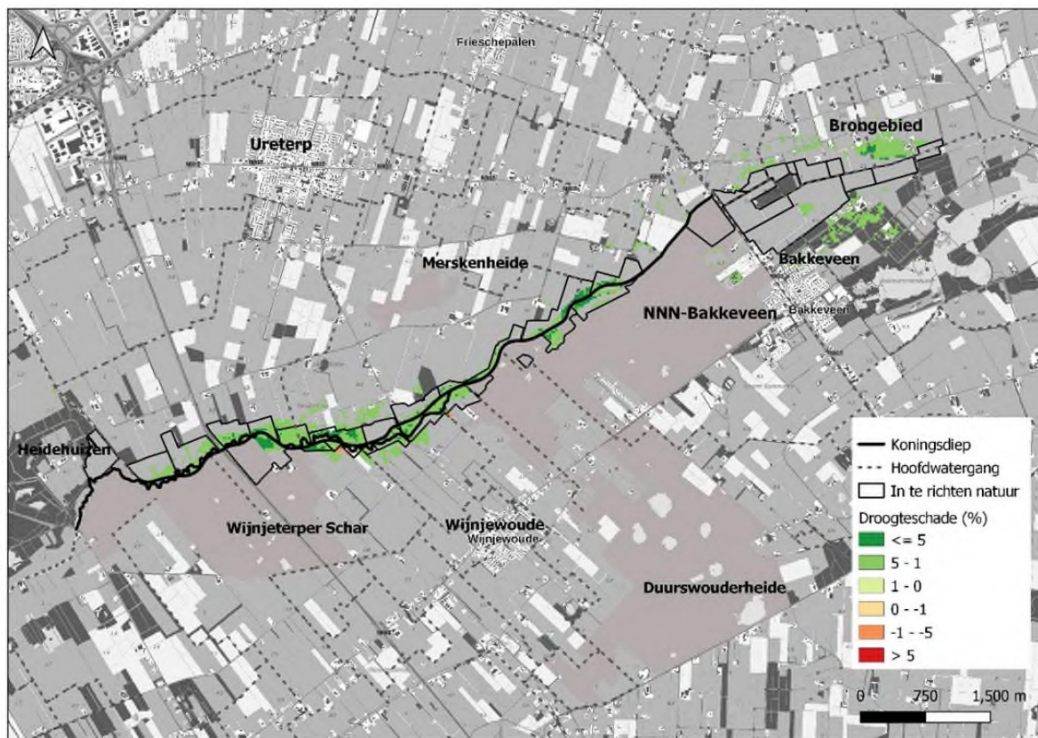
Opbrengstderving	Combinatieschade	Natschade	Droogteschade
<5% toename	-55,8	-86,8	26,4
5-10% toename	4,5	7,3	-7,3
10-20% toename	-0,3	19,6	-15,6
20-30% toename	7,4	14,5	-3,6
>30% toename	43,6	44,1	0

Tabel 4-10: Verandering oppervlakte landbouw met opbrengstderving (in ha) bij het ongestuurde scenario – toekomstige NNN

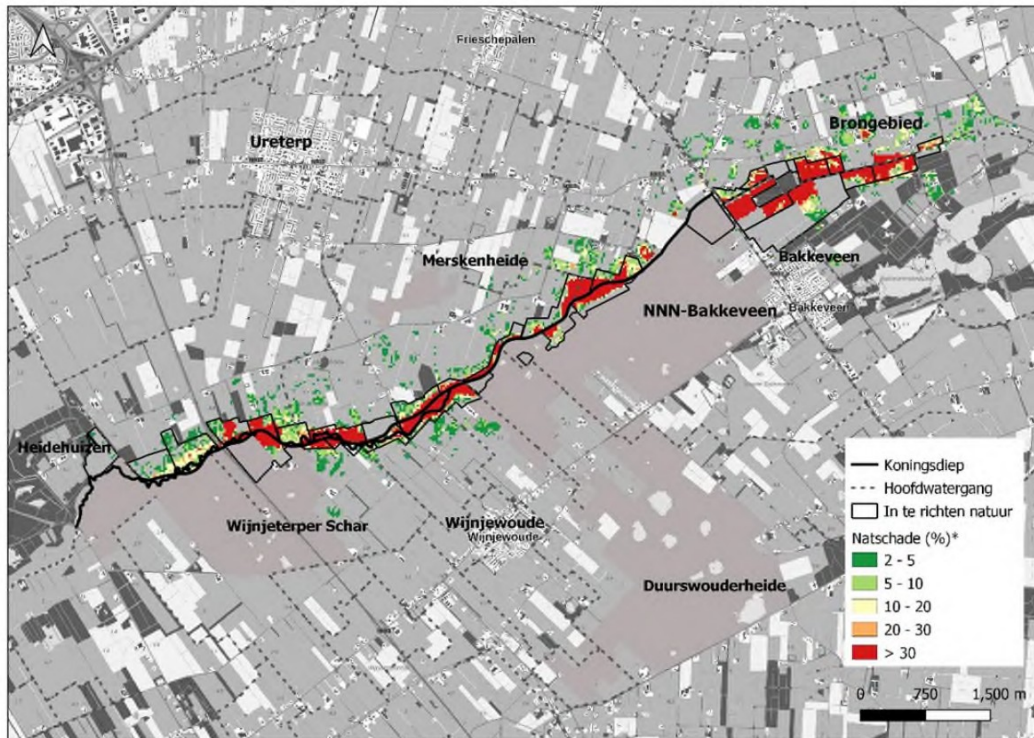
Opbrengstderving	Combinatieschade	Natschade	Droogteschade
<5% toename	-41,4	-39,6	40,2
5-10% toename	-6,8	-27,1	-38,2
10-20% toename	-54,4	-45,3	-2,0
20-30% toename	-16,1	-7,1	0
>30% toename	118,7	119,1	0



Figuur 4-36 Weergave verandering langjarig gemiddelde opbrengstderving 'ongestuurd systeem' min referentiesituatie (combinatieschade in %).



Figuur 4-37 Weergave verandering langjarig gemiddelde opbrengstderving 'ongestuurd systeem' min referentiesituatie (droogteschade in %, groen: afname droogteschade, rood: toename droogteschade).



Figuur 4-38 Weergave verandering langjarig gemiddelde opbrengstderving 'ongestuurd systeem' min referentie situatie (natschade in %).

Uit de figuren blijkt dat de grote veranderingen in opbrengstderving hoofdzakelijk plaatsvindt binnen de toekomstige NNN-gebieden. Over een oppervlakte van bijna 180 ha is een opbrengstderving van meer dan 20% te verwachten. Aangezien het landgebruik van deze percelen zal veranderen, wordt dit niet als negatief voor de landbouw gezien.

Op sommige locaties, die aangeduid zijn in Figuur 4-36, kan ook buiten de toekomstige NNN de verandering van de opbrengstderving oplopen tot meer dan 30%. Uitsplitsing over droogte- en natschade laat zien dat de totale opbrengstderving vooral door een toename van natschade wordt bepaald.

Op enige afstand van het beekdal (buiten de aangeduide gebieden) is een beperkte afname van de opbrengstschade door droogte te zien (1 tot 5%). Hier is ook een toename van de natschade zichtbaar, van 5 tot 20%. Bij de combinatieschade is de toename van de natschade belangrijker dan de afname van de droogteschade, waardoor er op deze percelen een toename van de combinatieschade van overwegend 2 tot 5%, maar plaatselijk ook oplopend tot 20% verwacht wordt.

Om negatieve gevolgen voor de landbouw buiten de NNN-gebieden te beperken, zijn mitigerende maatregelen benodigd. Dit kan een aanpassing van de inrichting zijn, waardoor de (grond)waterstanden minder hoog worden. Daarnaast kunnen maatregelen zoals de aanleg van extra sloten en/of drainage in de landbouwpercelen worden overwogen. Tenslotte kan worden overwogen om een groter gebied aan de landbouw te onttrekken en als natuur in te richten.

Overigens wordt opgemerkt dat in het grootste deel van het landbouwgebied buiten de toekomstige NNN is nauwelijks of geen verandering van de opbrengstderving. In totaal wordt in 56 ha landbouwgrond de combinatieschade beïnvloed door de maatregelen. In 87 ha wordt de natschade beïnvloed, en in 26 ha de droogteschade.

4.3.5 Conclusie ongestuurd systeem

Het inzichtscenario 'ongestuurd systeem' omvat in het Brongebied, oostelijk van de Foarwurker Wei, dezelfde maatregelen als het inzichtscenario 'gestuurd systeem'. Stroomafwaarts van deze weg wordt het Alddijp opnieuw geprofileerd. Hierbij wordt de bodem van de beek verhoogd en het bakje verkleind, zodat bij de gemiddelde zomerafvoer het waterpeil ongeveer tot aan maaiveld komt. Bij een grotere afvoer treedt inundatie van het beekdal op. In de wintersituatie is er in vrijwel het hele beekdal inundatie.

Bij dit scenario worden de grondwaterstanden in de wintersituatie tot maximaal 60 cm verhoogd, in de zomersituatie is de maximale verhoging ca. 50 cm. Het invloedsgebied (verandering grondwaterstand meer dan 5 cm) is in het grootste deel van het gebied ca. 500 tot 600 m. Aan de zuidkant, ter hoogte van het NNN-gebied bij Bakkeveen, waar geen ontwateringsmiddelen aanwezig zijn, reikt de invloed tot ca. 1.100 m.

In het beekdal komen de grondwaterstanden in de wintersituatie tot maaiveld of (ruim) boven maaiveld te staan. In de zomer liggen de grondwaterstanden dieper, op enige afstand vanaf de beek meer dan 0,4 m -mv.

Het brongebied voldoet bij het ongestuurde scenario grotendeels aan de GHG voor de gewenste natuurdoelen. Bij de GLG zijn er in delen te droge of suboptimale omstandigheden. Een aanpassing van de ambitie van nat schraalland (N10.01) naar vochtig hooiland (N10.02) of droog schraalgrasland (N11.01) kan hier zinvol zijn.

In het gebied tussen Beakendyk en Mounleane worden de gewenste GHG's bij het ongestuurde scenario grotendeels bereikt of overschreden, en zijn de resultaten nog iets beter dan bij het gestuurde scenario. Bij de GLG zakt vooral in het dynamische moeras (N05.04) de grondwaterstand te diep weg.

In het gebied tussen Mounleane en De Poasen worden de gewenste GHG's vrijwel overal behaald of zelfs overschreden. De GLG zakt vooral bij N05.04 (dynamisch moeras) en N10.01 (nat schraalland) verder uit dan wenselijk is.

Bij het bebouwde gebied en de Foarwurkerwei is geen negatief effect op de ontwateringsdiepte berekend. Bij de N381 neemt de berekende ontwateringsdiepte lokaal af tot 0,8 à 0,9 m, dus iets minder dan de norm (1,0 m).

Met de Waterwijzer Landbouw (WWL) zijn de gevolgen voor landbouw berekend. De toekomstige NNN-gebieden zijn hierin ook meegenomen, omdat dit in de huidige situatie landbouw is. Uit de berekeningen blijkt dat er als gevolg van natschade een grote toename is van de opbrengstderving. Hoewel deze grotendeels in de toekomstige NNN-gebieden ligt, zijn er ook enkele locaties daarbuiten waar een verandering van de opbrengstderving met meer dan 30% is berekend.

Om negatieve gevolgen voor de landbouw buiten de NNN-gebieden te beperken, zijn mitigerende maatregelen benodigd. Dit kan deels een aanpassing van de inrichting zijn, waarmee gelijktijdig ook té natte situaties voor natuur beperkt worden. Daarnaast kunnen maatregelen zoals de aanleg van sloten en/of drainage in de landbouwpercelen worden overwogen.

4.4 Vergelijking inzichtscenario's

In paragraaf 4.2 en 04.3 zijn de effecten van de inzichtscenario's ten opzichte van de referentiesituatie beschreven. Deze paragraaf vergelijkt de twee inzichtscenario's onderling.

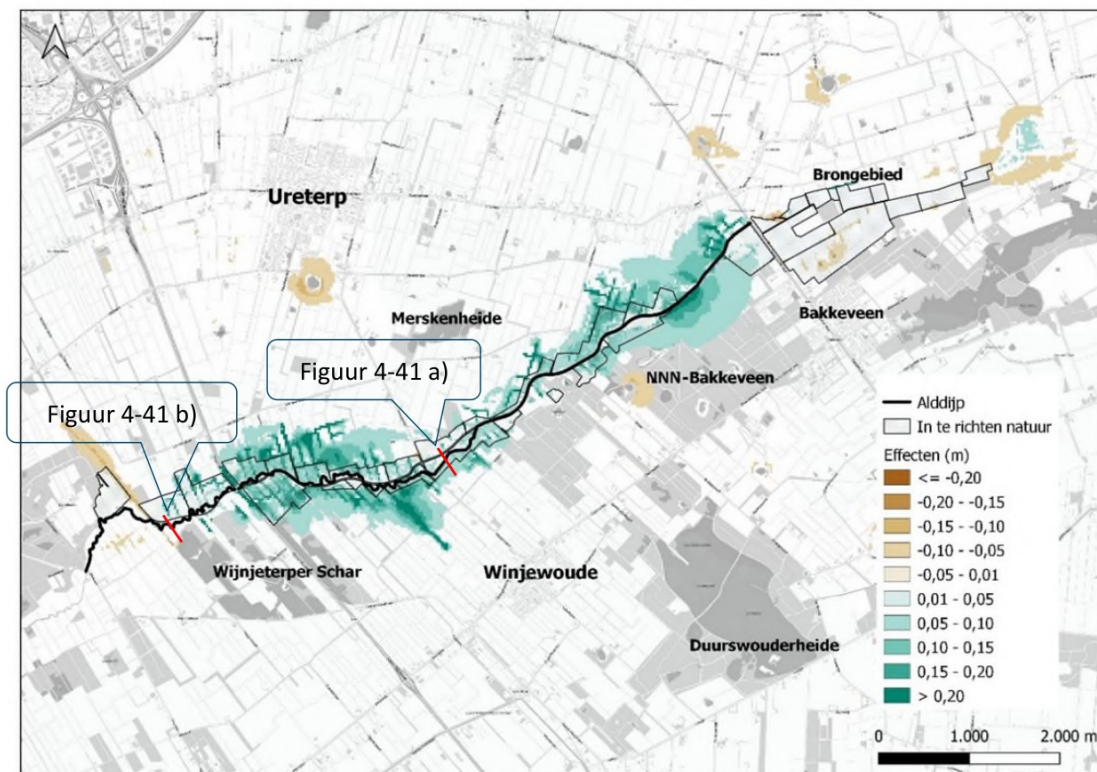
Verandering grondwaterstanden

In Figuur 4-39 en Figuur 4-40 is te zien dat de herprofilering (ongestuurd systeem) van het Alddijp resulteert in een grotere verhoging van de grondwaterstanden ten opzichte de verwachte effecten van het gestuurd systeem. Deze verschillen zijn vrijwel uitsluitend zichtbaar in het gebied stroomafwaarts van de Foarwurker Wei. Dat is in overeenstemming met de verwachting, aangezien de maatregelen in het Brongebied, oostelijk van deze weg, bij beide scenario's hetzelfde zijn. De geringe verschillen in het Brongebied worden waarschijnlijk veroorzaakt door enige uitstraling vanuit het gebied stroomafwaarts van de weg.

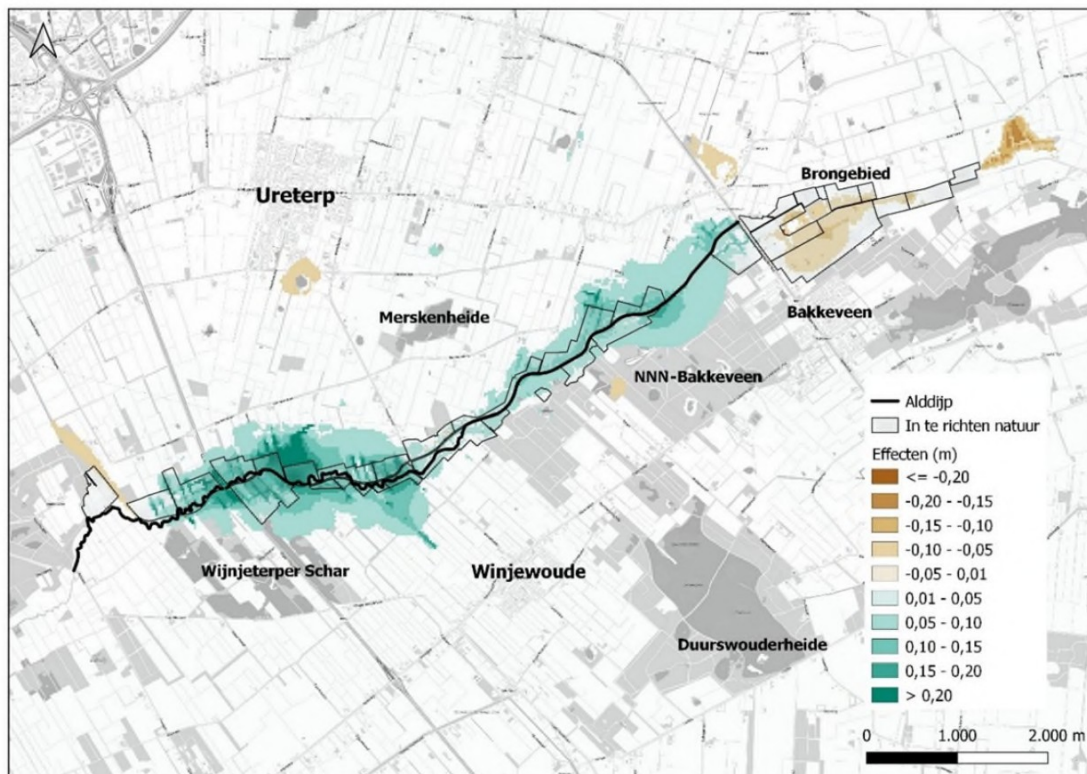
De berekende grondwaterstanden zijn bij het ongestuurde systeem vrijwel overal hoger dan bij het gestuurde systeem. Over het algemeen is het verschil ca. 5 cm langs het Alddijp, maar in het meandergebied loopt het verschil op tot meer dan 20 cm. Opgemerkt wordt dat zowel bij het gestuurde als ongestuurde systeem nog aanpassingen mogelijk zijn, zowel om hogere grondwaterstanden als om lagere grondwaterstanden te bereiken.

Om meer inzicht te krijgen in de grondwaterstanden langs het Alddijp, toont Figuur 4-41 een dwarsprofiel op twee locaties: in de omgeving van de bestaande stuw Molenlaan (a) en ten zuiden van het natuurgebied Wijnjeterper Schar (b). In Figuur 4-39 is de locatie van beide dwarsprofielen getoond.

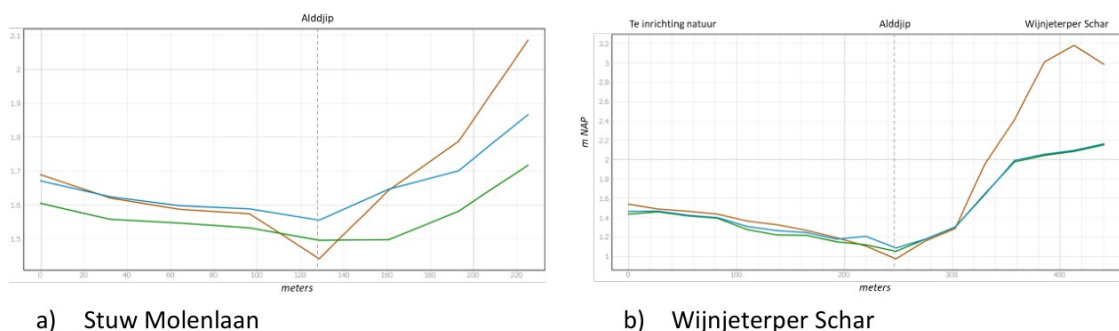
Op locatie a) is zichtbaar dat de grondwaterstanden bij het ongestuurde systeem boven het maaiveld komen, terwijl deze bij het gestuurde systeem onder maaiveld liggen. Op locatie b) is te zien dat bij beide scenario's de grondwaterstanden in het toekomstige natuurgebied vrijwel gelijk aan de maaiveldhoogte komen te liggen. Het bestaande natuurgebied, aan de zuidkant van de beek, heeft een hoge maaiveldligging.



Figuur 4-39 Verskil in GHG 'ongestuurd systeem' min 'gestuurd systeem' (in m) (blauwe gebieden=hoger grondwaterstanden ongestuurd systeem; bruine gebieden = hoger grondwaterstanden gestuurd systeem).



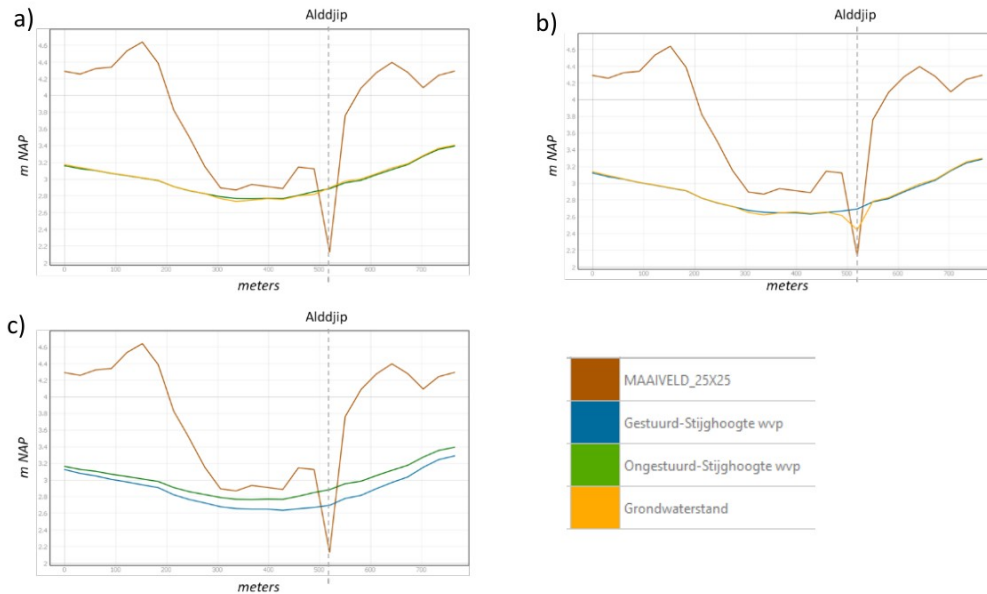
Figuur 4-40 Verschil in GLG 'ongestuurd systeem' min 'gestuurd systeem' (in m) (blauwe gebieden=hoger grondwaterstanden ongestuurd systeem; bruine gebieden = hoger grondwaterstanden gestuurd systeem).



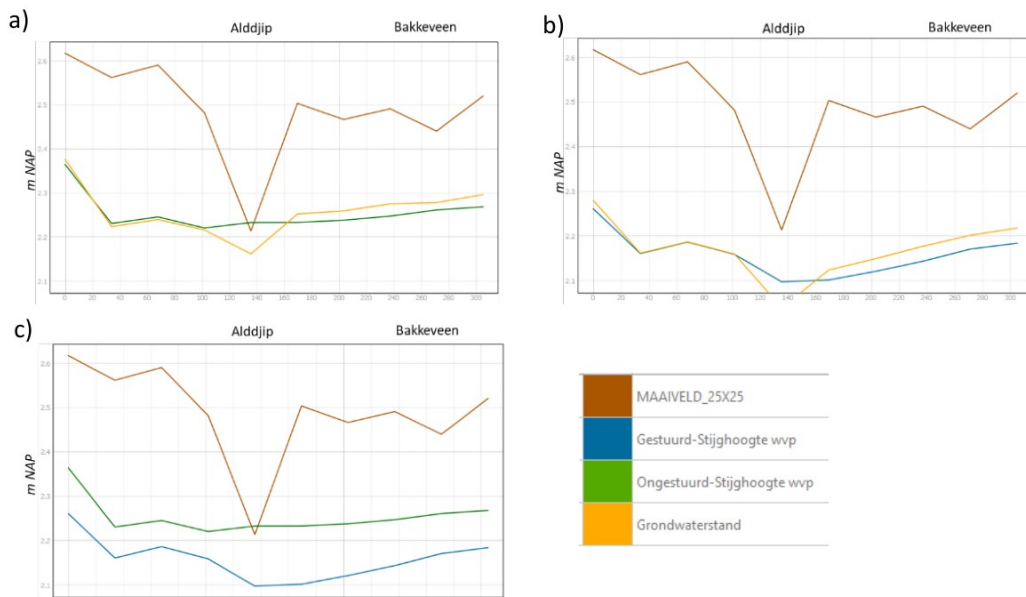
a) Stuw Molenlaan b) Wijnjeterper Schar
Figuur 4-41 Overzicht GHG-situatie in de omgeving van a) stuw Molenlaan en b) ten zuiden van het Wijnjeterper Schar. De bruine lijn betreft de huidige maaiveldhoogte. De blauwe lijn betreft de gesimuleerde GHG in het ongestuurde systeem en de groene lijn betreft het gestuurd systeem

Veranderingen stijghoogten en kwel

Voor het optreden van kwel, vooral van kwel die het maaiveld of de wortelzone kan bereiken, zijn met name de stijghoogten van belang. Om dit effect zichtbaar te maken tonen Figuur 4-42 en Figuur 4-43 in twee dwarsprofielen de grondwaterstanden, stijghoogten en maaiveldligging per scenario. Weergegeven zijn de langjarig gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten. Beide dwarsprofielen bevinden zich nabij het natuurgebied Bakkeveen (zie Figuur 4-35).



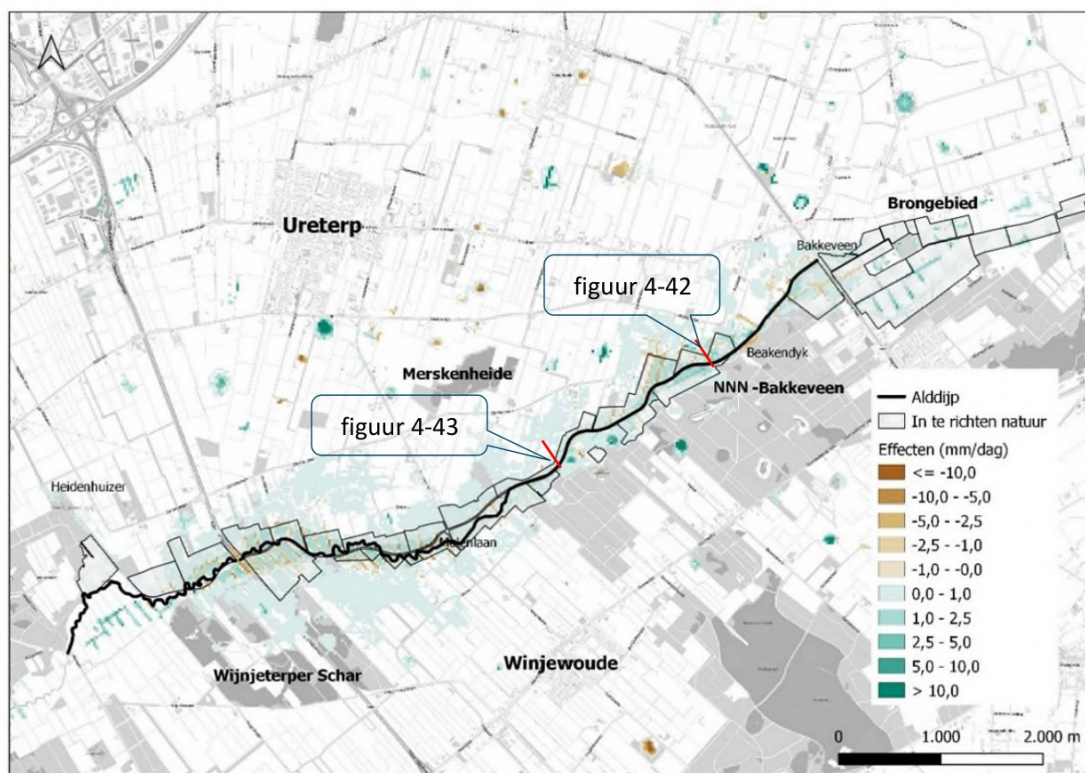
Figuur 4-42 Overzicht gemiddelde grondwaterstand (gws) en gemiddelde grondwaterstijghoogte (wvp1) in de omgeving het natuurgebied Bakkeveen. a) gws en stijghoogte ongestuurd systeem, b) gws en stijghoogte gestuurd systeem, c) stijghoogten gestuurd en ongestuurd systeem



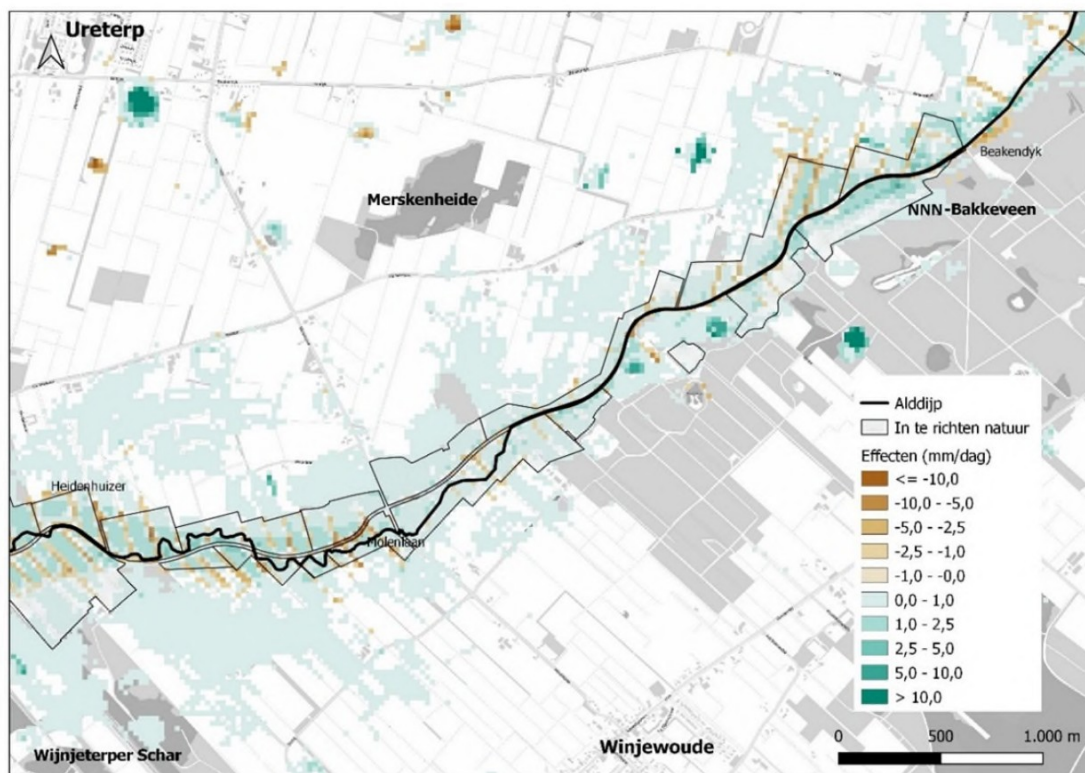
Figuur 4-43 Overzicht gemiddelde grondwaterstand (gws) en gemiddelde grondwaterstijghoogte (wvp1) ten zuiden van het natuurgebied Bakkeveen. a) gws en stijghoogte ongestuurd systeem, b) gws en stijghoogte gestuurd systeem, c) stijghoogten gestuurd en ongestuurd systeem

In Figuur 4-44 en Figuur 4-45 is de modelmatig berekende kwel van beide scenario's vergeleken. De eerste figuur omvat het gehele gebied, de tweede toont de omgeving van de meanders. Zichtbaar is dat het verschil in kwel over het algemeen minder is dan 1 mm/d. Bij de waterlopen, zowel het Alddijp als de zijwatergangen, is de kwel naar de watergangen bij het gestuurde systeem groter. In de gebieden tussen de waterlopen in is de kwel bij het ongestuurde systeem groter.

Opgemerkt wordt dat de weergegeven situatie het langjarige gemiddelde betreft. In natte of droge omstandigheden kunnen er verschillen zijn met de gepresenteerde situatie.



Figuur 4-44 Verskil in Kwel 'ongestuurd systeem' ten opzichte van 'gestuurd systeem' (in mm/dag). Negatief (bruin): kwel gestuurd = groter dan in ongestuurd systeem, in rode lijnen locatie van dwarsprofielen

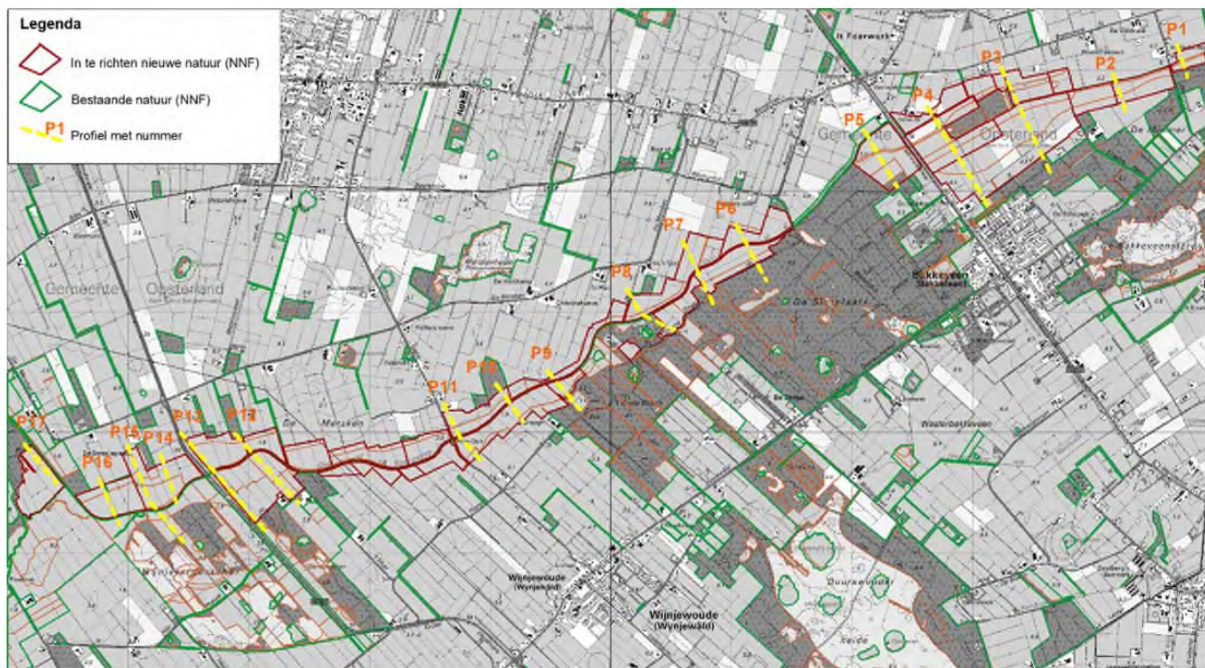


Figuur 4-45 Verskil in Kwel 'ongestuurd systeem' ten opzichte van 'gestuurd systeem' in de omgeving van meanders (in mm/dag). Negatief (bruin): kwel gestuurd = groter dan in ongestuurd systeem

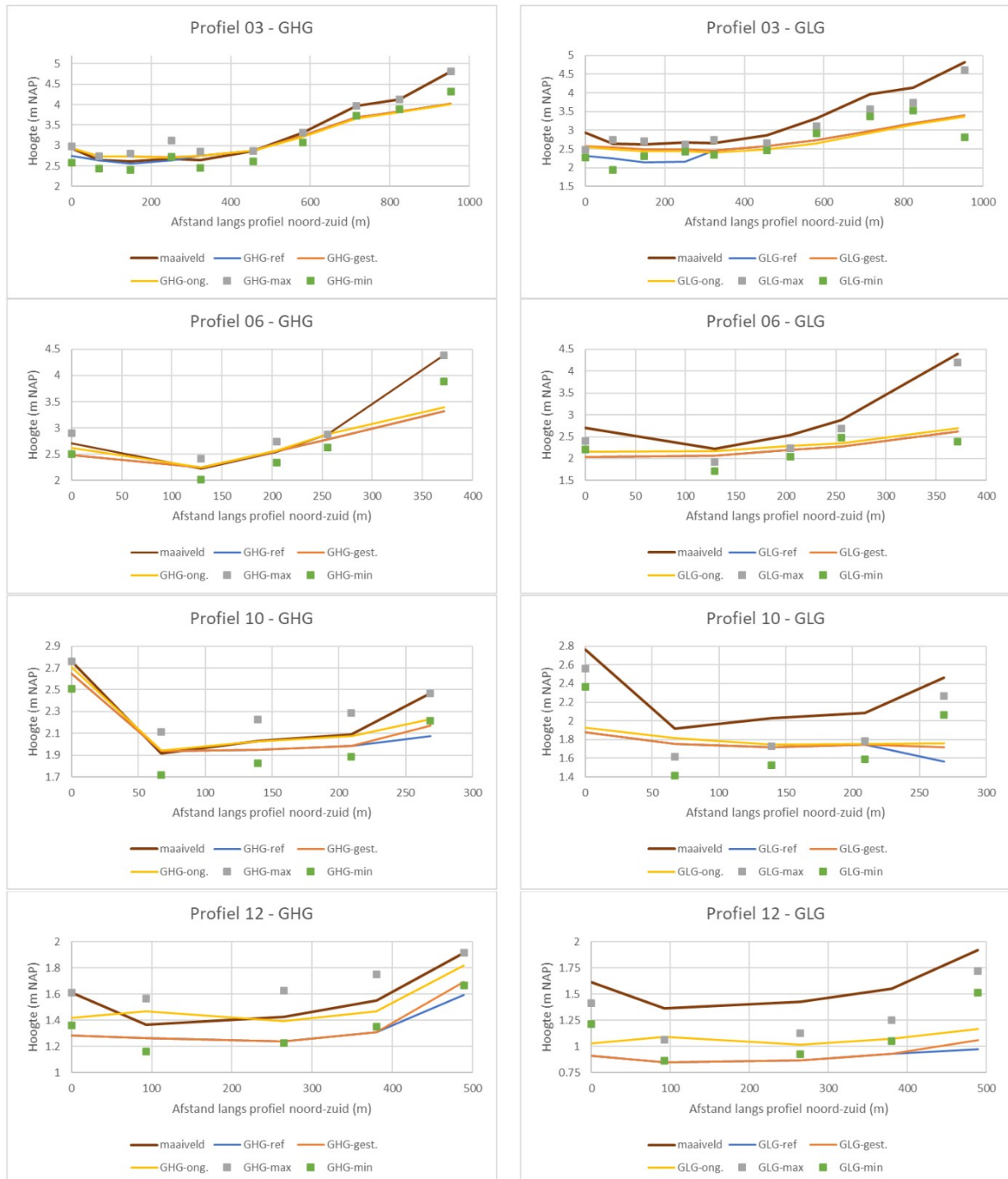
Effecten op natuur

Om de GxG in beeld te brengen ten opzichte de referentiesituatie zijn in een aantal profielen weergegeven. De profielen tonen de berekende GHG- en GLG-situatie voor beide scenario's. Daarnaast tonen deze profielen ook de maximale en minimale GxG voor de natuurdoelen die op deze punten zijn gesteld (N015.04, N10.01, N10.02, N11.01 en N14.01). De locatie van de profielen is in figuur 4-46 weergegeven en in bijlage 7 zijn de 17 profielen opgenomen.

Ten opzichte van de referentiesituatie is er bij beide scenario's sprake van hogere grondwaterstanden, voor zowel de GHG als de GLG. De verschillen tussen het gestuurde en het ongestuurde scenario zijn meestal klein. In het brongebied is het gestuurde systeem volgens de berekeningen enkele centimeters (2 tot 7) natter dan het ongestuurde systeem. Stroomafwaarts van de Bakkefeanster Feart is het ongestuurde systeem natter dan het gestuurde systeem. De GHG ligt bij het ongestuurde systeem ca. 5 cm hoger dan bij het gestuurde systeem. Bij de GLG is het verschil nog enkele centimeters groter, tot ongeveer 10 cm. Bij de profielen 12, 13 en 14, bij de nieuwe meander, ligt de GHG bij het ongestuurde systeem tot ca. 10 cm hoger dan bij het gestuurde systeem, en de GLG 10 tot 15 cm hoger dan het gestuurde systeem.



Figuur 4-46 Ligging profielen



Figuur 4-47 Overzicht GHG- en GLG-situatie in enkele profielen. De bruine lijn betreft de huidige maaiveldhoogte. Met de grijze en groene stippen (GxG-max en GxG-min) is de optimale range voor de GxG voor de gewenste natuurdoeltypen aangeduid. De blauwe lijn is de grondwaterstand in de referentiesituatie. De oranje lijn betreft de gesimuleerde grondwaterstanden in het gestuurde systeem en de gele lijn betreft het ongestuurd systeem.

Uit de profielen blijkt dat in het beekdal zelf de grondwaterstanden, en dan vooral de GHG, soms hoger komen te liggen dan gewenst is voor de gestelde natuurdoelen.

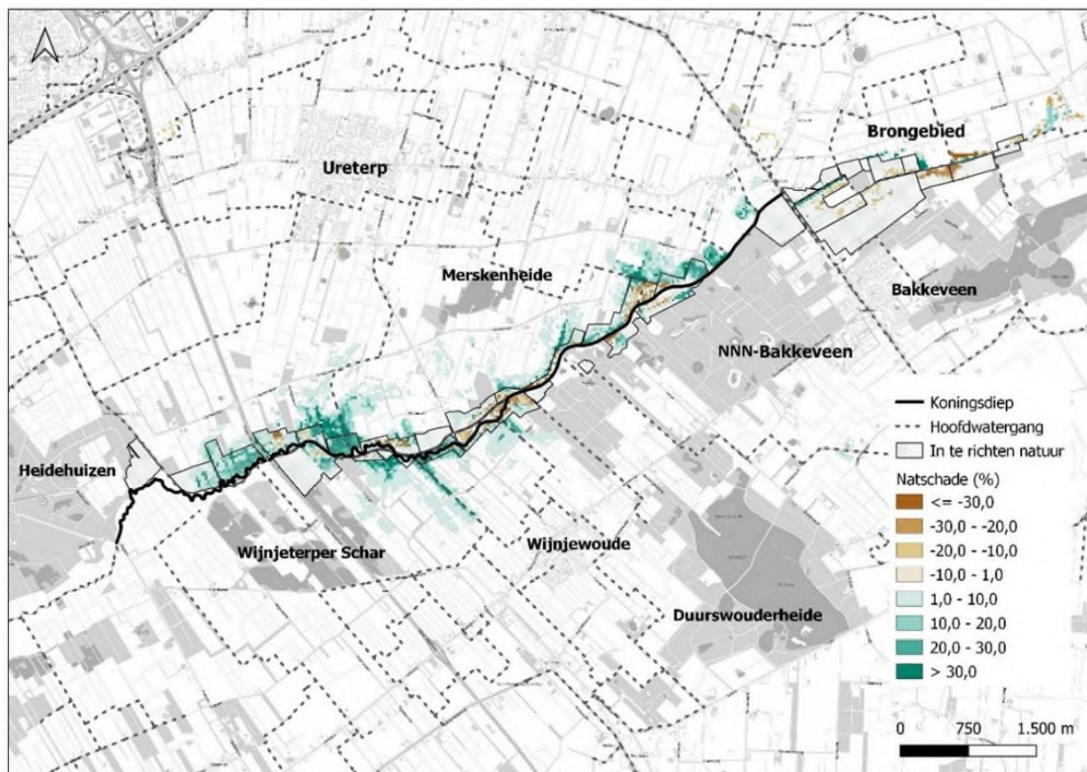
Aan de randen van het beekdal liggen zowel de GHG als de GLG vaak lager dan gewenst. Deze gronden liggen meestal wel binnen de toekomstige NNN-gebieden. Dit hangt samen met het oplopende maaiveld, waarbij de grondwaterstanden steeds dieper onder het maaiveld komen te liggen. Gezien het grote verschil tussen de gewenste grondwaterstand en de te realiseren grondwaterstand zal een aanpassing van het watersysteem in deze gebieden niet leiden tot voldoende hoge grondwaterstanden.

Gevolgen bebouwing en hoofdwegen

Bij beide inzichtscenario's zijn geen gevolgen voor de bebouwing of de Foarwurkerwei te verwachten. Bij de N381 kan de ontwateringsdiepte bij het ongestuurde systeem iets kleiner worden dan de norm, 0,8 à 0,9 m in plaats van 1,0 m.

Gevolgen landbouw

De gevolgen voor de landbouw van beide inzichtscenario's betreffen vooral de natschade. Dit betreft vooral de toekomstige NNN-gebieden, die nu nog landbouw zijn. Bij het ongestuurde systeem is er echter ook bij verschillende landbouwpercelen buiten de toekomstige NNN een forse opbrengstderving te verwachten. In de referentiesituatie is buiten de NNN een oppervlakte van 232 ha met opbrengstderving van meer dan 30% berekend. Bij het gestuurde scenario neemt deze oppervlakte met 20 ha toe, en in het ongestuurde scenario met 44 ha. In Figuur 4-48 zijn de verschillen tussen beide scenario's weergegeven.



Figuur 4-48 Overzicht natschade 'ongesturd systeem' ten opzichte van 'gesturd systeem' (in %).

5 Samenvatting conclusies en aanbevelingen

Samenvatting

De provincie Fryslân heeft voor het beekdallandschap langs het hele Alddjip (Koningsdiep) verschillende opgaven, namelijk de ontwikkeling van 350 hectare nieuwe natuur, het verbeteren van de ecologische waterkwaliteit in verband met de waterdoelen Kaderrichtlijn Water (KRW) en het herstel van de waterhuishouding met een klimaatrobuuste beek (WB21).

Om de mogelijkheden hiervoor te verkennen zijn twee inzichtscenario's onderzocht: het 'gestuurde systeem' en het 'ongestuurde systeem'. Opgemerkt wordt dat deze rapportage uitsluitend de grondwatereffecten van deze twee inzichtscenario's beschrijft. Verschillen in het oppervlaktewatersysteem tussen het gestuurde en het ongestuurde systeem en de effecten daarvan op KRW-doelen zijn hier niet nader onderzocht. Ook gevolgen van extreem droge situaties en effecten voor inundatie bij hogere afvoeren en de toets aan de NBW van het oppervlaktewatersysteem is in deze rapportage niet uitgewerkt. In het MER worden deze aspecten wel kwalitatief beschreven.

Maatregelen

Het Brongebied, oostelijk van de Foarwurker Wei, wordt bij beide scenario's hetzelfde ingericht. Hier wordt een bergingsgebied gecreëerd, waarbij de waterstand in de winter wordt opgezet tot gemiddeld NAP +2,75 m, en in de zomer mag uitzakken tot NAP +2,25 m.

Het inzichtscenario 'gestuurd systeem' omvat verschillende maatregelen in het Alddjip en de daarop afwaterende watergangen. Bij stuw Beakendyk wordt meer water vastgehouden door een hoger stuwpeil, bij stuw Molenlaan wordt een meander aangelegd. Daarnaast wordt tussen de Molenlaan en de Poasen een licht meanderend beekprofiel met kleinere afmetingen dan van de huidige beek voorzien. Het waterpeil in het vak Heidehuizen wordt verhoogd.

Bij het inzichtscenario 'ongestuurde systeem' wordt stroomafwaarts van de Foarwurker Wei tot aan de Poasen het Alddjip opnieuw geprofileerd. Hierbij wordt de bodem van de beek verhoogd en het bakje verkleind, zodat bij de gemiddelde zomerafvoer het waterpeil ongeveer tot aan maaiveld komt. Bij een grotere afvoer treedt inundatie van het beekdal op. In de wintersituatie is er in vrijwel het hele beekdal inundatie. Vanaf de stuw Molenlaan tot aan De Poasen wordt de beek meanderend aangelegd. De oorspronkelijke loop vervalt hierbij, of wordt alleen bij grotere afvoeren nog bereikt.

Effecten grondwater

Bij beide scenario's worden de grondwaterstanden langs het Alddjip verhoogd. Bij het gestuurde systeem worden de grondwaterstanden langs het Alddjip in de wintersituatie met maximaal 40 cm verhoogd, in de zomersituatie is de maximale verhoging ca. 30 cm. Het invloedsgebied (verandering grondwaterstand meer dan 5 cm) bedraagt overwegend ca. 400 tot 500 m vanaf de waterloop.

Bij het ongestuurde systeem wordt het oppervlaktewaterpeil iets sterker verhoogd dan bij het gestuurde systeem. Dit heeft een verdere verhoging van de grondwaterstanden tot gevolg, zowel bij de GHG- als GLG-situatie. Bij dit scenario worden de grondwaterstanden in de wintersituatie tot maximaal 60 cm verhoogd, in de zomersituatie is de maximale verhoging ca. 50 cm. Het invloedsgebied is ook groter, overwegend ca. 500 tot 600 mm.

De kwel neemt zowel het gestuurde systeem, en nog meer bij het ongestuurde systeem, toe ten opzichte van de referentiesituatie. Bij de GHG ligt de toename vooral in een smalle strook aan weerszijden van het Alddjip. In de GLG-situatie is er een beperkte toename van de kwel met 0,1 tot 0,5 mm/d in een bredere zone.

Effecten natuur

In de referentiesituatie liggen de GHG en GLG overwegend lager dan gewenst is voor de gestelde natuurdoeltypen.

Door de maatregelen van zowel het gestuurde als het ongestuurde systeem komen de grondwaterstanden in de toekomstige NNN-gebieden dichterbij maaiveld te liggen.

Bij beide scenario's blijkt dat in het beekdal zelf de grondwaterstanden, en dan vooral de GHG, soms hoger komen te liggen dan gewenst is voor de gestelde natuurdoelen.

Aan de randen van het beekdal liggen bij beide scenario's zowel de GHG als de GLG vaak lager dan gewenst. Dit hangt samen met het oplopende maaiveld, waarbij de grondwaterstanden steeds dieper onder het maaiveld komen te liggen. Gezien het grote verschil tussen de gewenste grondwaterstand en de te realiseren grondwaterstand zal een aanpassing van het watersysteem in deze gebieden niet leiden tot voldoende hoge grondwaterstanden.

Bij beide inzichtscenario's zijn geen gevolgen voor de bebouwing of de Foarwurkerwei te verwachten. Bij de N381 kan de ontwateringsdiepte bij het ongestuurde systeem iets kleiner worden dan de norm, 0,8 à 0,9 m in plaats van 1,0 m.

Met de Waterwijzer Landbouw (WWL) zijn de gevolgen voor landbouw berekend. De toekomstige NNN-gebieden zijn hierin ook meegenomen, omdat dit in de huidige situatie landbouw is. Uit de berekeningen blijkt dat er als gevolg van natschade in deze gebieden een grote toename is van de opbrengstderving. Bij het ongestuurde systeem zijn er ook enkele locaties buiten de NNN, waar een toename van de opbrengstderving met meer dan 30% is berekend als gevolg van natschade.

Conclusies

Geconcludeerd wordt dat zowel het gestuurde systeem als het ongestuurde systeem tot hogere grondwaterstanden leidt. Hoewel hierbij op veel punten in de toekomstige NNN-gebieden er geen sprake meer is van te lage grondwaterstanden, zijn er bij beide scenario's veel punten waar de GHG en/of de GLG te laag komen te liggen.

Binnen het ongestuurde systeem wordt het oppervlaktewater licht verhoogd ten opzichte van het gestuurde systeem. Dit betekent dat een aanvullende stijging van de grondwaterstanden bewerkstelligd kan worden. Bij het ongestuurde scenario ligt de grondwaterstand in delen van het Alldjip boven het maaiveld. Voor de landbouw geldt dat met name bij het ongestuurde systeem er ook buiten de toekomstige NNN-gebieden negatieve effecten door natschade verwacht worden.

Omdat de grondwaterstand in delen van het plangebied boven het maaiveld ligt in de winter en er negatieve effecten optreden voor landbouwfuncties buiten het plangebied, maakt dat de vernatting die binnen dit scenario behaald wordt, op hoofdlijnen gelijk geacht wordt aan het maximaal potentieel op het vlak van vernatting.

Met een fine-tuning van de maatregelen, zoals de precies in te stellen stuwpeilen bij het gestuurde systeem of de bodemligging van het Alldjip in het ongestuurde systeem en het beheer en onderhoud, kunnen de resultaten nog iets verder verbeterd worden. Daarnaast kan het lokaal afgraven of juist ophogen van het maaiveld in het beekdal de inrichting voor natuur nog iets verbeteren. Tenslotte kunnen aanvullende maatregelen zoals het kappen van naaldbos voor een iets grotere grondwateraanvulling op de flanken en daarmee tot iets meer kwel en hogere grondwaterstanden leiden.

Verwacht wordt dat met een verdere uitwerking van de maatregelen met beide scenario's tot een goede situatie voor natuur kan worden gekomen.

Aanbevelingen

Uit de doorgerekende inzichtscenario's blijkt dat er op veel locaties met name in de zomer lagere grondwaterstanden worden berekend dan gewenst is. Een significant hogere grondwaterstand dan bij het ongestuurde scenario wordt niet realistisch geacht, aangezien de grondwaterstanden deels al boven maaiveld liggen en er buiten het beekdal negatieve effecten voor de landbouw ontstaan. Een verdere vergroting van de natuurpotenties kan mogelijk behaald worden door lokale maatregelen. Aanbevolen wordt om dit verder te verkennen.

Wanneer de fine-tuning niet in voldoende mate tot de gewenste natuurtypen leidt, kan onderzocht worden welke natuurdoeltypen beter passen bij de berekende fluctuaties van de grondwaterstanden.

Voor de landbouw buiten het NNN-gebieden is bij het ongestuurde systeem op enkele percelen een forse toename van de natschade geconstateerd. Aanbevolen wordt om na de aanpassing van de maatregelen voor natuur nogmaals te onderzoeken in hoeverre er buiten de NNN nog natschade is. Indien dit het geval is, kan met maatregelen zoals sloten en drains bij de landbouwpercelen de natschade worden beperkt. In het uiterste geval kan worden gekeken naar een functieverandering.

Voor het grondwatermodel geldt verder dat de periode 2007 t/m 2014 is doorgerekend. De extreem droge zomers 2018 en 2019 zijn daarin niet opgenomen. Bij een vervolgonderzoek wordt aanbevolen om de robuustheid van de voorgenomen inrichting voor droge perioden te bepalen.

Tenslotte is het ongestuurde systeem nog niet doorgerekend met een oppervlaktewatermodel. Op basis van een analytische benadering zijn de waterpeilen in de zomer- en wintersituatie bepaald. Ook het inundatiegebied in het beekdal en de opstuwing in op het Alldjip afwaterende waterlopen zijn met een analytische benadering bepaald. Aanbevolen wordt om na het aanscherpen van inrichtingsmaatregelen het ongestuurde systeem met een oppervlaktewatermodel door te rekenen. Dit levert een grotere zekerheid over de in het grondwatermodel in te voeren waterpeilen. Ook de doelen voor de KRW, zoals de stroomsnelheid van het oppervlaktewater, kunnen met een oppervlaktewatermodel worden bepaald. Tenslotte kunnen afvoeren met een grotere herhalingstijd (T10, T25, T50, T100) worden doorgerekend, zodat zowel binnen als buiten het plangebied van het Koningsdiep een toetsing voor de NBW kan worden uitgevoerd.

6 Literatuur

- [1] Alterra 2012. Verkenning van stromingsweerstanden
- [2] Antea Group, 7-2-2018. Modelleringsherinrichting Koningsdiep. Notitie modelaanpassingen SOBEK rev. 01 (pr.nr. 416171)
- [3] Antea Group, 3-3-2022. Gebiedsinrichting Koningsdiep. Uitgangspunten hydrologisch onderzoek
- [4] ECOFIDE, 2015. Watersysteemanalyse Koningsdiep, op basis van ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren
- [5] Instituut voor Natuurbehoud, 2001. Bufferzones. Natuurlijke oeverzones en bufferstroken voor herstellen van onbevaarbare waterlopen in Vlaanderen.
- [6] Rijkswaterstaat, 2002. Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden: deel 1 handboek versie 1.0
https://puc.overheid.nl/doc/PUC_37401_31/1/#1e17d241-d35e-48e7-9614-05abc3ec01c9
- [7] STOWA, 2018. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027
- [8] STOWA, 2018. Waterwijzer landbouw: instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie
- [9] STOWA, 2020. Handboek geomorfologisch beekherstel
- [10] Wetterskip Fryslân (2012). Beleidsnota Grondwater
<https://www.wetterskipfryslan.nl/documenten-catalogus/voldoende/keur/beleidsnota-grondwater.pdf>

Bijlage 1 Grondwatermodel en validatie

Bijlage 1 Grondwatermodel en validatie

In deze bijlage is de aanpak van de bepaling van grondwatereffecten voor het projectgebied Koningsdiep beschreven. De volgende onderdelen worden beschreven:

1. De schematisatie van het rekenmodel, waarbij een toelichting op de rekenwijze wordt gegeven, en de gehanteerde waarden van de geohydrologische parameters.
 - a. regionaal grondwatermodel
 - b. aanpassingen voor het Koningsdiep
2. Validatie van het grondwatermodel voor de huidige situatie.

Regionaal grondwatermodel

Het grondwatermodel van het Koningsdiep is gebaseerd op het regionale grondwatermodel MIPWA. De resolutie van het model, ofwel de pixelgrootte, bepaalt tot in welk ruimtelijk detail kan worden gerekend. Het is de afmeting van de gebruikte rekencellen, die in dit model vierkantjes zijn. De celgrootte van 25x25 m is gebruikt voor de ijking van het model en voor alle tijdsafhankelijke berekeningen.

Het model is opgebouwd uit een grote hoeveelheid basisdata, zoals:

- Regionaal ondergrondmodel (REGIS) van TNO;
- AHN maaiveldhoogtebestand;
- KNMI data voor neerslag en verdamping;
- Landgebruik- en bodemdata;
- Oppervlaktewater gegevens zoals ligging van sloten en plassen en bijbehorende waterpeilen;
- Informatie over voorkomen van buisdrainage;
- Drinkwater- en industriële grondwateronttrekkingen.

Deze input is op hoofdlijnen ongewijzigd toegepast. Alleen de lokale ondiepe bodemopbouw is gewijzigd, zoals onderstaand is beschreven.

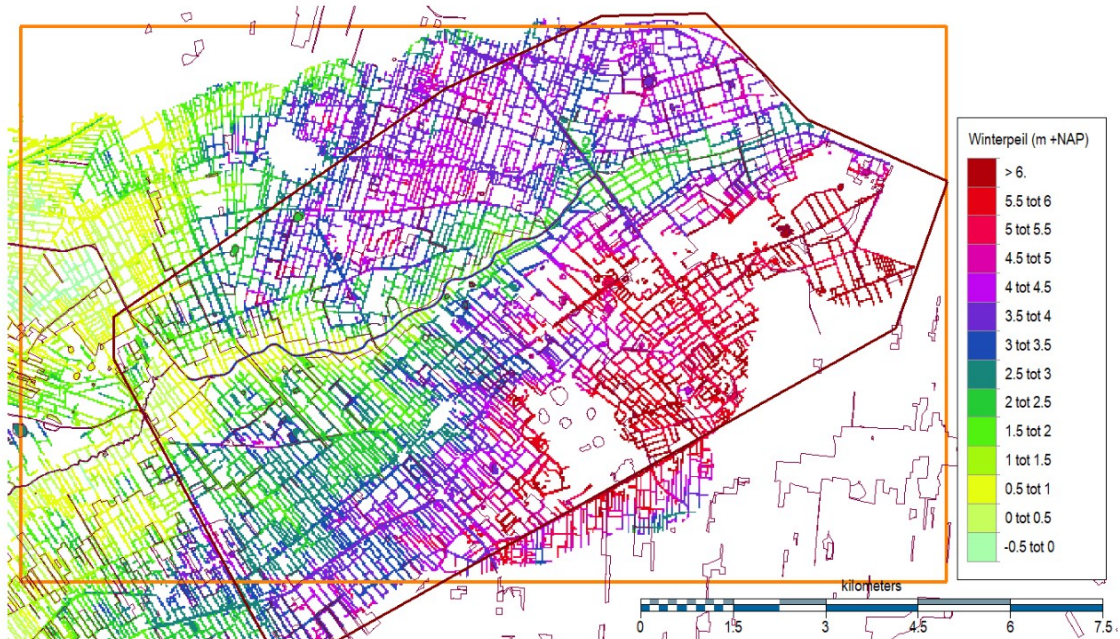
Aanpassingen voor grondwatermodel Koningsdiep

In het verleden is voor de beoordeling van het gestuurde scenario een grondwatermodel gebruikt, dat gebaseerd is op het regionale model MIPWA. Door  (bureau IDO DOES) is het model toen aangepast, zodat de geohydrologische opbouw goed overeenstemt met de werkelijke situatie.

Het modelgebied loopt van x = 203.000 tot 218.000 (15 km oost-west) en van y = 561.000 tot 570.000 (9 km noord-zuid). In Figuur- 1 is de ligging van het modelgebied en het projectgebied weergegeven.

De rekenperiode van het grondwatermodel is 2005 t/m 2014³. De tijdstap is 1 dag. Voor de bepaling van de grondwaterstatistiek (GxG) wordt in principe de periode 2007 t/m 2014 gebruikt. De eerste 2 jaar van de modellering worden benut als inlooperperiode. Eventuele afwijkingen in de beginsituatie werken dus niet door in de berekende GxG.

³ Oorspronkelijke rekenperiode is 1995 t/m 2014. Een beperking van de rekenperiode heeft een kortere doorlooptijd van de berekening tot gevolg.

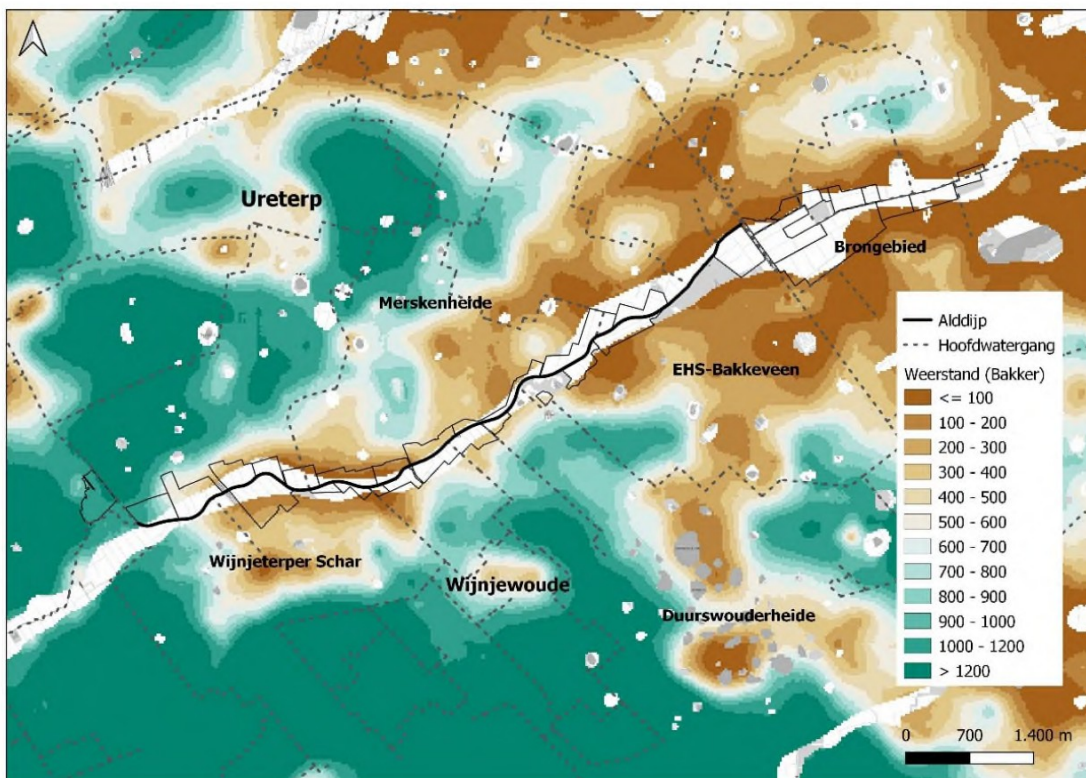


Figuur- 1: Modelgebied (oranje rechthoek), projectgebied (bruine veelhoek) met winterpeil

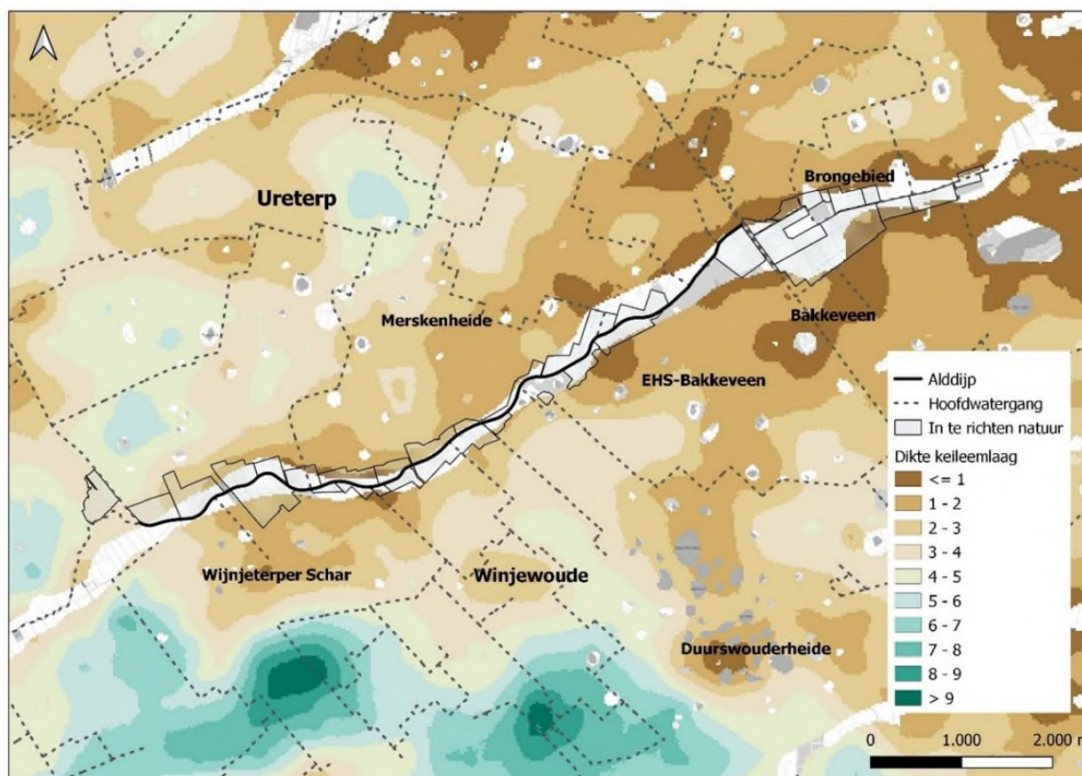
De modellering is opgebouwd uit 4 modellen. Modellaag 1 (deklaag) heeft overwegend een dikte van minder dan 1 m. Lokaal is een iets grotere dikte aanwezig. Binnen het projectgebied van het Koningsdiep is deze zelden meer dan 3 à 4 m. In deze modellaag is ook het Alldijp opgenomen. De keileemlaag is een belangrijk onderdeel van het (geo)hydrologische systeem. Deze laag is als weerstand tussen laag 1 en laag 2 opgenomen. Modellaag 2 is het eerste watervoerende pakket en heeft een laagdikte van ca. 2 meter. In het grondwatermodel is de (pot)klei in laag 3 opgenomen, als een weerstandslaag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket.

In overleg met de Wetterskip Fryslân is geconstateerd dat de weerstandswaarden opgenomen in het MIPWA-model voor het stroomgebied van het Koningsdiep anders zijn dan die opgenomen in de keileemkaart. De weerstandswaarden die zijn opgenomen in de kaart van de Wetterskip Fryslân worden berekend met de 'Bakker' methode. Ten opzichte van de MIPWA-model, de databestanden van de Wetterskip Fryslân is bij een factor 2 (bij lage weerstand) tot factor 3 (bij hoge weerstand) groter. In het beekdal is de weerstand over het algemeen vergelijkbaar. Ook de dikte van de keileemlaag is ca. 50 cm kleiner in het MIPWA-model.

Vanwege de (geo)hydrologische relevantie van de keileemlaag (laag 3) is besloten dat de weerstandswaarden en diktes opgenomen in het MIPWA-model te actualiseren met de gegevens van het waterschap. De weerstand en dikte van de keileemlaag zoals geleverd door het waterschap zijn weergegeven in onderstaande figuren.



Figuur- 2: Weerstand keileemlaag (laag 3) volgens Wetterskip Fryslân (dag)



Figuur- 3: Dikte keileemlaag (laag 3) volgens Wetterskip Fryslân (m)

Validatie grondwatermodel

De referentiesituatie waarde (na het bijwerken van de weerstand voor de keileemlaag) is gevalideerd aan de hand van de beschikbare peilbuizen in het gebied. In het rapport 'Gebiedsinrichting Koningsdiep' zijn de beschikbare peilbuizen, de beoordeling van de tijdreeksmodellen en de bruikbaarheid van de peilbuizen voor de validatie toegelicht. Binnen het projectgebied zijn 88 peilbuizen (57 freatisch) aanwezig, waarvan in Menyanthes de GxG kon worden bepaald.

De statistische beoordeling van de peilbuizen is opgenomen in onderstaande tabel. Hierbij is als 'verschil' de gemeten waarde min de gemodelleerde opgenomen. Een negatief getal geeft dus aan dat het model te nat is, een positief getal geeft aan dat het model te droog is.

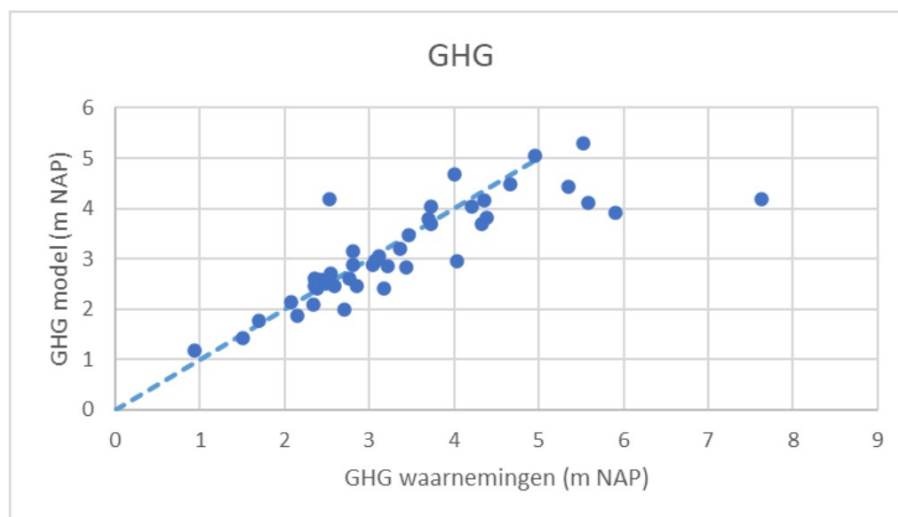
Tabel: Statistieken verschillen gemeten grondwaterstanden min gemodelleerde grondwaterstanden*

	GLG	GVG	GHG
Aantal	88	88	88
Gemiddelde (m)	-0,20	-0,08	0,12
Standaardafwijking (m)	0,56	0,62	0,61
Minimum (m)	-1,41	-1,76	-1,6
Maximum (m)	2,99	3,22	3,27
Aantal >-0,1 en <0,1 m	19	27	37
Aantal >-0,1 en <0,1 m**	22	27	25

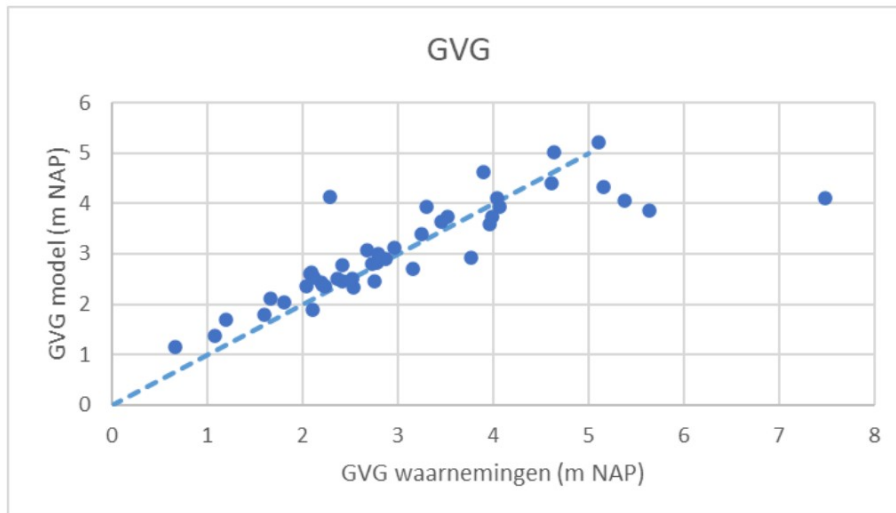
* Negatief verschil: model is te nat, positief verschil: model is te droog

** Uit rapport 'Gebiedsinrichting Koningsdiep, uitgangspunten hydrologisch onderzoek'

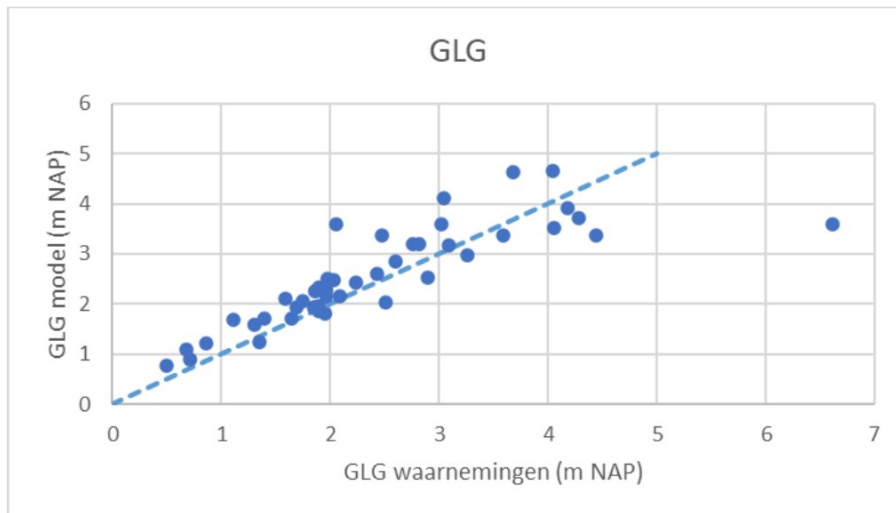
In Figuur- 4, Figuur- 5 en Figuur- 6 zijn de gemodelleerde waarden uitgezet tegen de waarnemingen. De stippellijn geeft aan waar gemodelleerd en waargenomen aan elkaar gelijk zijn, en is dus de ideale lijn. In Figuur- 7 t/m zijn de verschillen voor de GHG en GLG voor de zone rondom het Koningsdiep aangegeven.



Figuur- 4: Waarnemingen GHG uitgezet tegen gemodelleerde GHG, lijn is ideale lijn



Figuur- 5: Waarnemingen GVG uitgezet tegen gemodelleerde GVG, lijn is ideale lijn

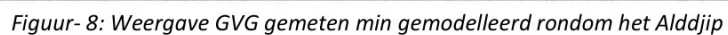
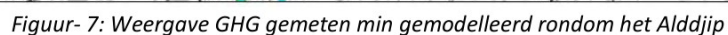


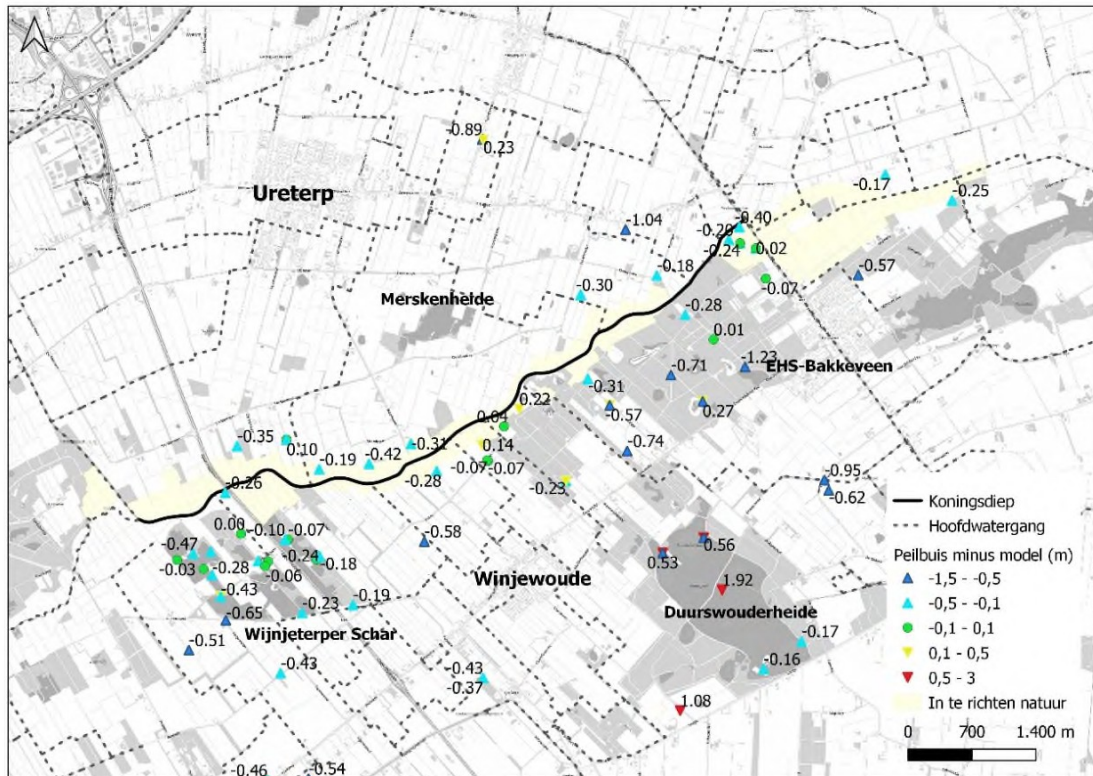
Figuur- 6: Waarnemingen GLG uitgezet tegen gemodelleerde GHG, lijn is ideale lijn

De statistische analyse laat zien dat het model betrouwbaarder is voor de GVG- en GHG-situatie dan voor de GLG-situatie. In het algemeen wordt geconstateerd dat de gesimuleerde grondwaterstanden bij de GLG te nat zijn, bij de GVG en GHG zijn de gesimuleerde grondwaterstanden iets te droog. De

Uit Figuur- 7 blijkt dat de gemeten waarde en de gemodelleerde waarde bij de GHG redelijk goed overeenkomen in het Natura 2000-gebied Wijnjeterper Schar en in het gebied tussen de Wijnjeterper Schar en Merskenheide. In het NNN-gebied Bakkeveen hebben de gesimuleerde waarden een grotere afwijking.

In de GLG- en GVG-situatie komen de gemeten waarde en de gemodelleerde waarde ook redelijk goed overeen in het Natura 2000-gebied Wijnjeterper Schar. Geconstateerd wordt dat het verschil tussen peilbuizen en het grondwatermodel bij de GVG meestal wel iets groter is dan bij de GHG.





Figuur- 9: Weergave GLG gemeten min gemodelleerd rondom het Alddijp

Voor de herinrichting van het Alddijp geven de modelmatig berekende GHG en GLG tezamen met de langdurig waargenomen peilbuizen een beeld van de grondwaterfluctuatie. Voor de herinrichting worden eventuele effecten op de grondwaterstanden overwegend gepresenteerd als een relatief effect (verandering) en niet als een absoluut getal. Afwijkingen tussen model en werkelijkheid zijn daardoor van een iets kleiner belang.

Bijlage 2 Hydrologische afvoeranalyse

Bijlage 2 Hydrologische afvoeranalyse

Om inzicht te krijgen in de afvoerberekeningen van het Alddijp is gebruik gemaakt van het bestaande oppervlaktewatermodel in SOBEK. Voor meer details over dit model wordt verwezen naar het rapport 'Modellering herinrichting Koningsdiep. Notitie modelaanpassingen SOBEK' van Antea Group.

Omdat de hydrologische situatie van de Alddijp niet gekalibreerd is, is op basis van meetgegevens een afvoeranalyse uitgevoerd. De uitkomst van deze analyse worden gebruikt oom een eerste inschatting te maken van het winter- en zomerafvoer van het Alddijp. Er wordt ook inzicht gegeven in de piekafvoer.

Methode

Er is een afvoeranalyse uitgevoerd om inzicht te krijgen in de zomerafvoer (1/100Q) en winterafvoer (1/4Q). Op basis van lineaire extrapolatie zijn de T1-, T10, T25-, en T100-afvoeren bepaald. De afvoerdata is verstrekt door Wetterskip Fryslân, en bevat uurdata van de afvoer. De meetreeks beslaat de periode januari 2006 tot en met december 2015. De afvoer gegevens betreffen de stuw Heidehuizen en Molenlaan.

Tabel 1: Afvoerverdeling per jaar

Afvoer	Beheer of extreem	Frequentie van voorkomen
1/100Q	Beheer	10% van de zomerperiode (18 dagen)
1/4Q	Beheer	80 dagen per jaar
T1	Extreem	Eens per jaar
T10	Extreem	Eens per 10 jaar
T25	Extreem	Eens per 25 jaar
T50	Extreem	Eens per 50 jaar
T100	Extreem	Eens per 100 jaar

Meerdere jaren rapporteren geen gegevens voor meer dan een maand. Vanwege de onzekerheid die deze hiaten vertegenwoordigen, is ervoor gekozen om de analyse alleen uit te voeren voor de jaren 2007, 2012, 2013, 2014 en 2015. De periode van meetreeksen in deze jaren zin voldoende lang, zodat de afvoerverdeling kan worden bepaald gebruik makende van de duurlijnmethode. Deze methode wordt gebruikt om inzicht te krijgen in de piekafvoer.

Hoewel de meetreeksen voldoende informatie bevatten, zijn er meerdere dagen met ontbrekende afvoermetingen. Om met deze onzekerheid om te gaan werd besloten een statistische analyse uit te voeren voor de zomer- en winterafvoer.

Het wordt aanbevolen om in toekomstige fasen een validatie van de afvoeranalyse uit te voeren.

Analyse

Winter- en zomerafvoer

Omdat voor bepaalde periodes geen gegevens beschikbaar zijn, is eerst een statistische analyse uitgevoerd op de winter- en zomerafvoer. Deze gegevens zijn opgenomen in tabel 2.

Tabel 2: Statistische analyse voor de winter- en zomerafvoer.

	Winterafvoer	Zomerafvoer
stdev	1,04	0,26
max	5,65	3,87
min	0,00	0,00
gemiddelde	0,67	0,16
mediaan	0,25	0,15
10%	0,08	0,00
20%	0,17	0,04
50%	0,25	0,15
90%	1,59	0,23

Vervolgens is de maatgevende afvoer apart voor de zomer en de winter geanalyseerd. De analyse periode omvat de jaren 2007, 2012-2013 en 2014- 2015

Tabel 3: Data waterkwantiteit (hele jaar)

Benaming afvoer	Afvoer		Herhalingstijd	% van MA	
maximale afvoer:	5,7	m3/s	T = 100	139	% MA
maatgevende afvoer:	4,06	m3/s	1-2 dgn/jr	100	% MA
halve maatgevende afvoer:	1,35	m3/s	10-20 dgn/jr	33	% MA
winterafvoer:	0,23	m3/s	>100 dgn/jr	6	% MA
vaak voorkomende afvoer:	0,18	m3/s	> 200 dgn/jr	5	% MA
basisafvoer:	0,02	m3/s	>330 dgn/jr	0.5	% MA

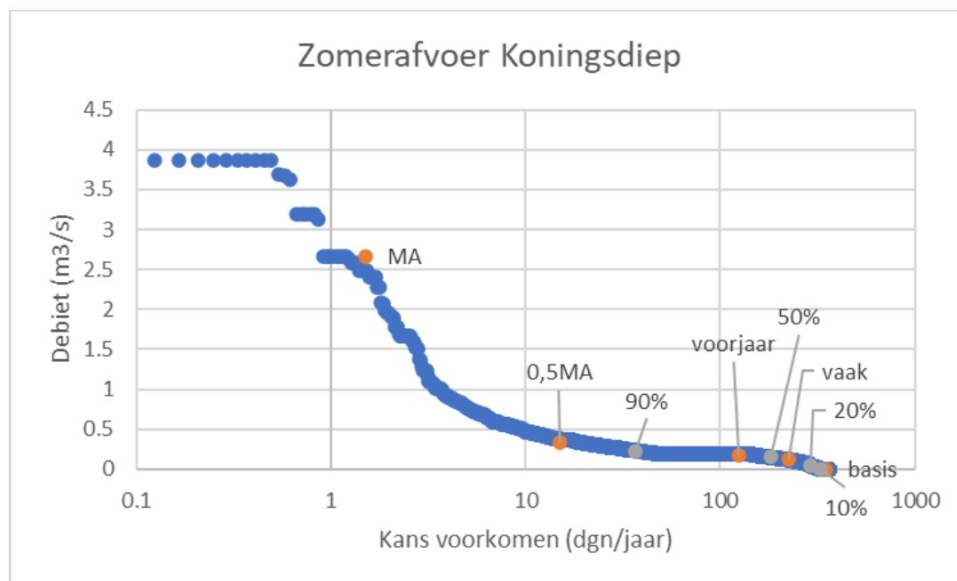
Tabel 4: Data waterkwantiteit zomerafvoer

Benaming afvoer	Afvoer		Herhalingstijd	% van MA	
maximale afvoer:	3,9	m3/s	T = 100	145	% MA
maatgevende afvoer:	2,67	m3/s	1-2 dgn/jr	100	% MA
halve maatgevende afvoer:	0,33	m3/s	10-20 dgn/jr	12	% MA
vaak voorkomende afvoer:	0,13	m3/s	> 200 dgn/jr	5	% MA

In de volgende figuur zijn met blauwe stippen de metingen weergegeven. De oranje stippen geven de gedefinieerde situaties van de afvoeranalyse weer:

- Maatgevende Afvoer (MA), 1-2 dgn/jaar
- Halve Maatgevende Afvoer (10-20 dgn/jaar)
- Voorjaarsafvoer (>100 dgn/jaar)
- Vaak voorkomende afvoer (>200 dgn/jaar)
- Basisafvoer (>330 dgn/jaar)

Met grijs zijn de waarden aangegeven die 10%, 20%, 50% en 90% van de tijd worden onderschreden. Dus bijv.: 90% van de tijd is de afvoer kleiner dan 0,23 m³/s.



Figuur B2-1: Weergave zomerafvoer (blauw: metingen), analyse (oranje) en statistische aanpak (grijs)

Om een maximale effecten in het grondwatersysteem te bereiken, is gekozen om de 90%-onderschrijding als gemiddelde zomerafvoer te gebruiken, dus 0,23 m³/s. Het verschil tussen de twee methoden (tabel 2 en tabel 4) is gering (0,1 m³/s).

Vanwege de overeenkomsten tussen de winter- (80 dgn) en zomerafvoer (18 dgn) is gekozen om ook de winter afvoer op basis van de 90-percentiel. Hier wordt dus een gemiddelde winterafvoer van 1,59 m³/s toegepast.

Bijlage 3 Kaarten Referentiesituatie

Bijlage 3 Kaarten referentiesituatie

Bijlage 4 Gestuurd systeem

Bijlage 5 Ongestuurd systeem

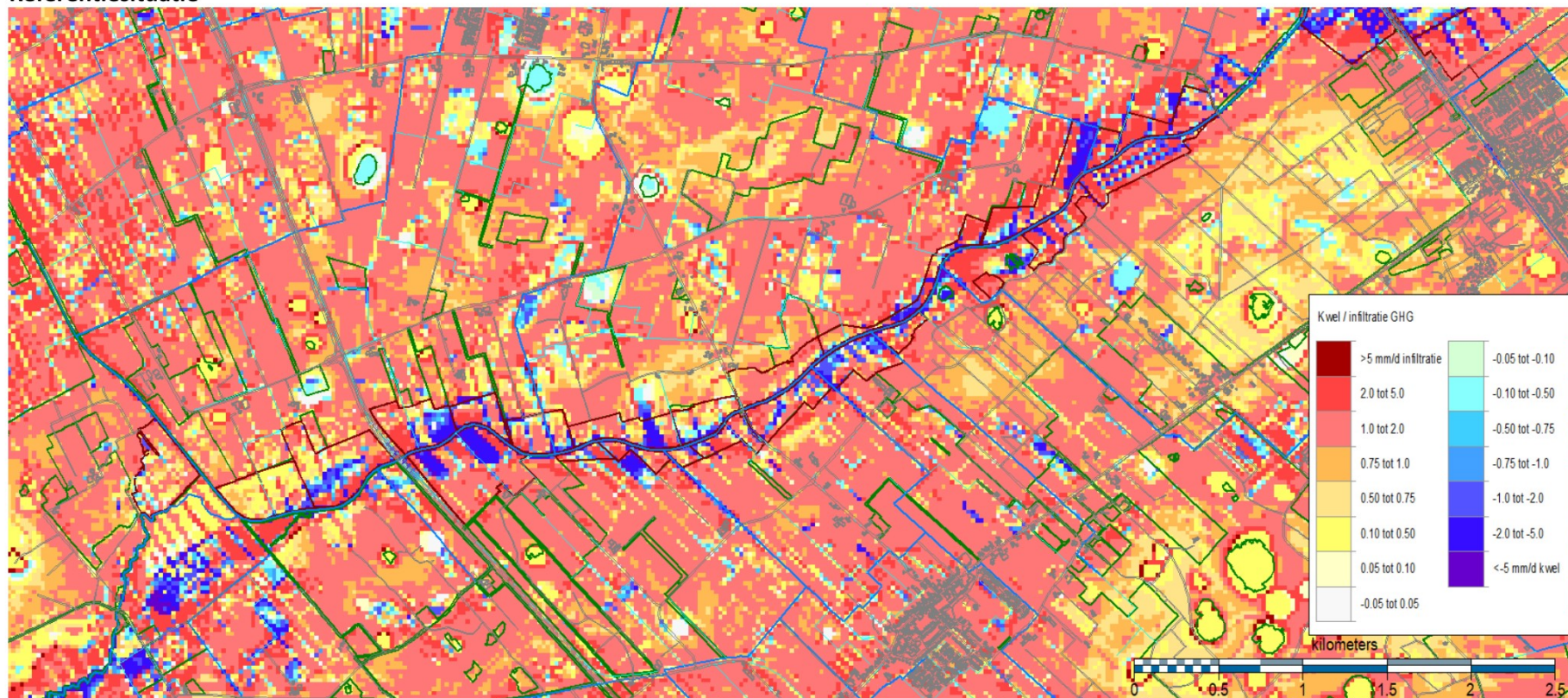
Bijlage 4 Gestuurd systeem

Bijlage 5 Ongestuurd Systeem

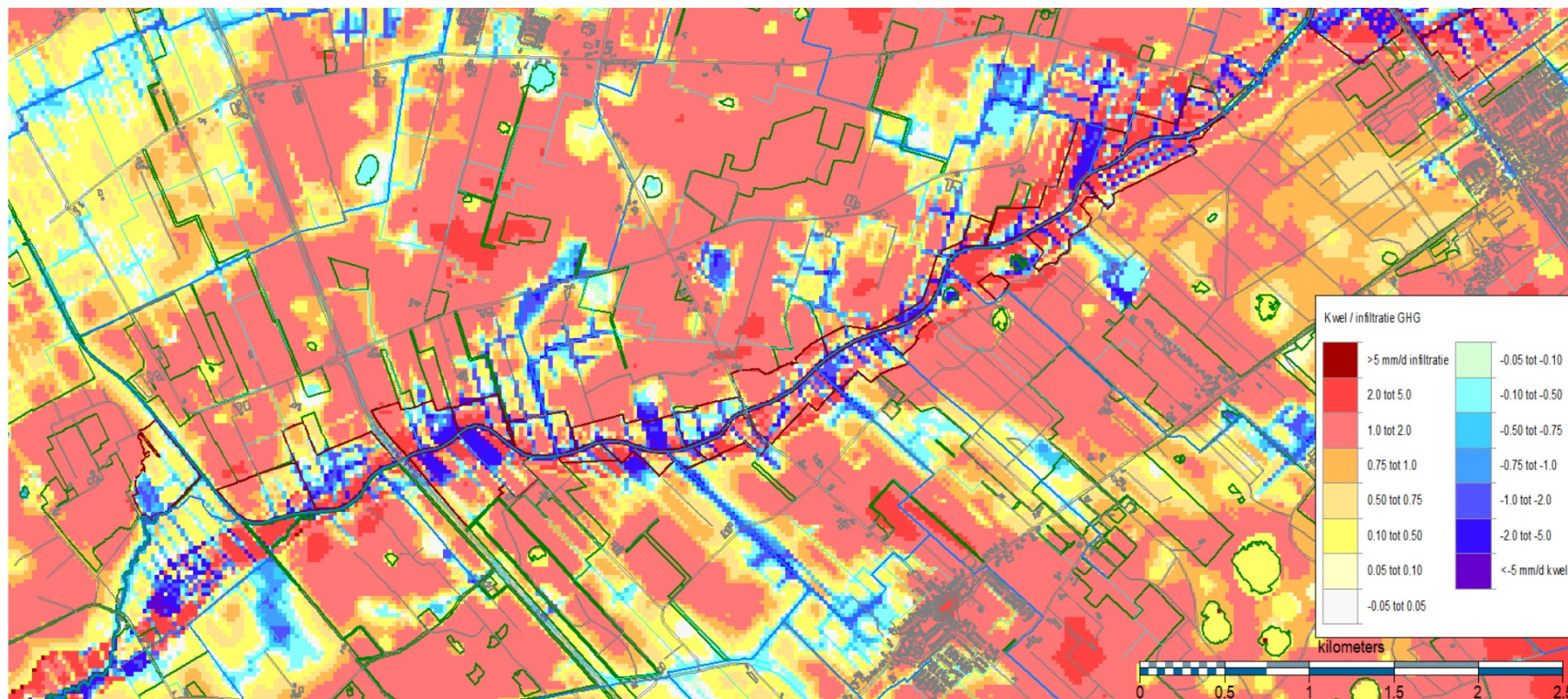
Bijlage 6 Vergelijking inzichtscenario's kwel

Bijlage 6 Vergelijking inzichtscenario's kwel

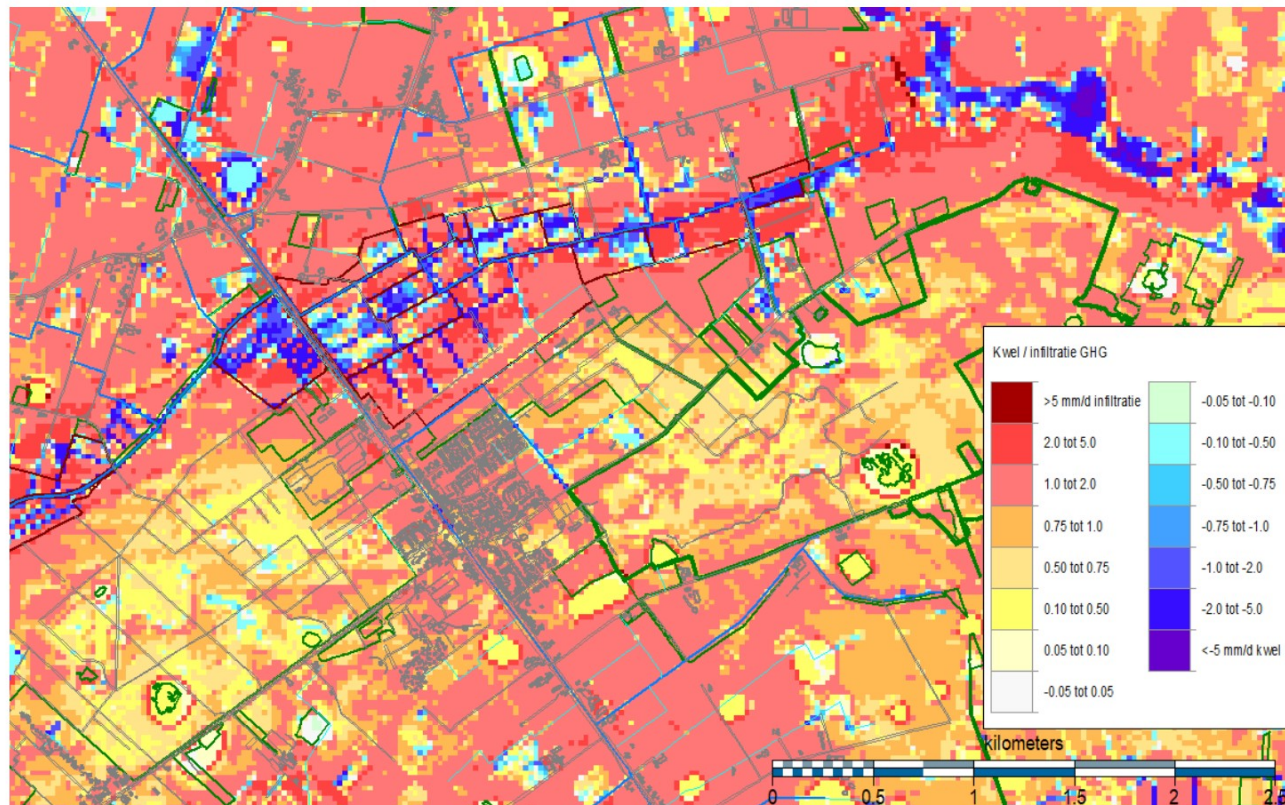
Referentiesituatie



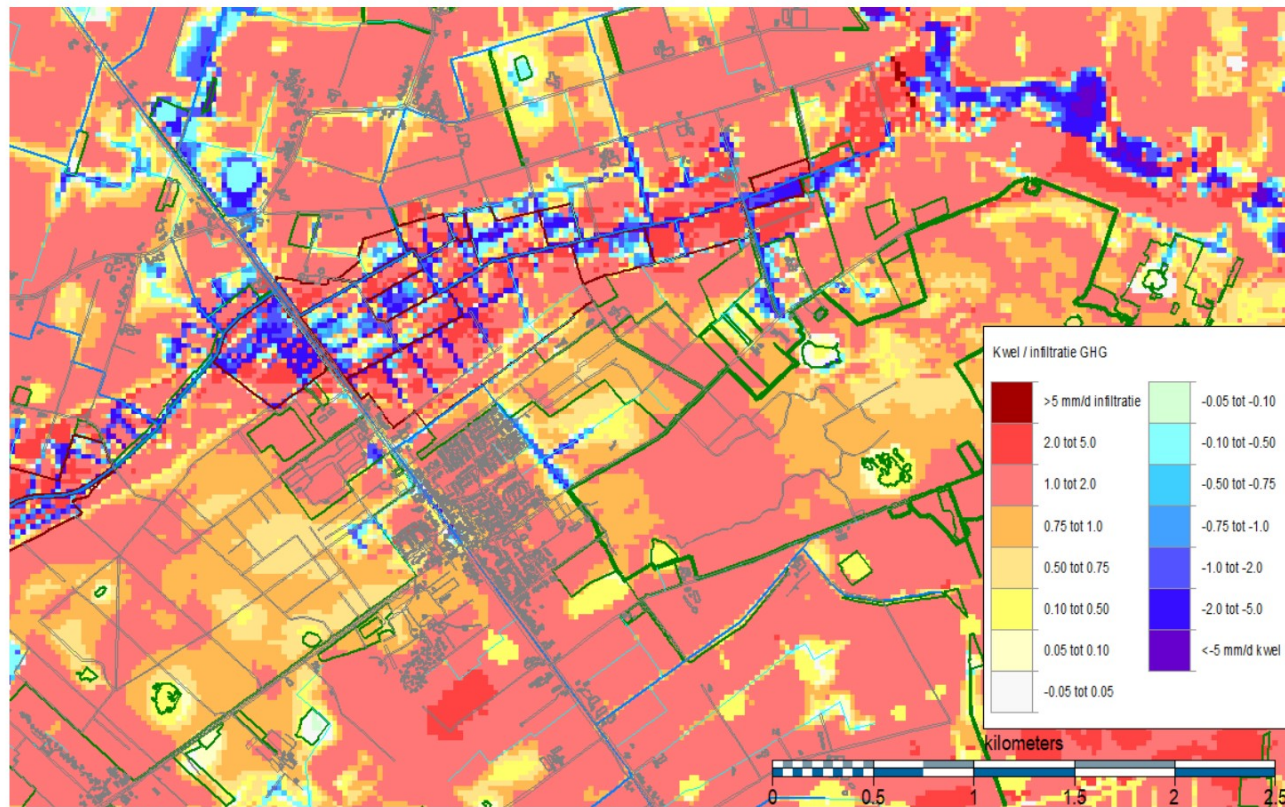
GHG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



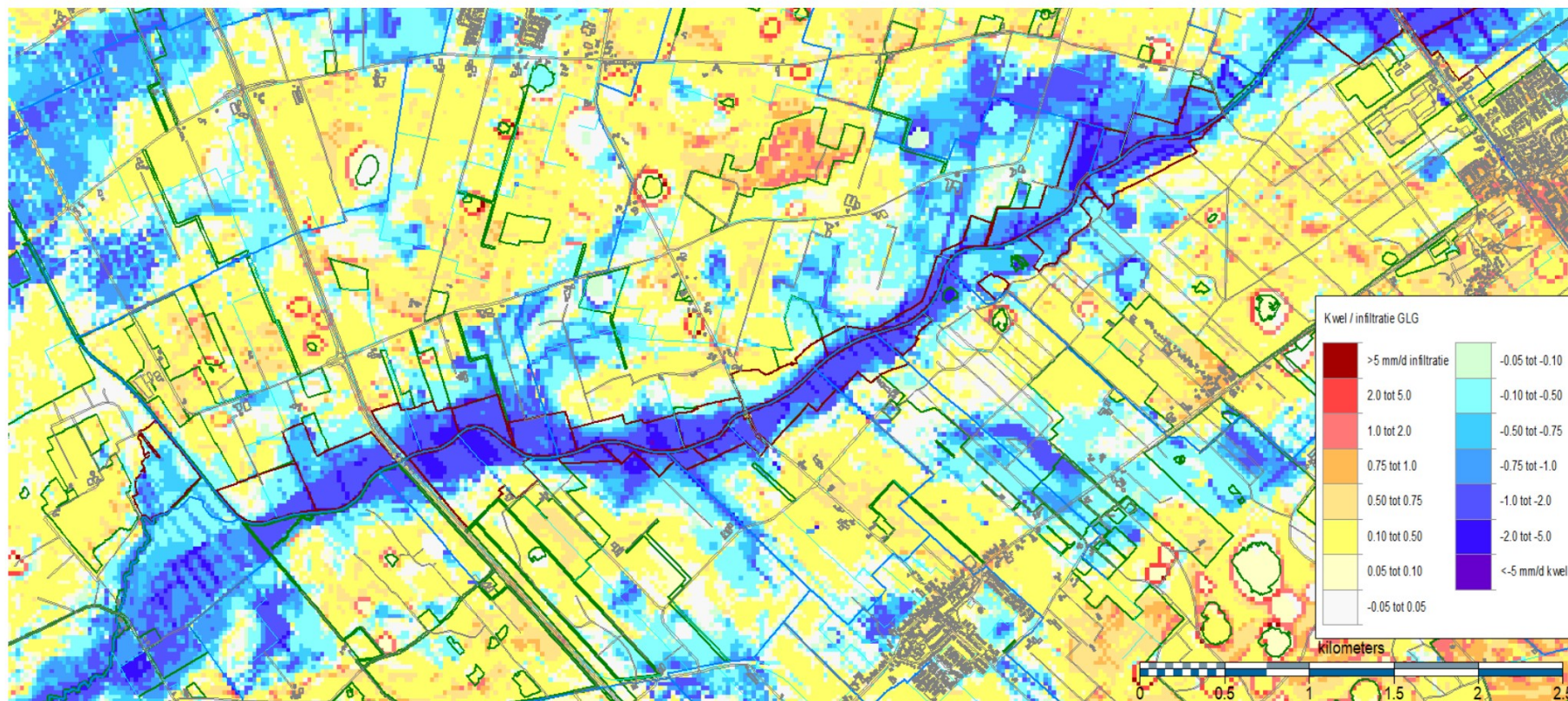
GHG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



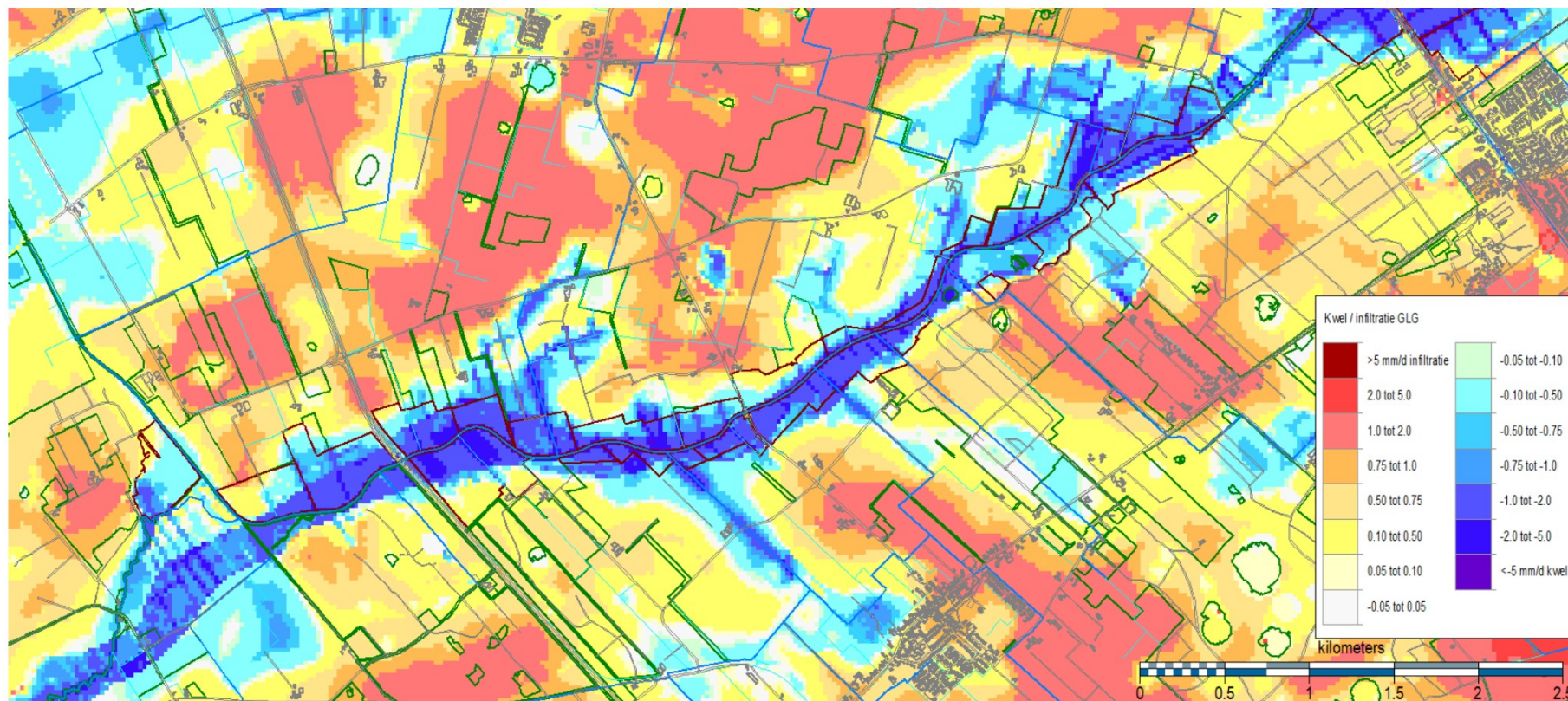
GHG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), brongebied



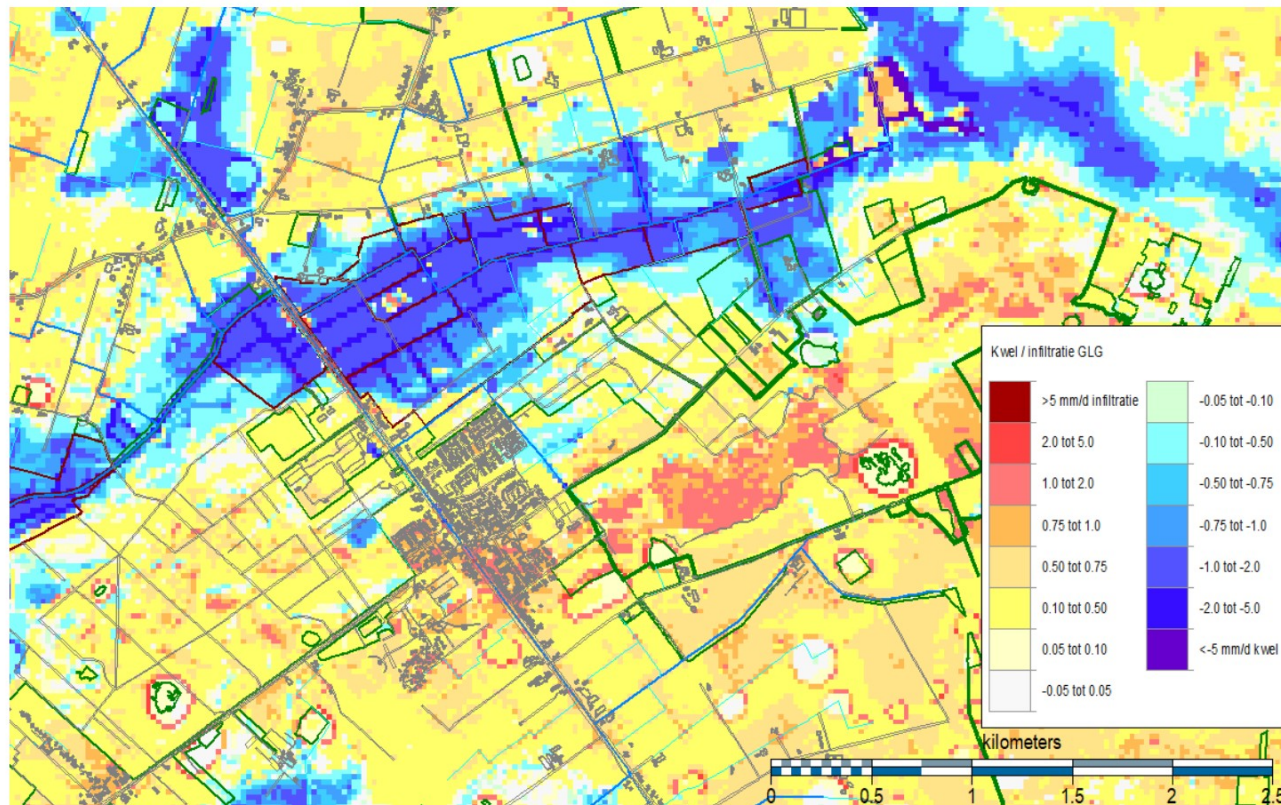
GHG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), brongebied



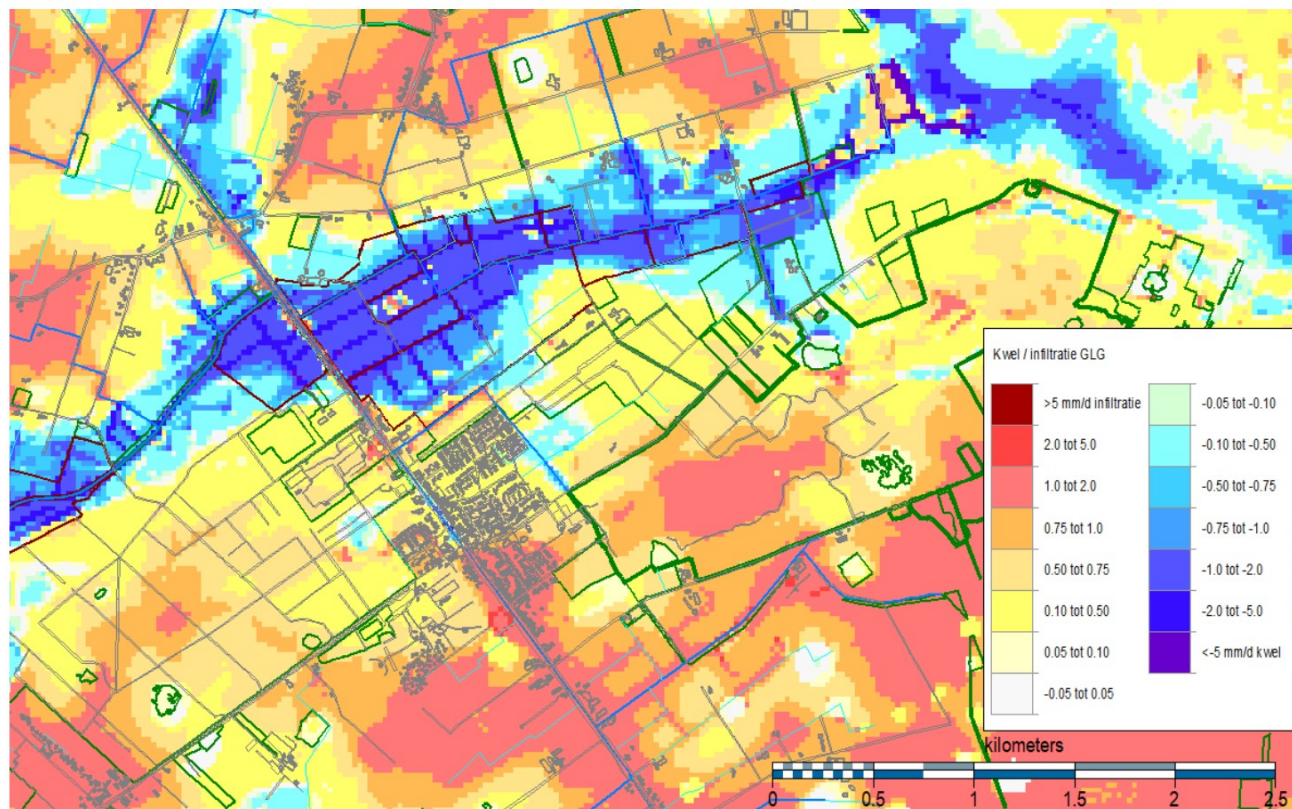
GLG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



GLG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel

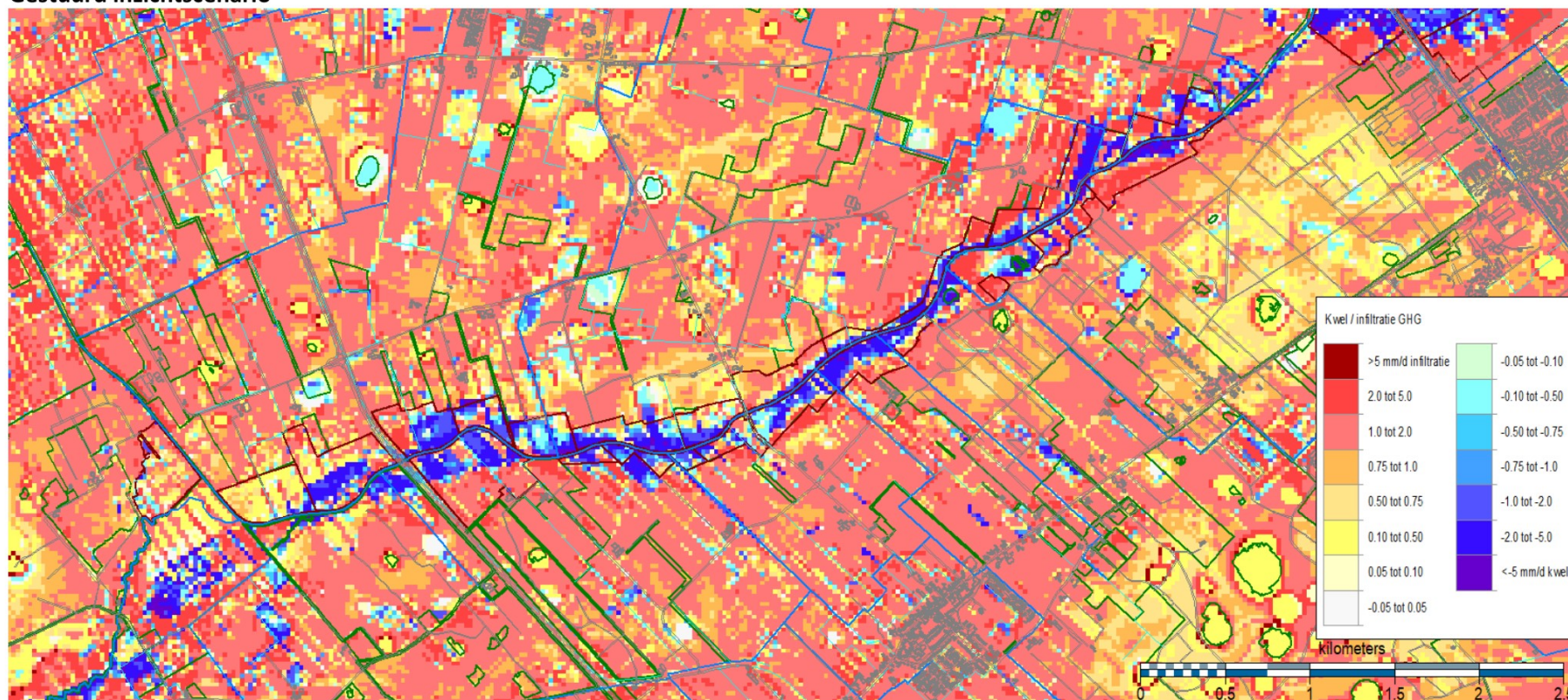


GLG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), brongebied

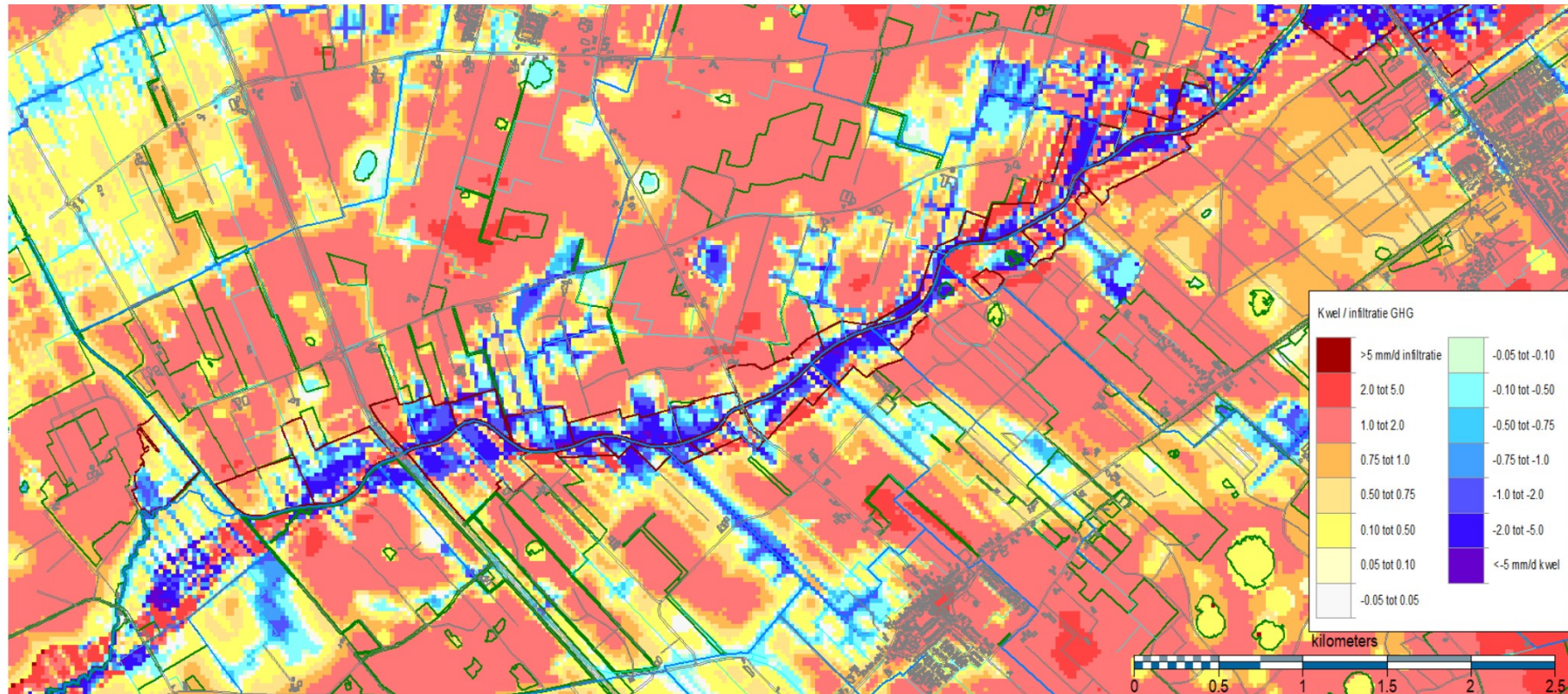


GLG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), brongebied

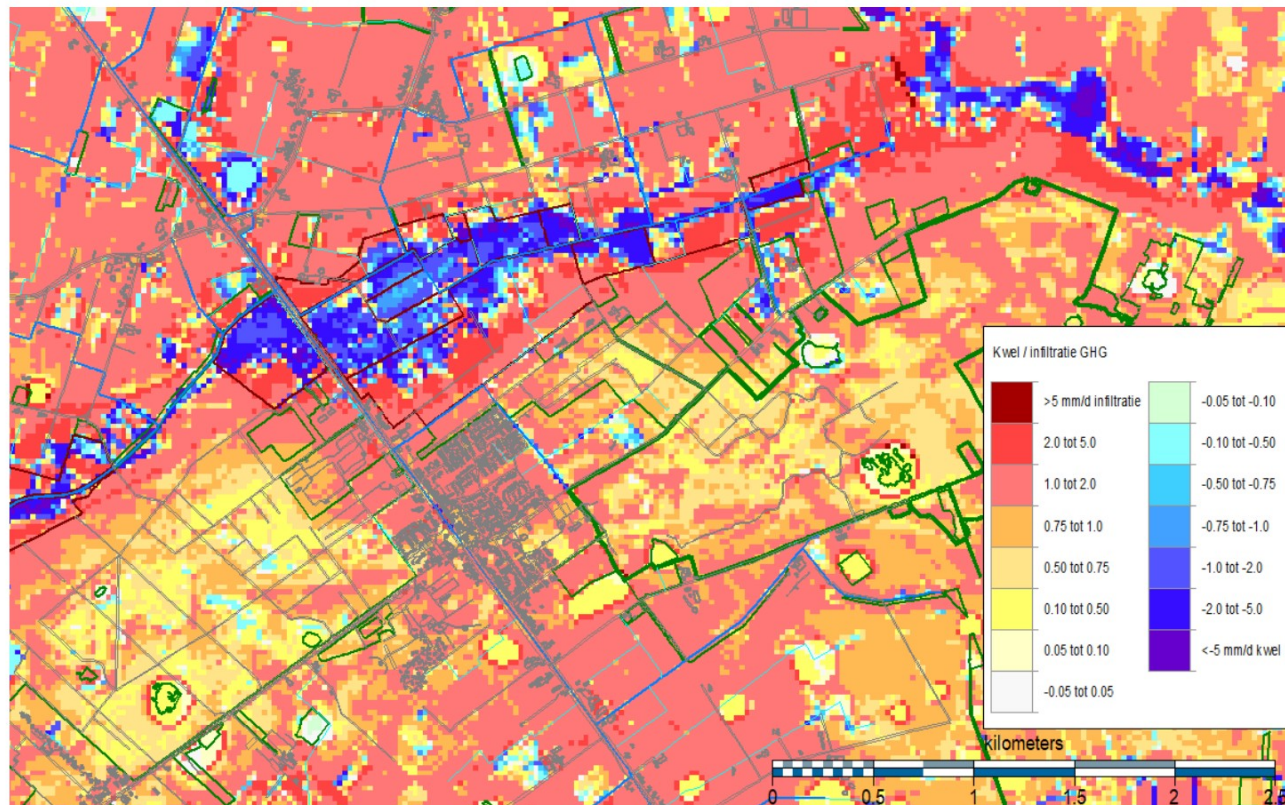
Gestuurd inzichtscenario



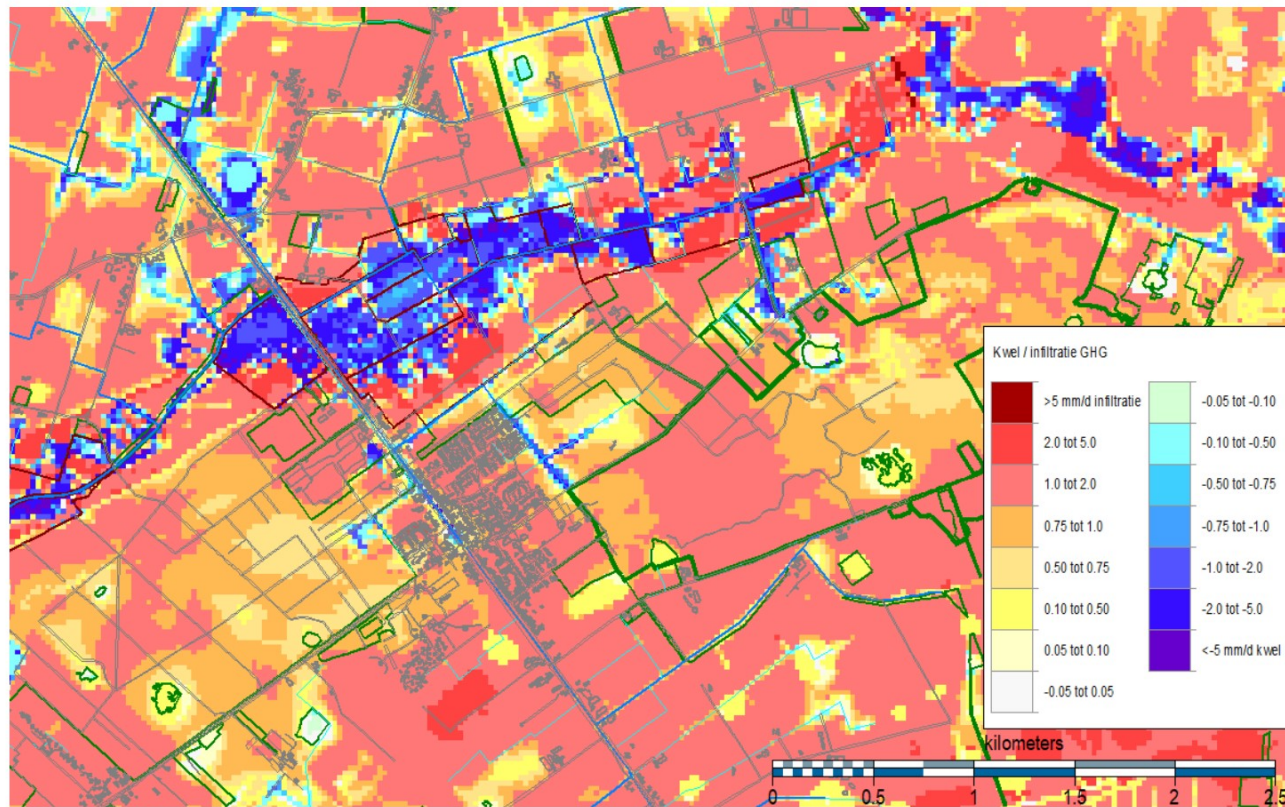
GHG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



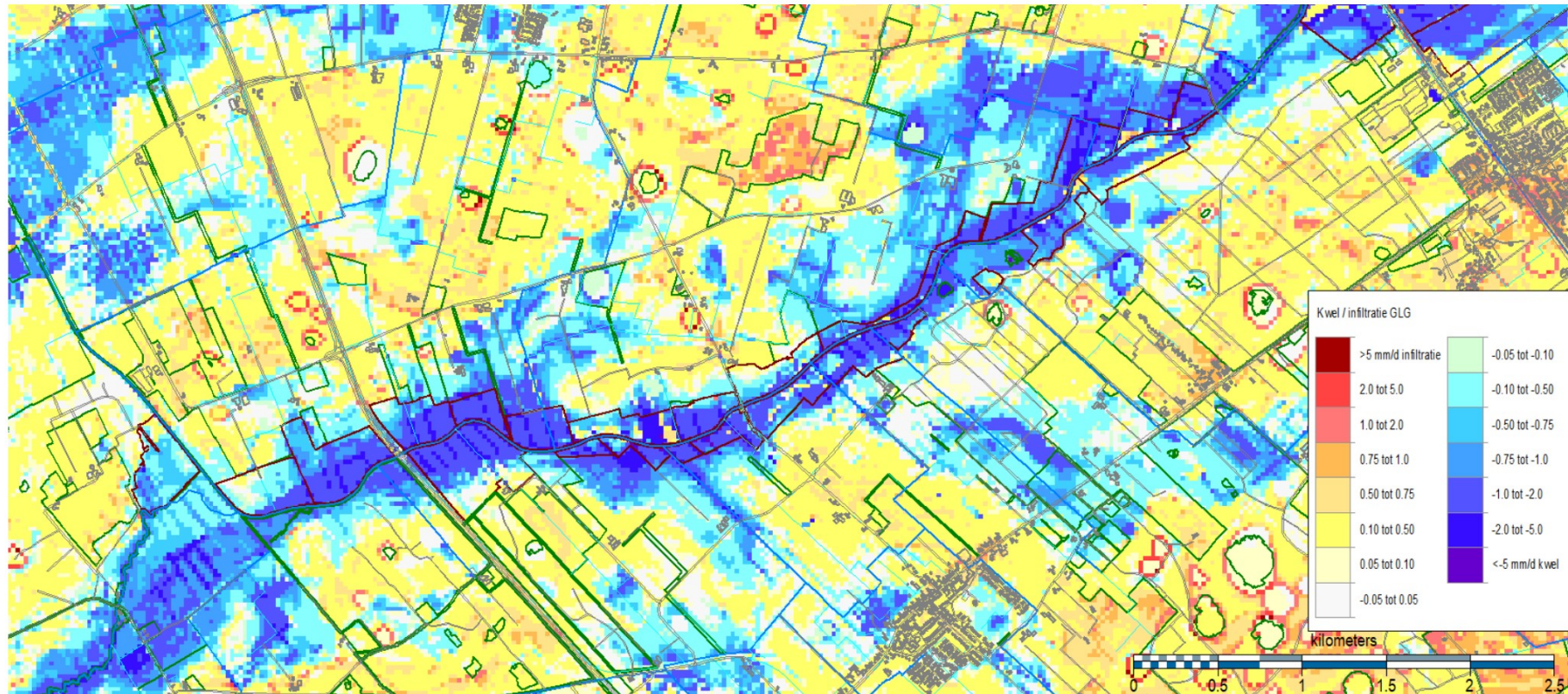
GHG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



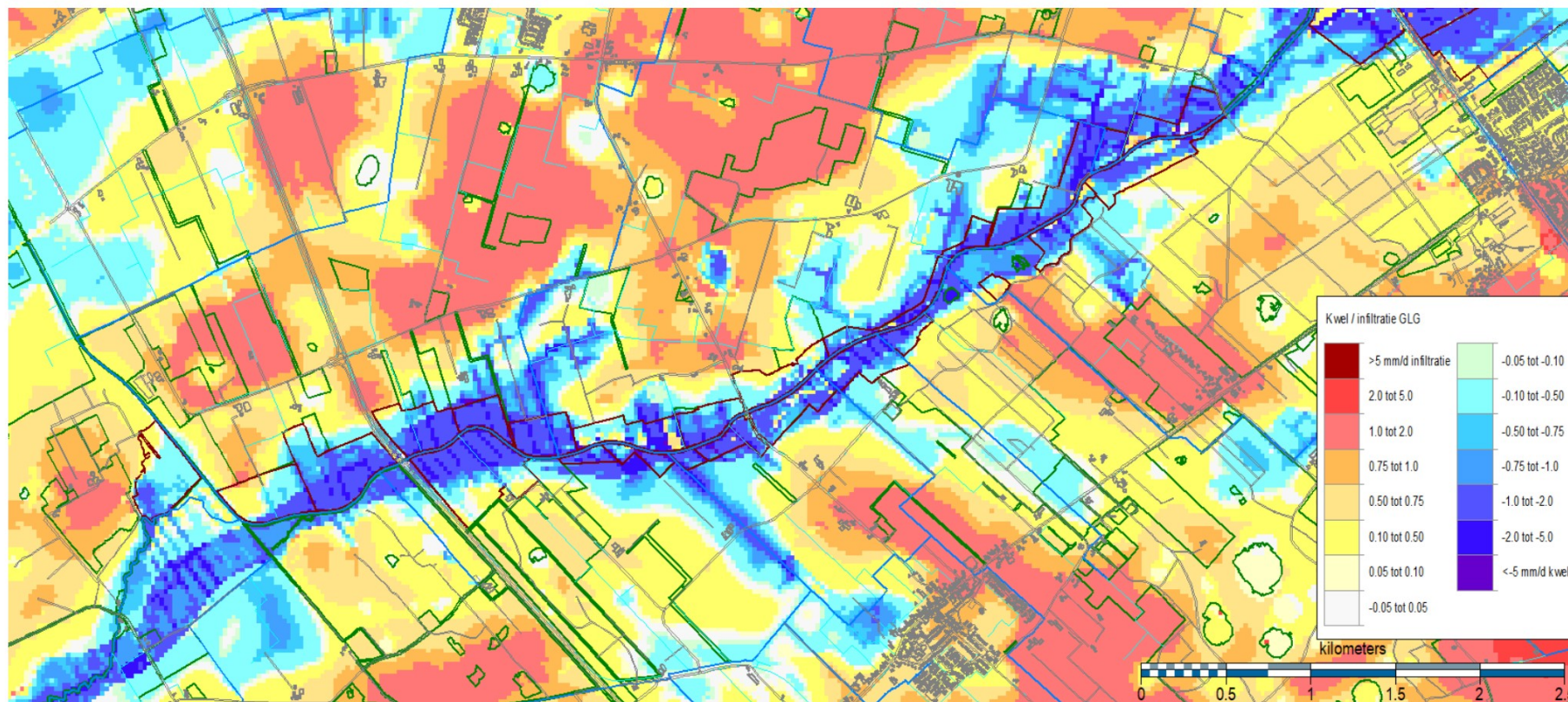
GHG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), brongebied



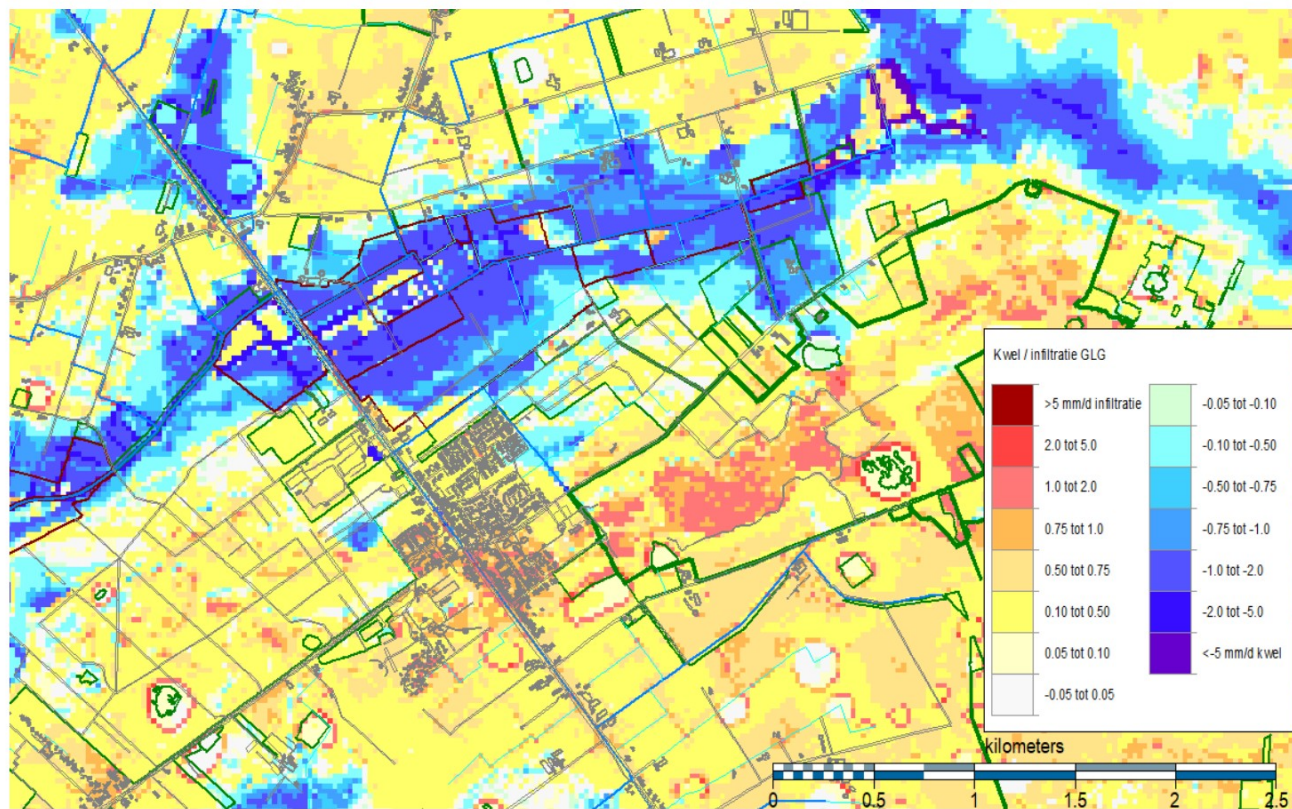
GHG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), brongebied



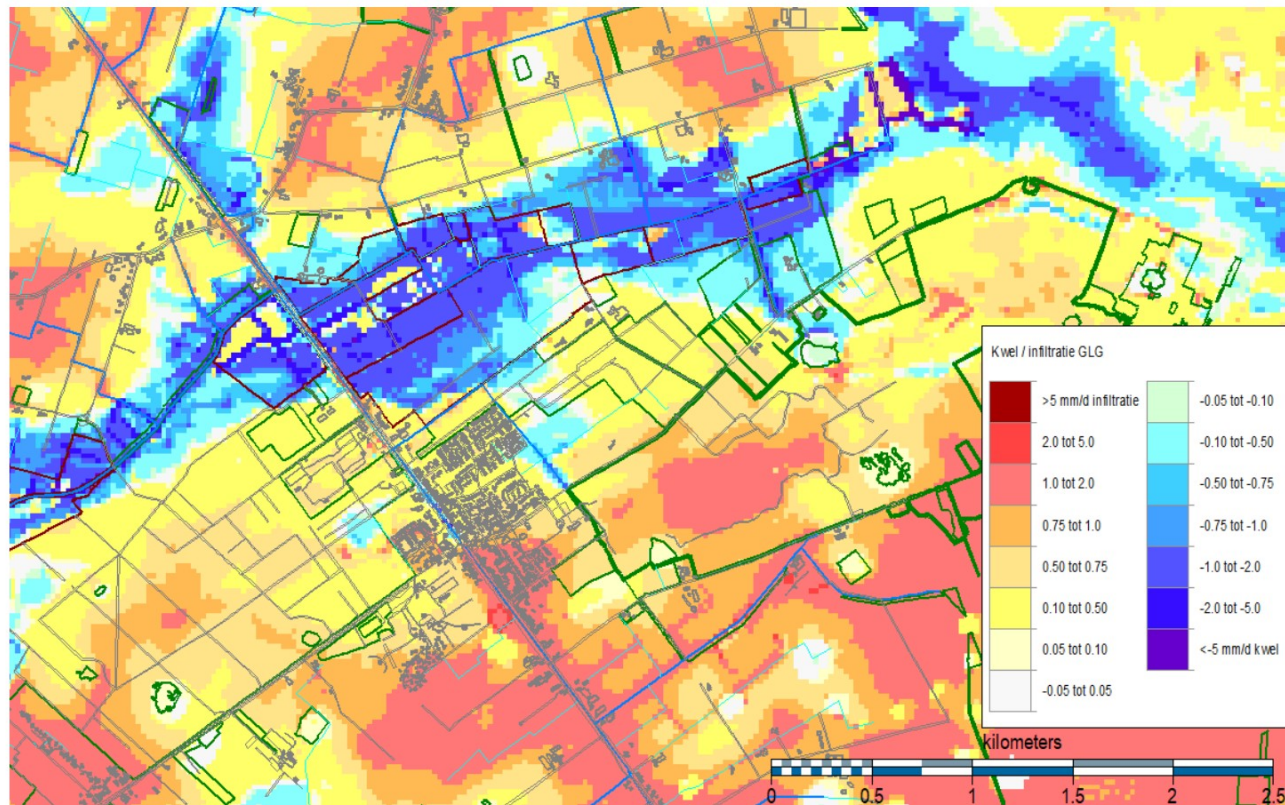
GLG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



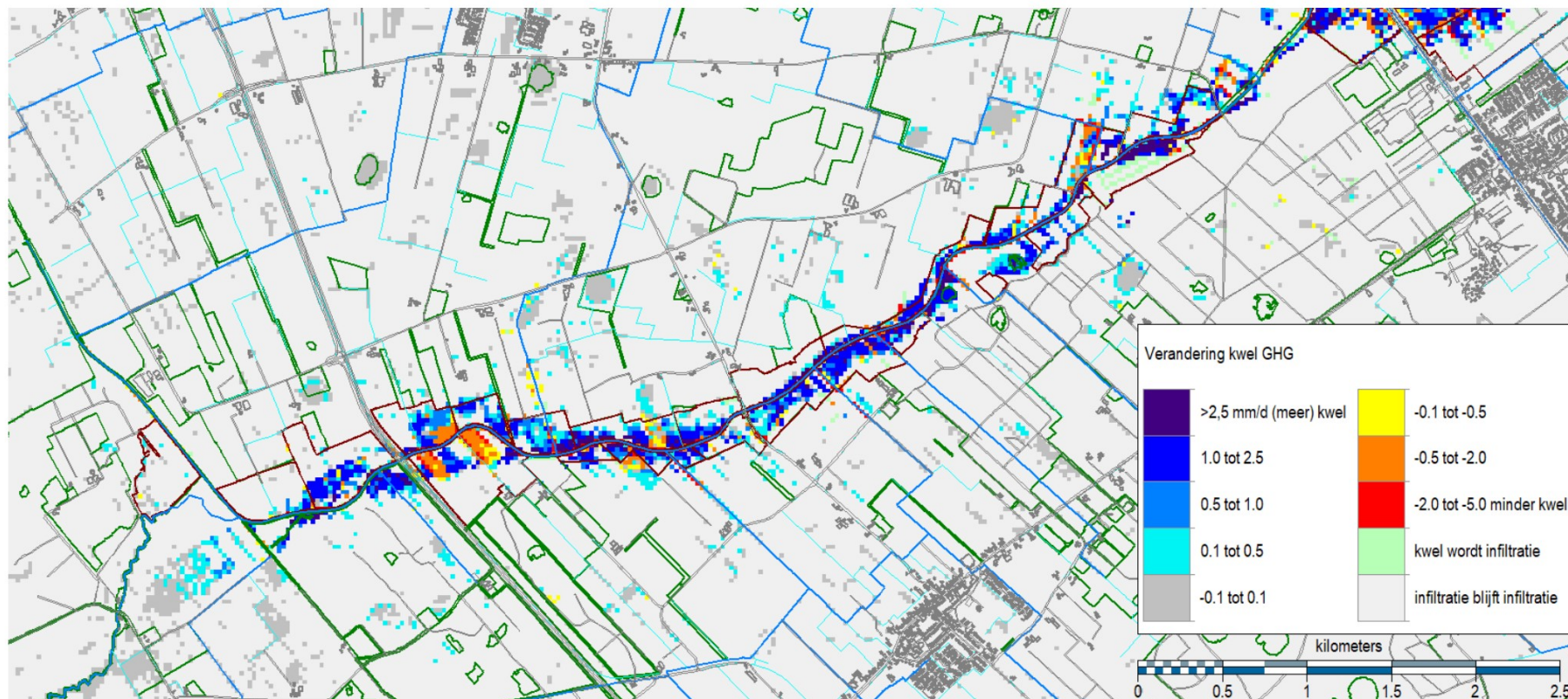
GLG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



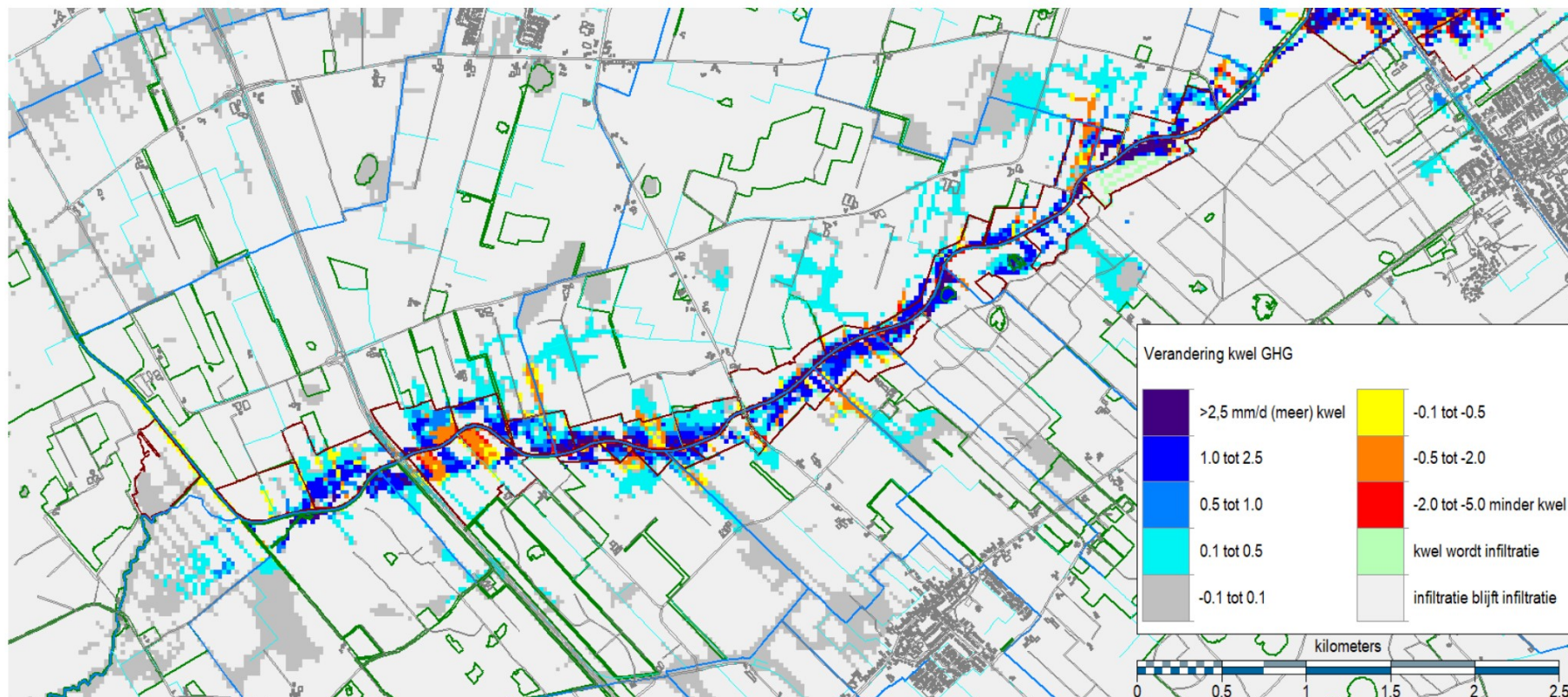
GLG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), brongebied



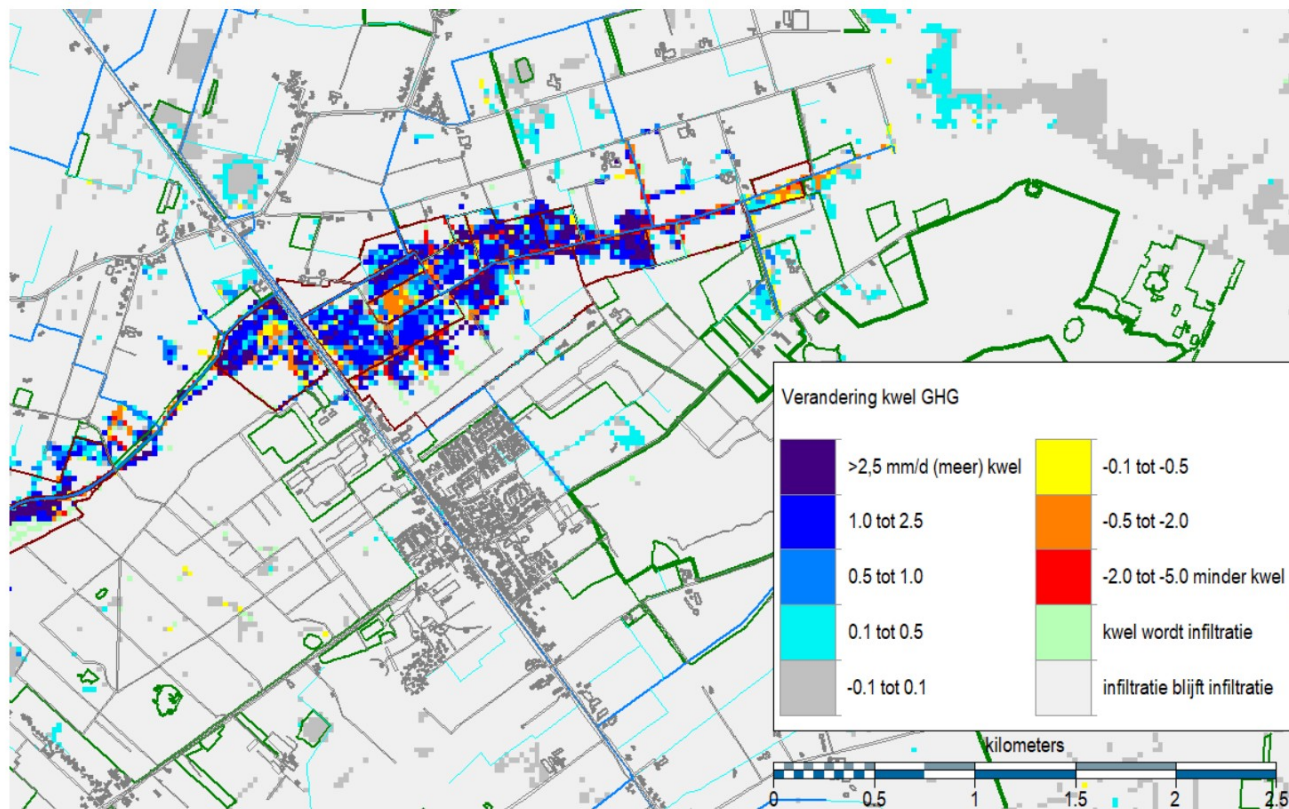
GLG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), brongebied



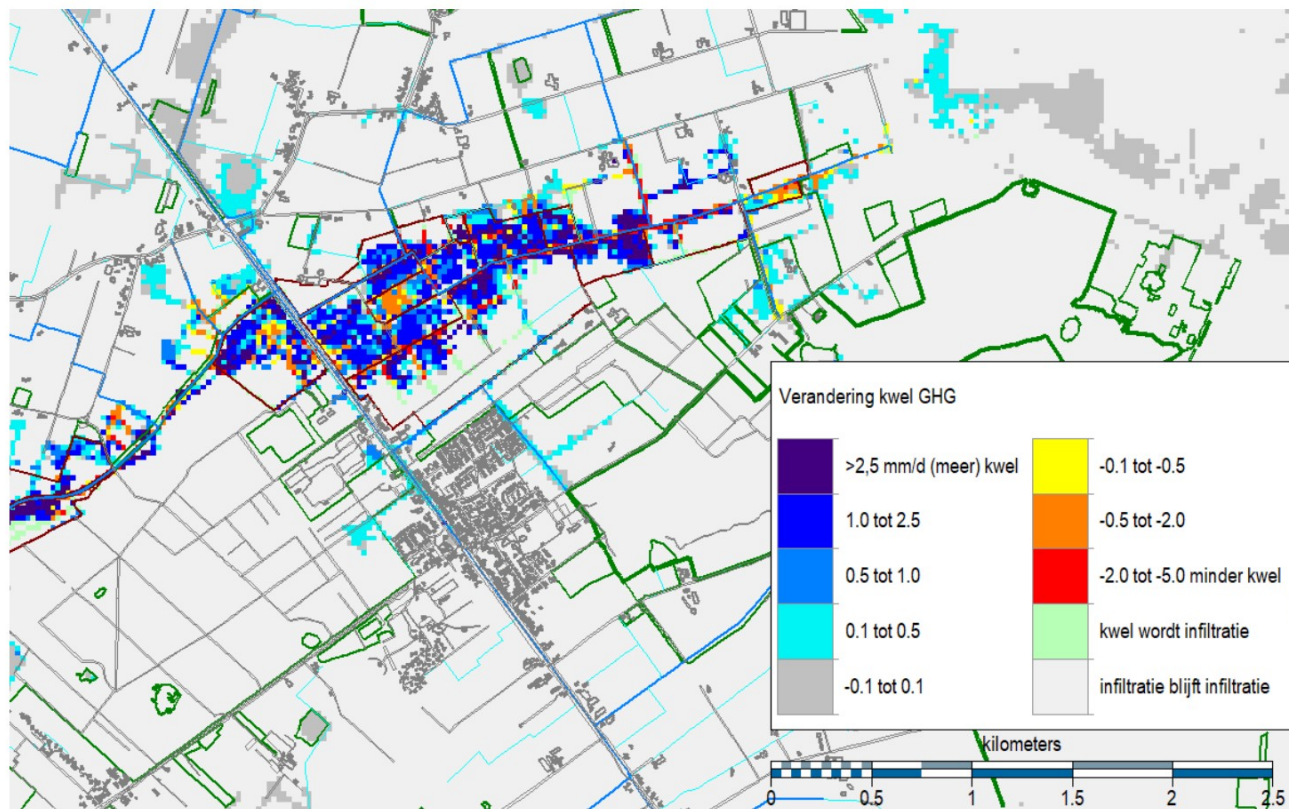
GHG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



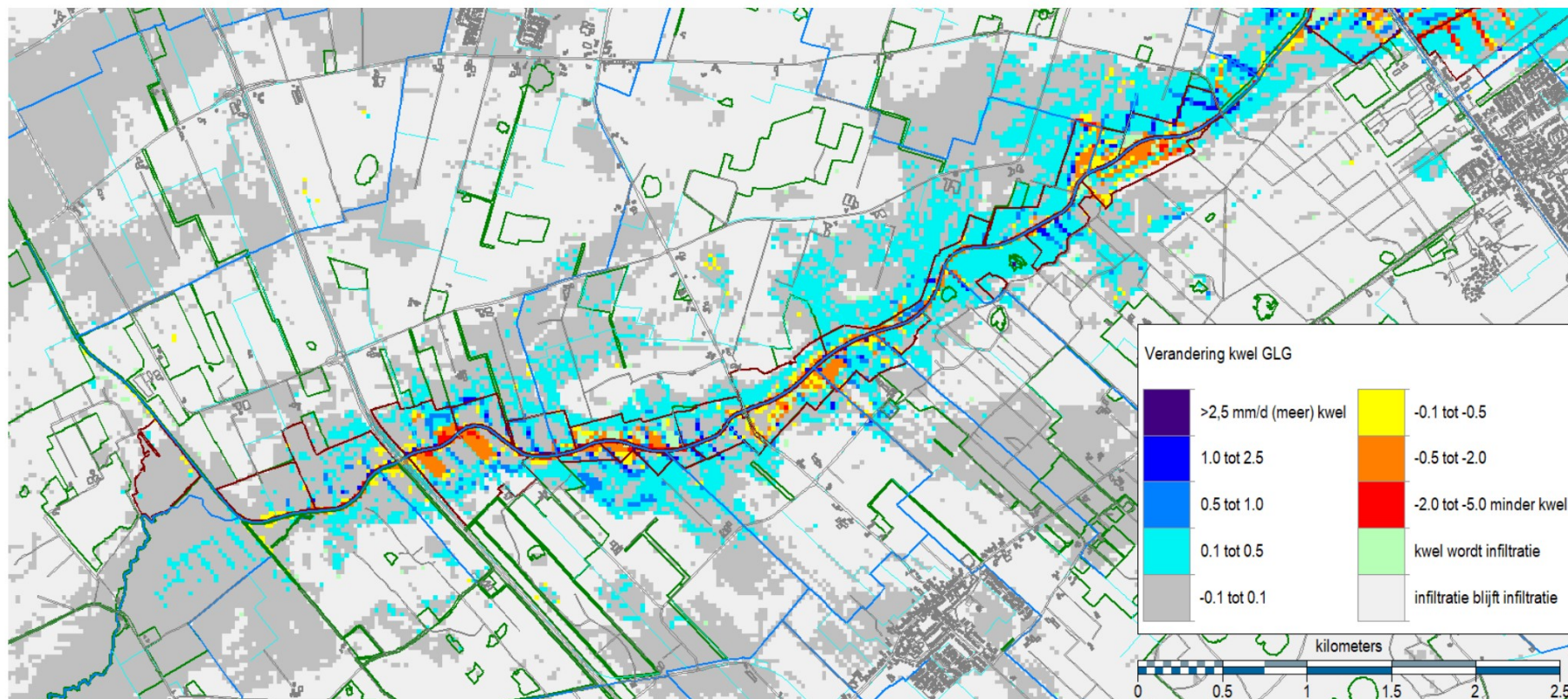
GHG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



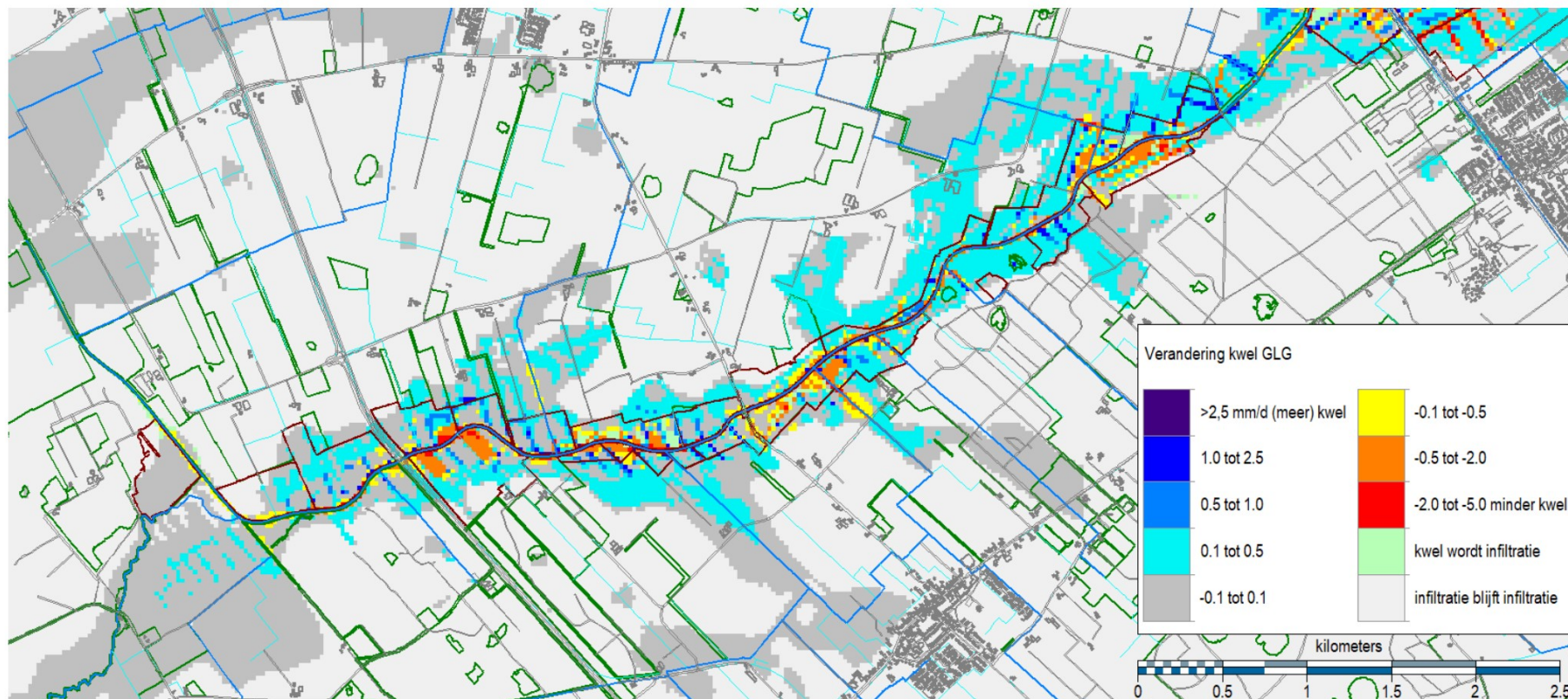
GHG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), brongebied



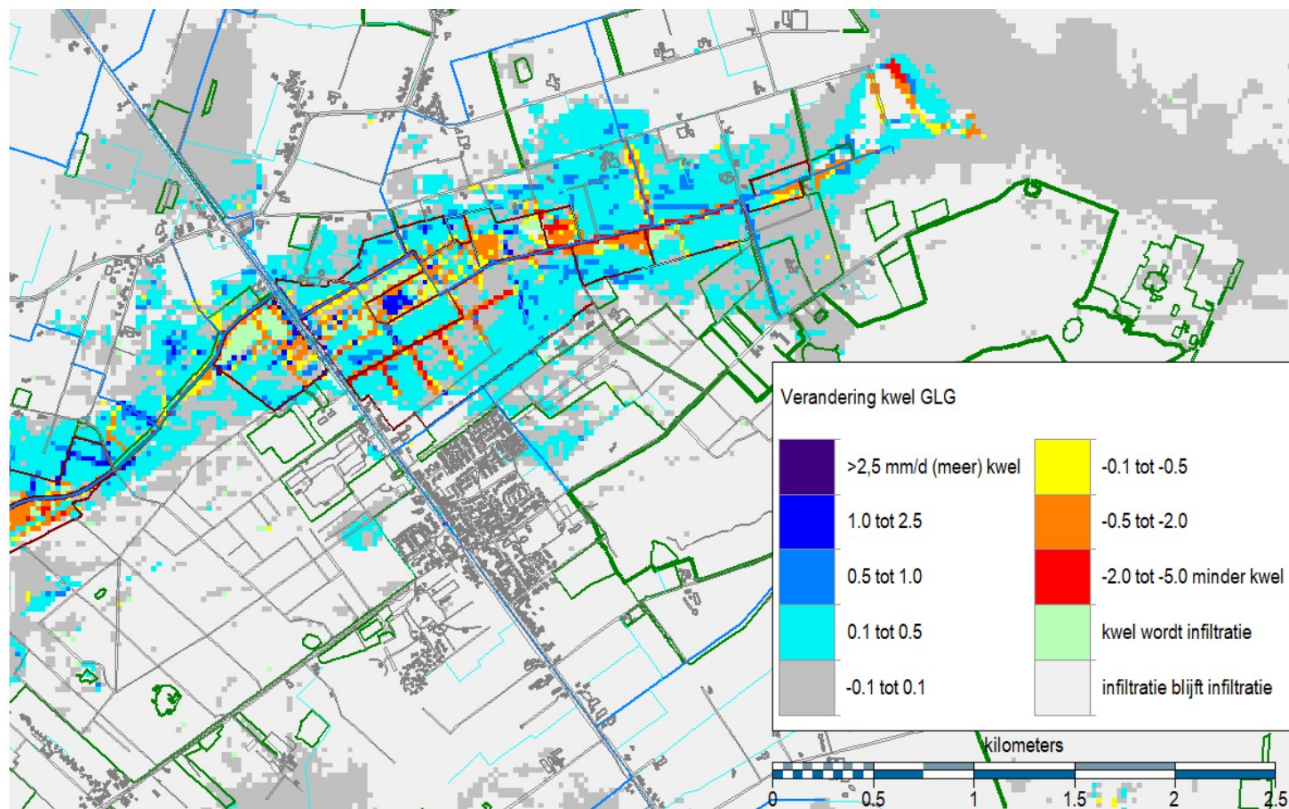
GHG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), brongebied



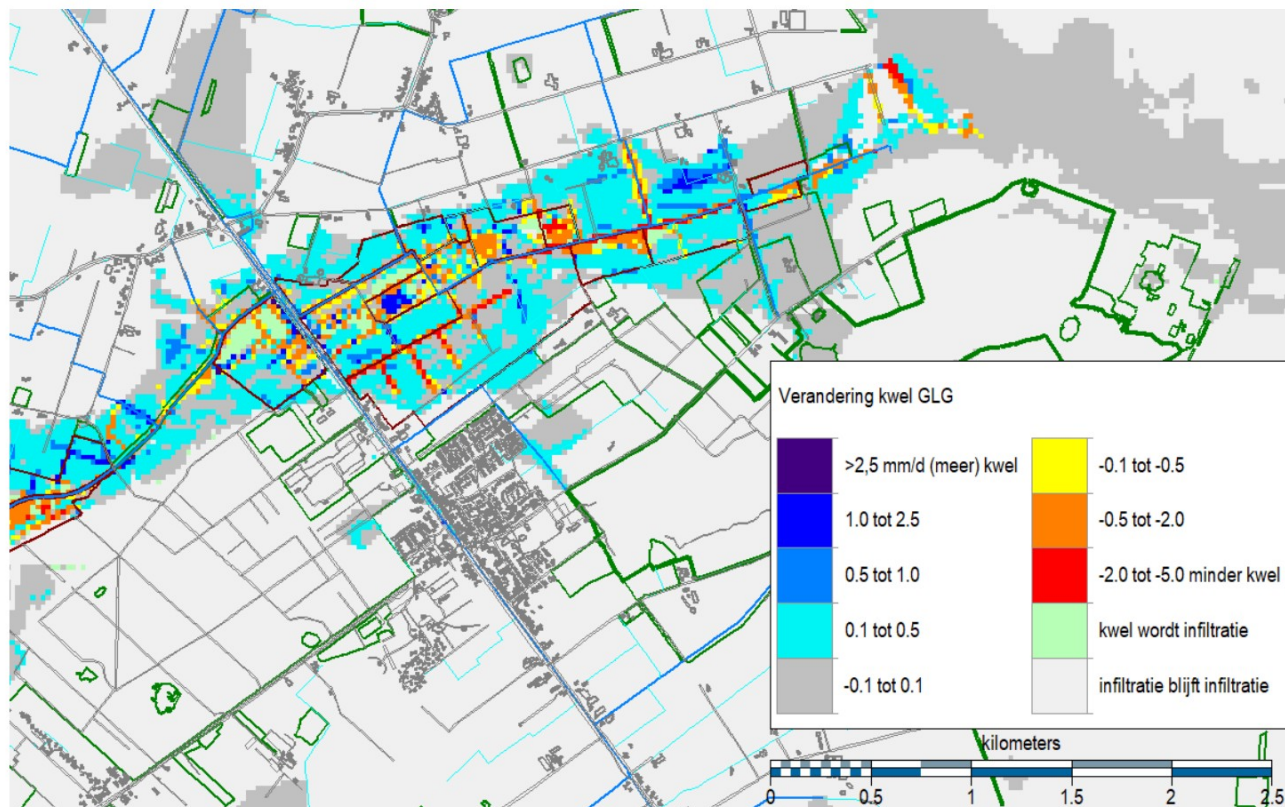
GLG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



GLG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel

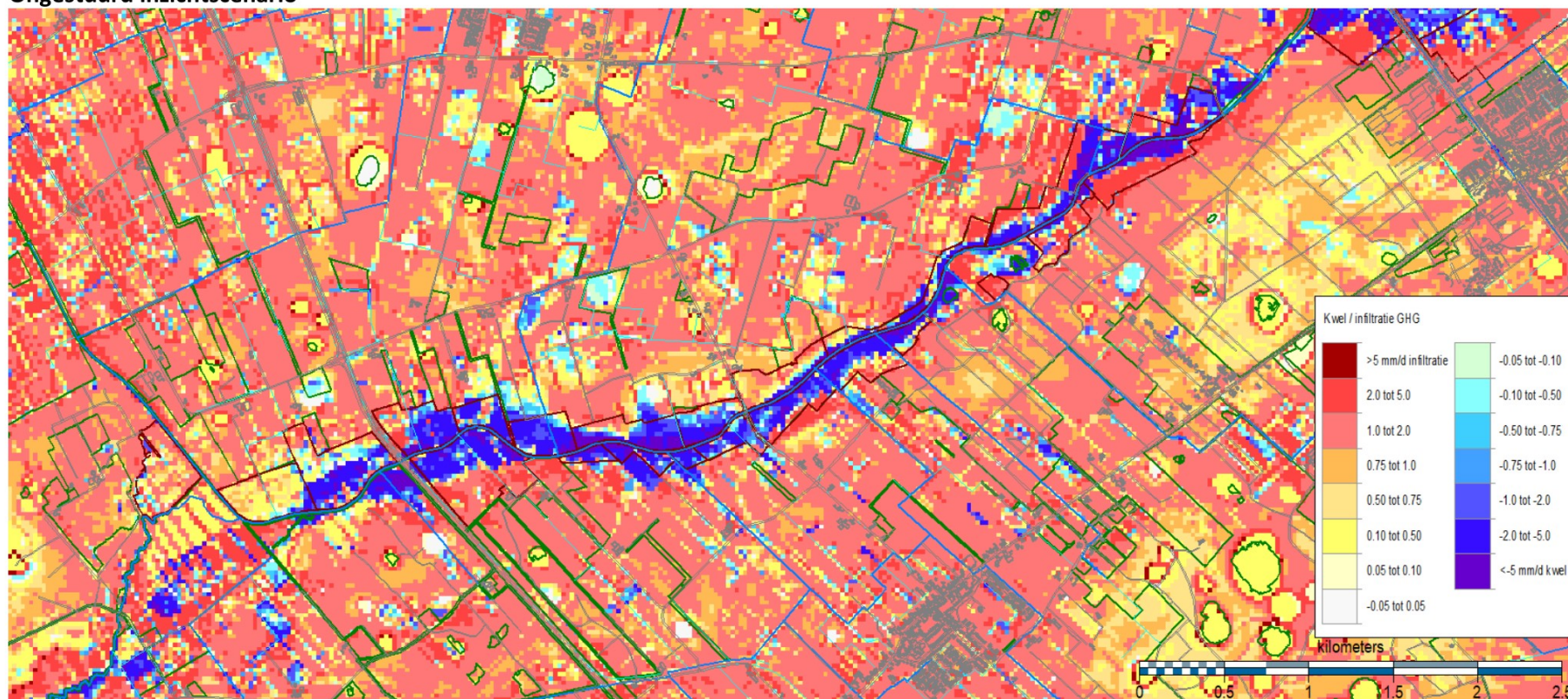


GLG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), brongebied

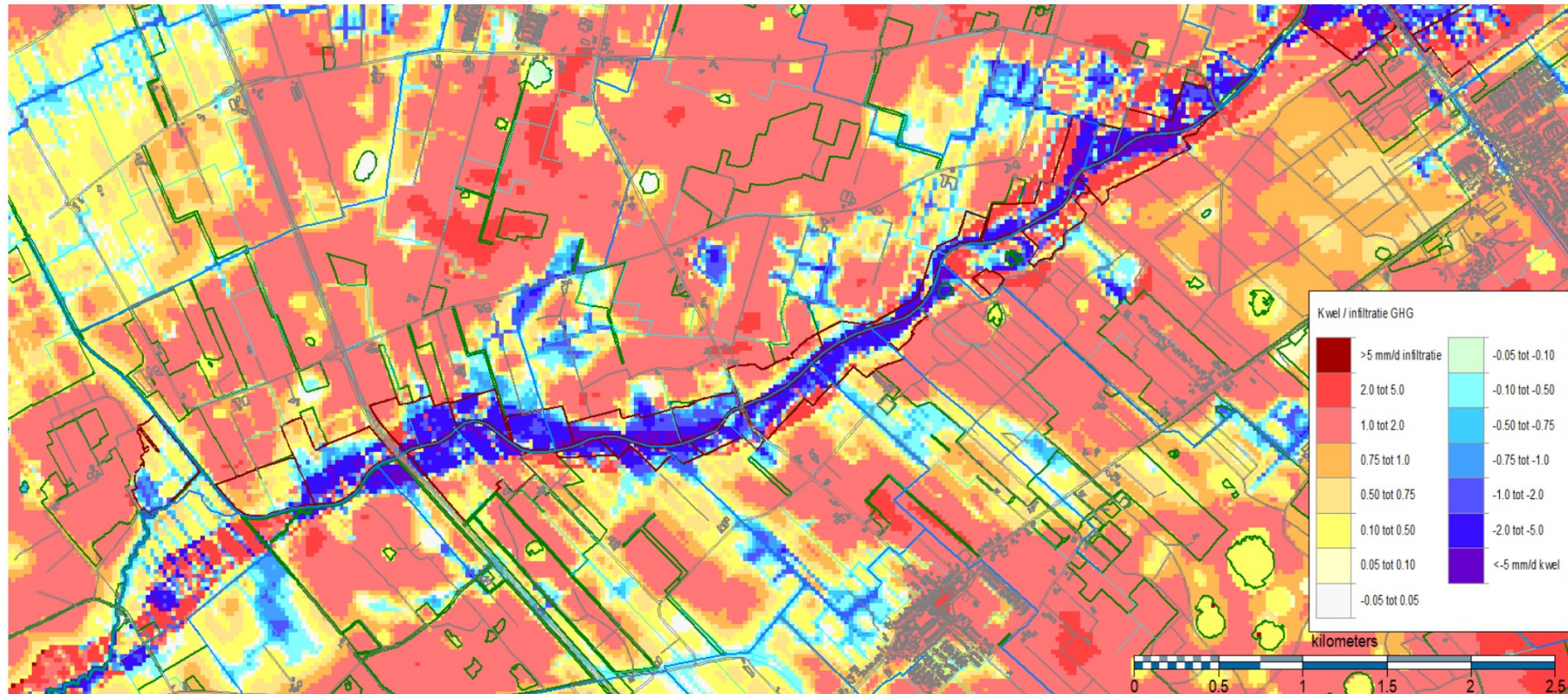


GLG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), brongebied

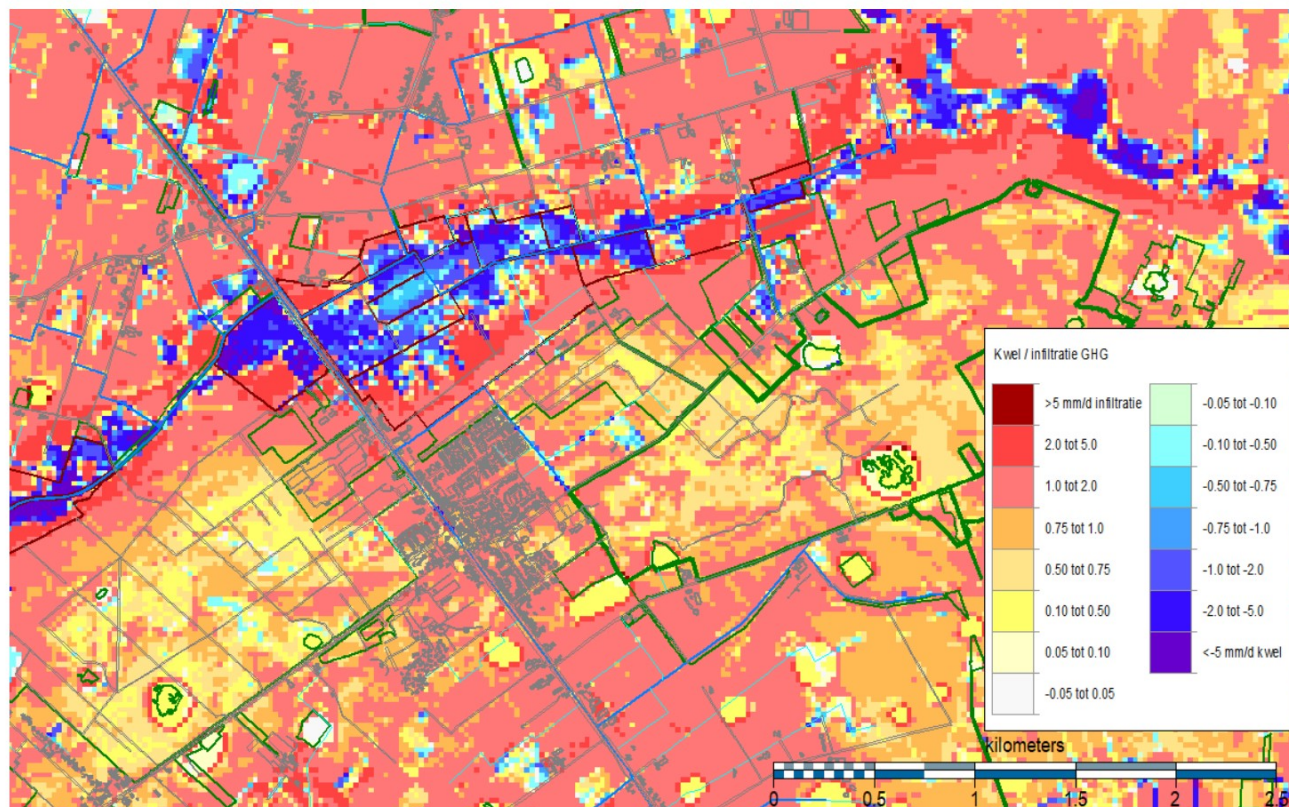
Ongestuurd inzichtscenario



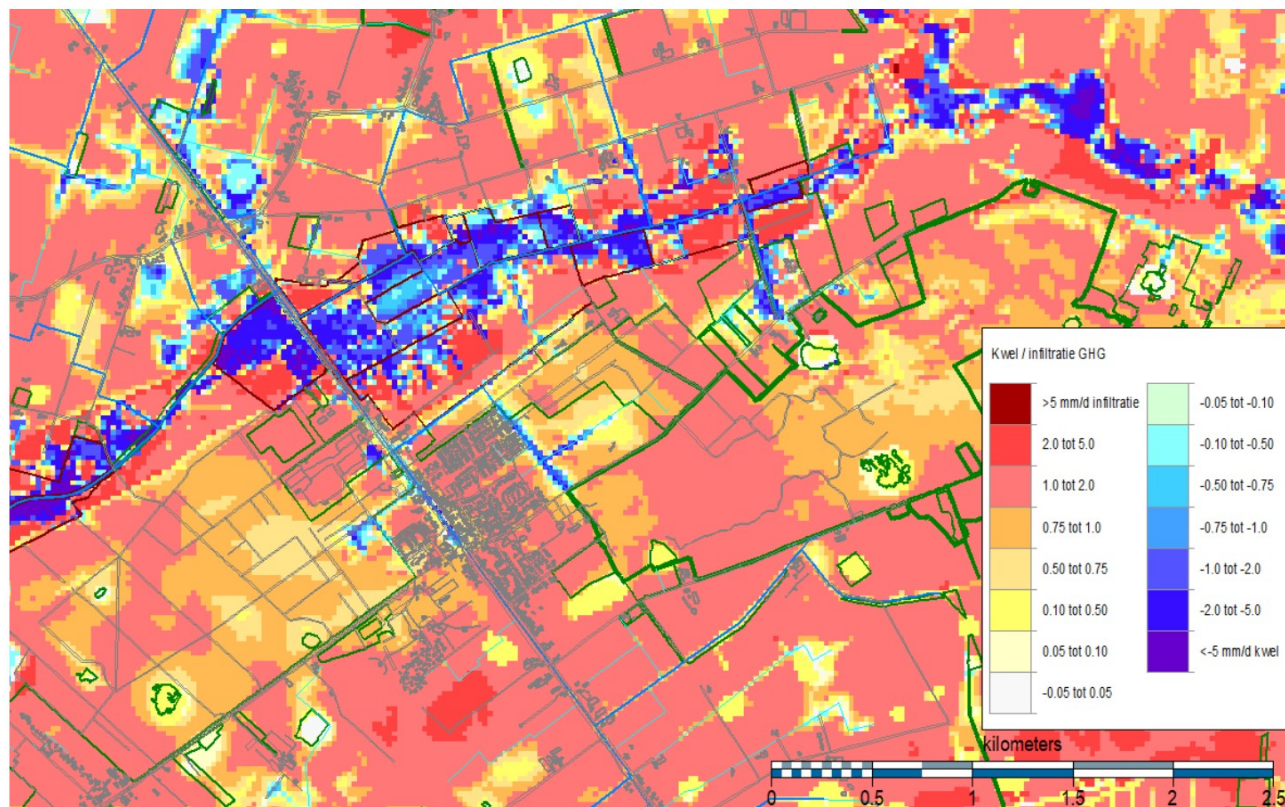
GHG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



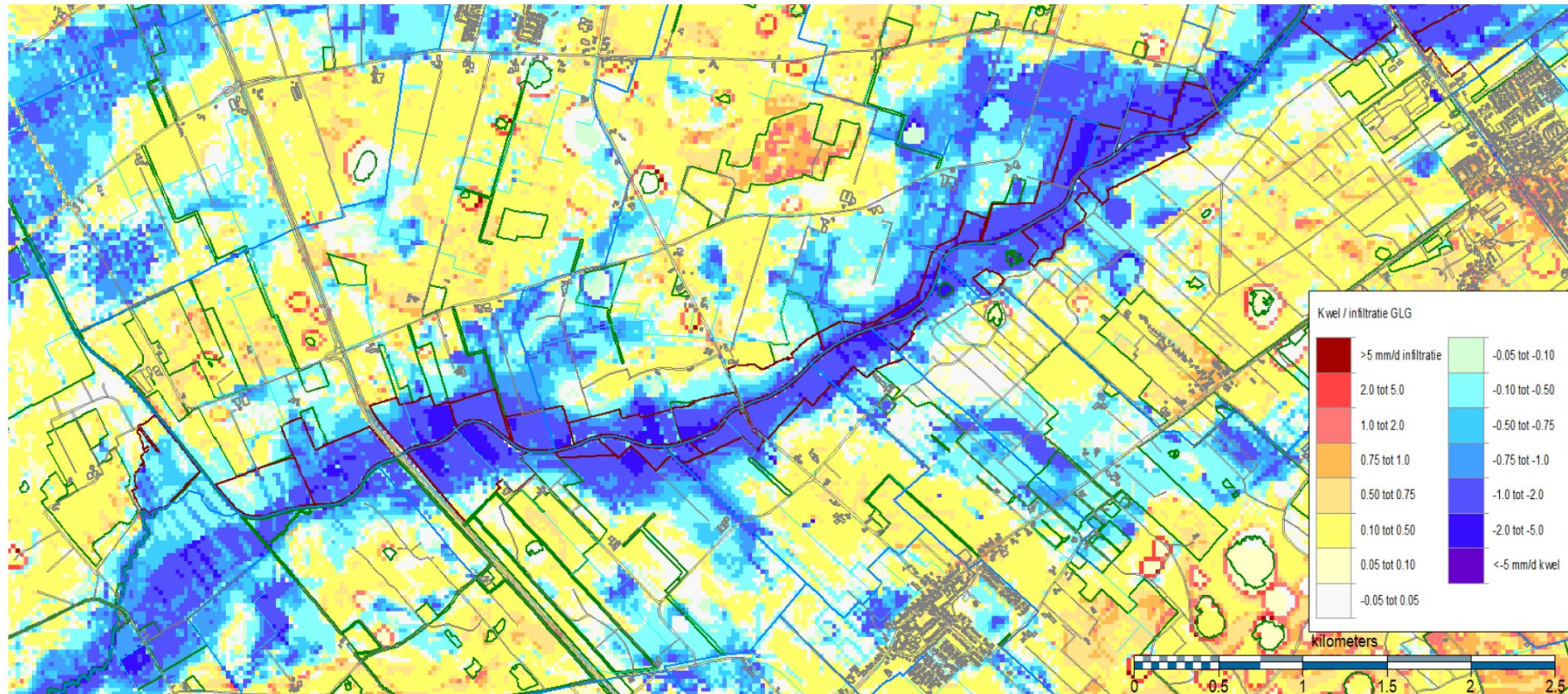
GHG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



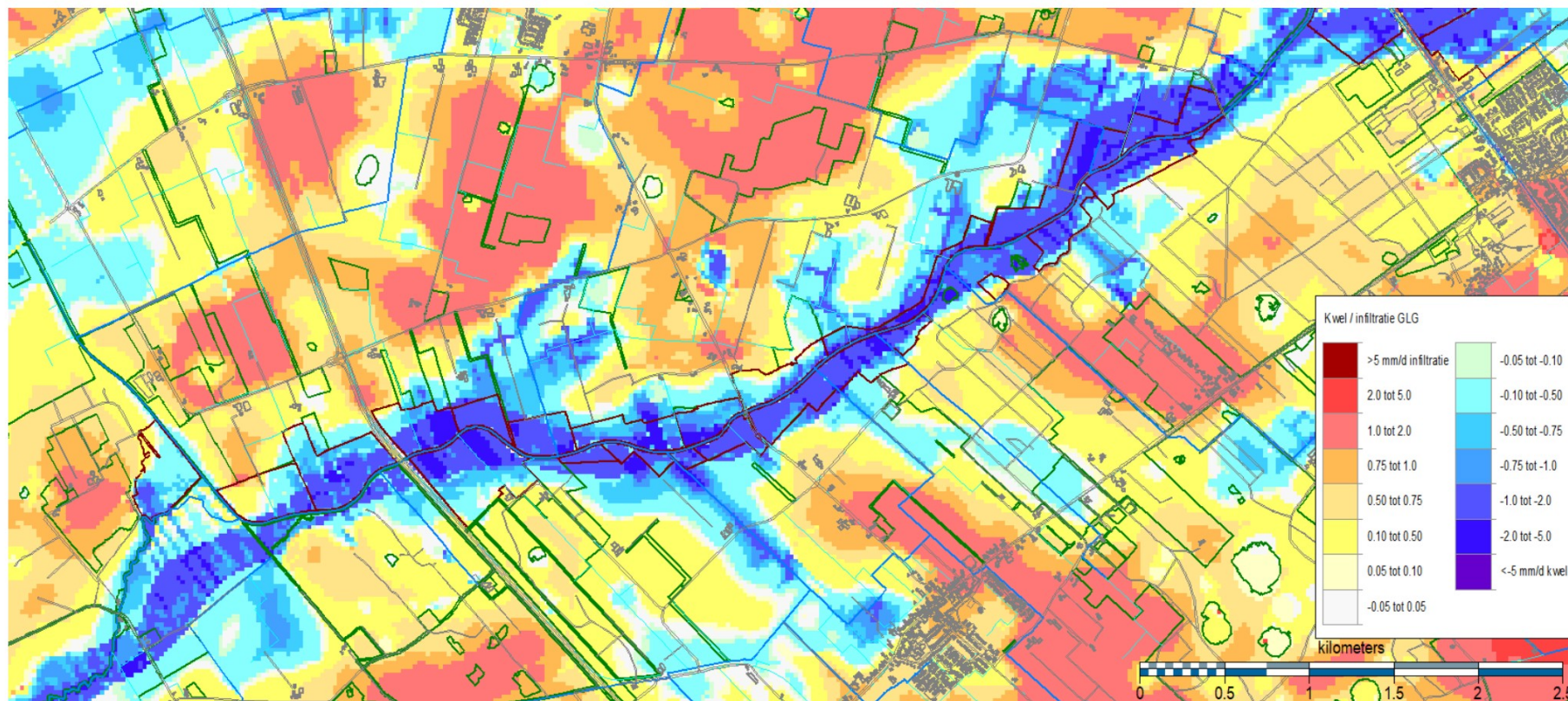
GHG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), brongebied



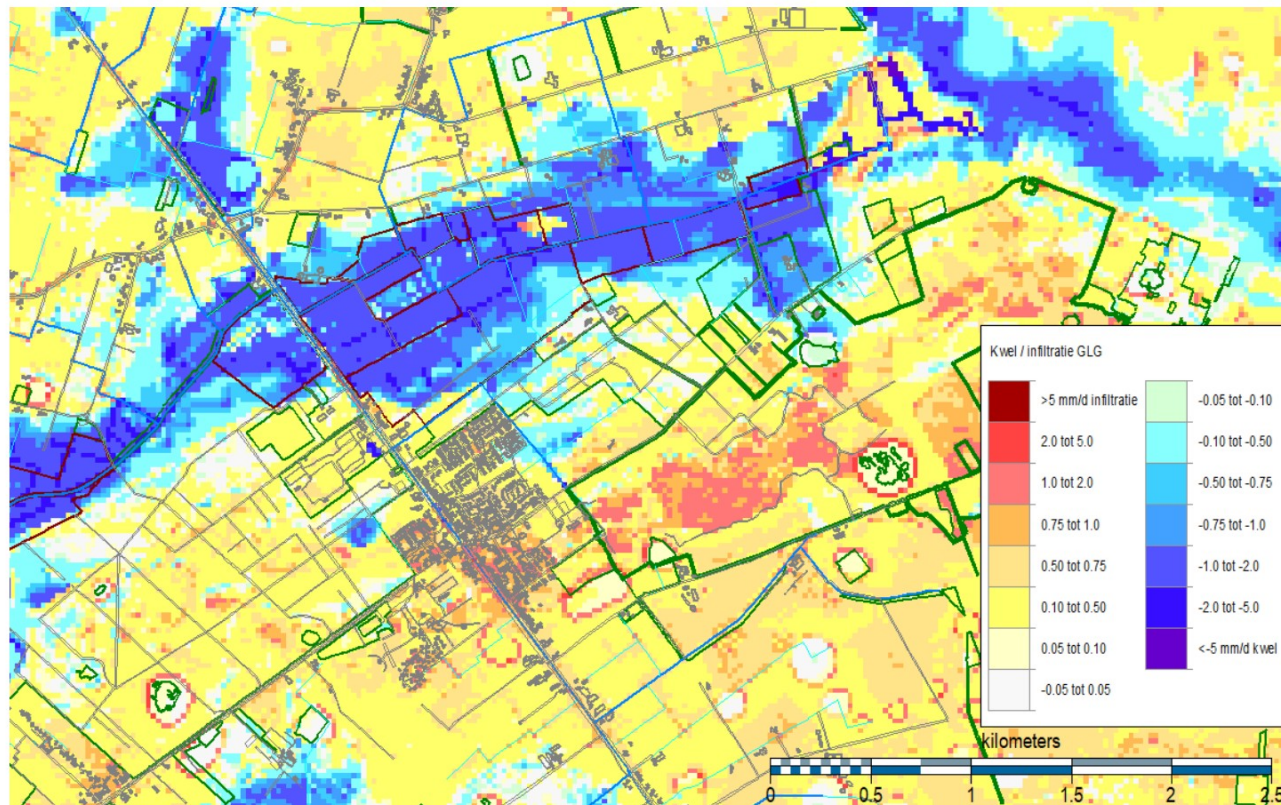
GHG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), brongebied



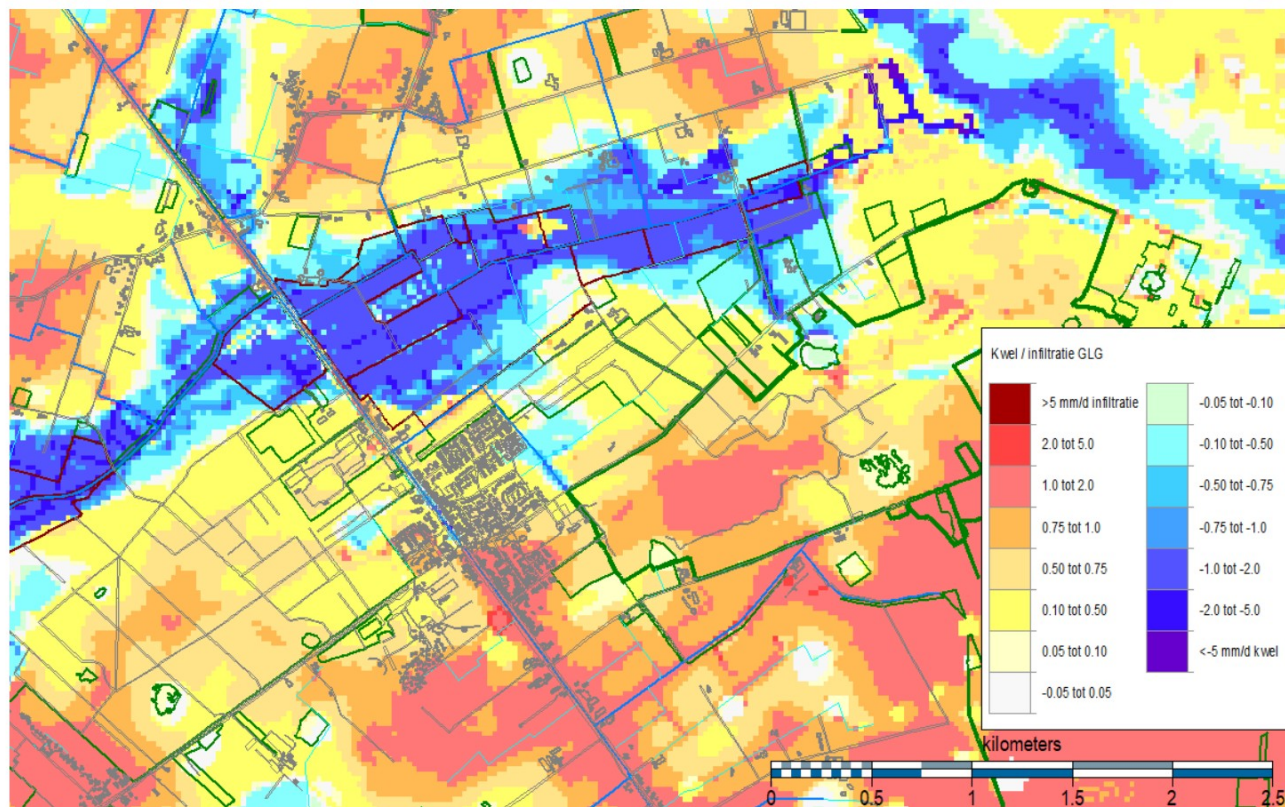
GLG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



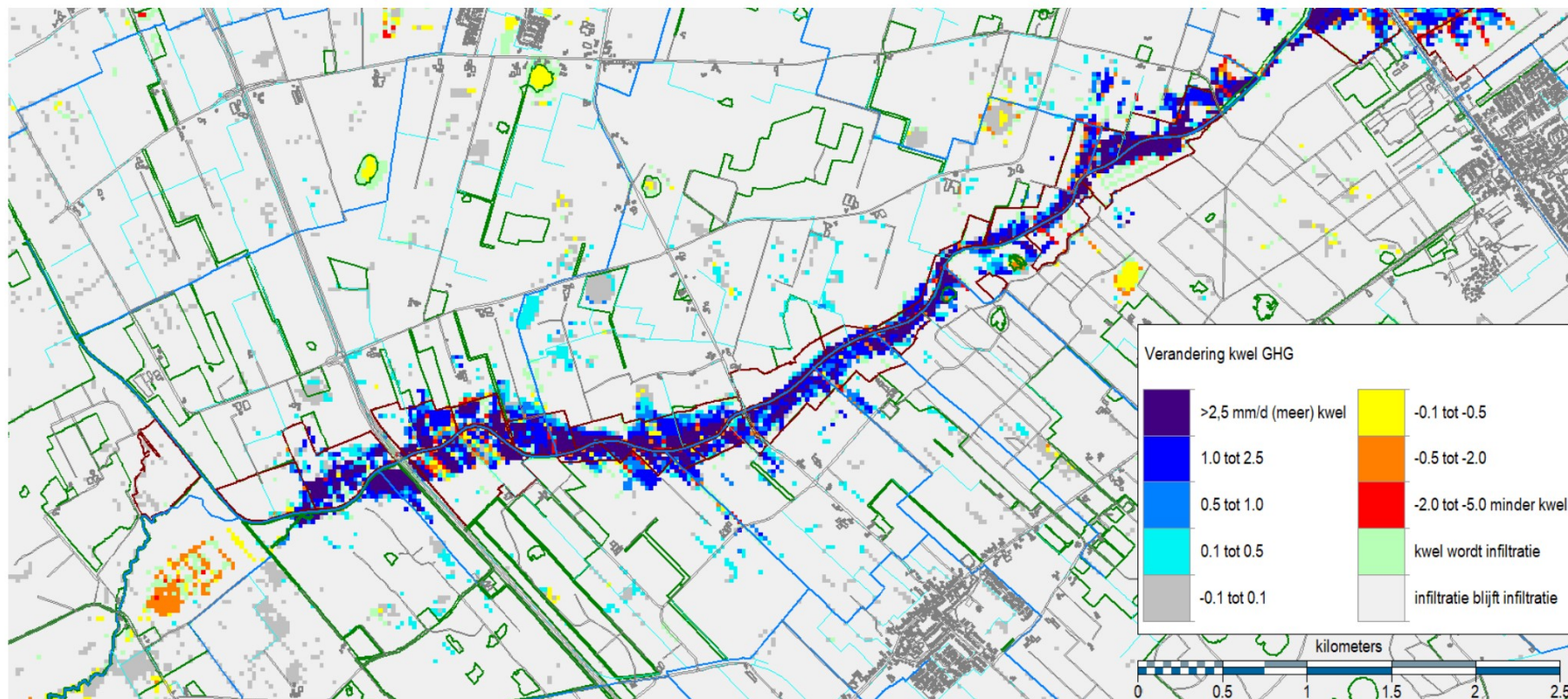
GLG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



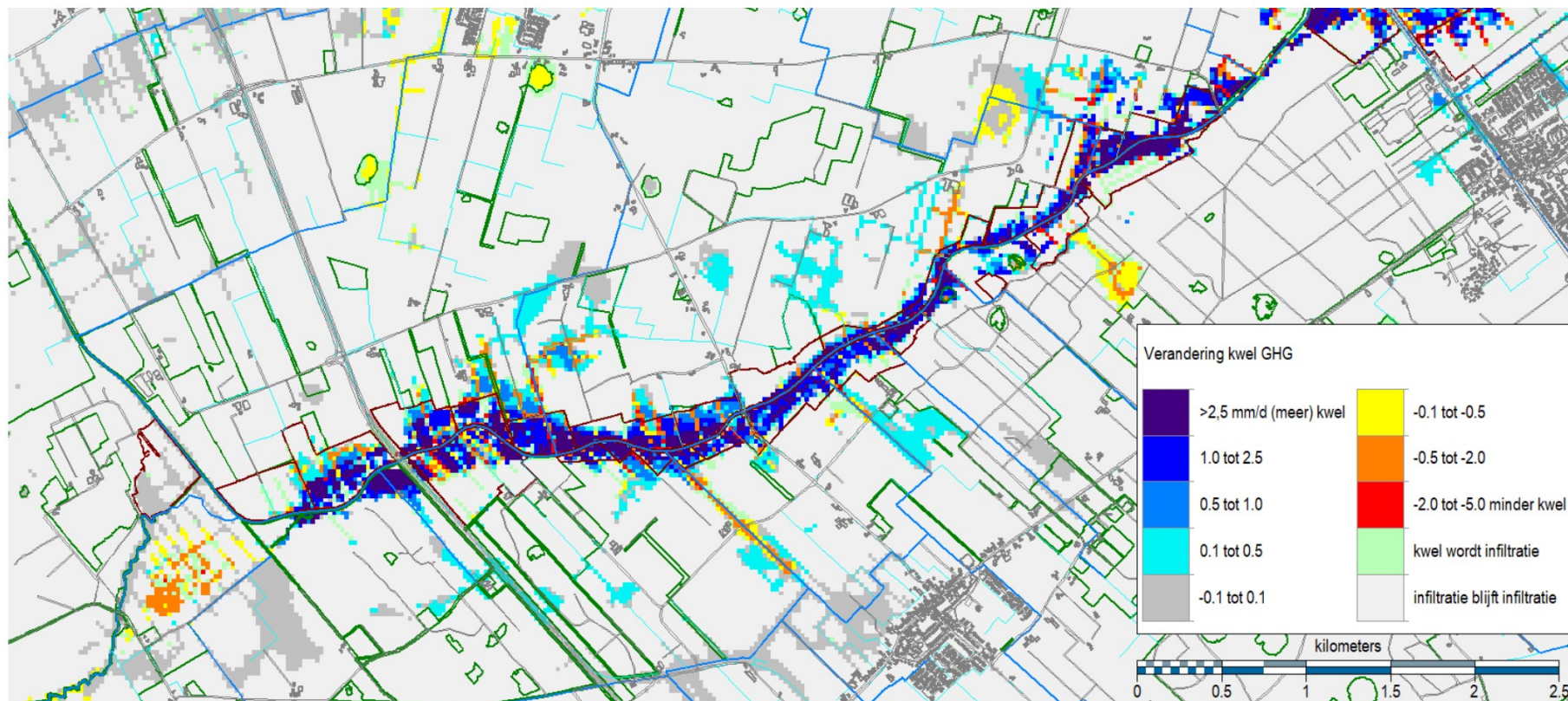
GLG, kwel tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), brongebied



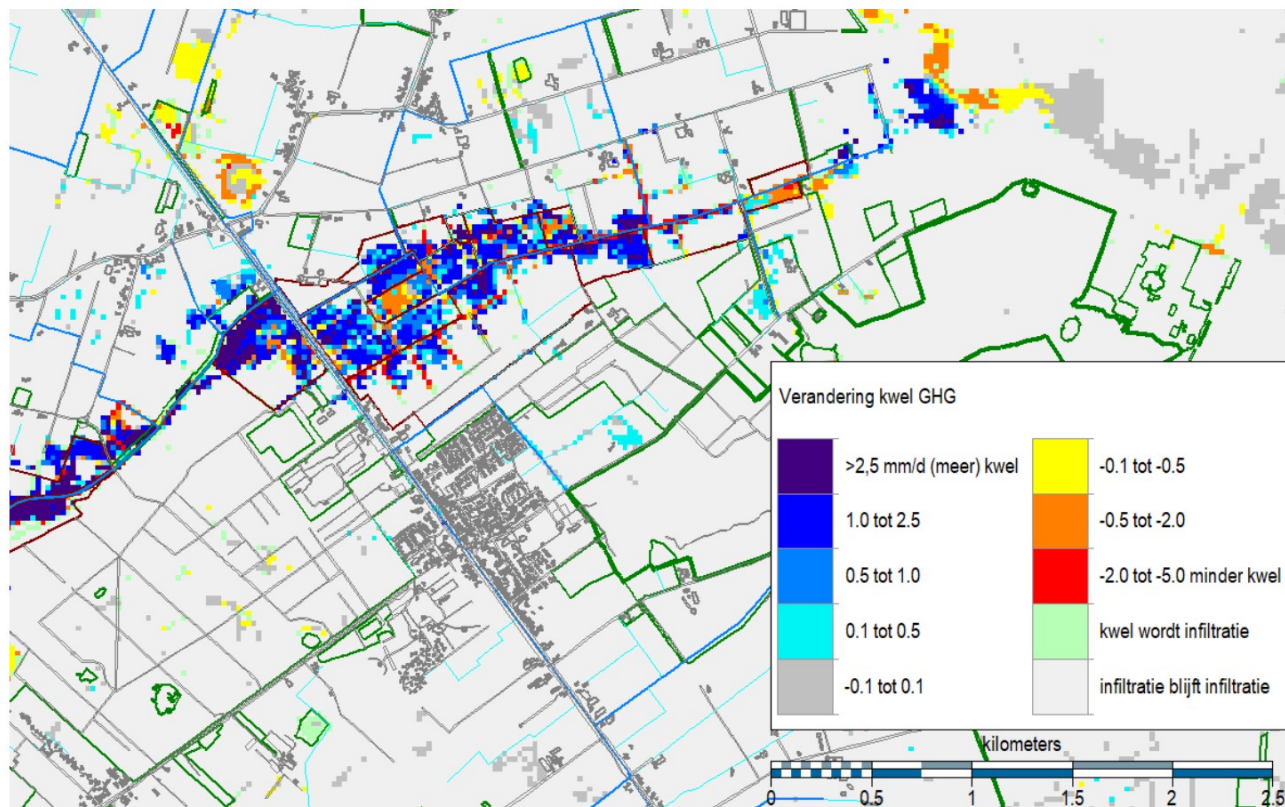
GLG, kwel over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), brongebied



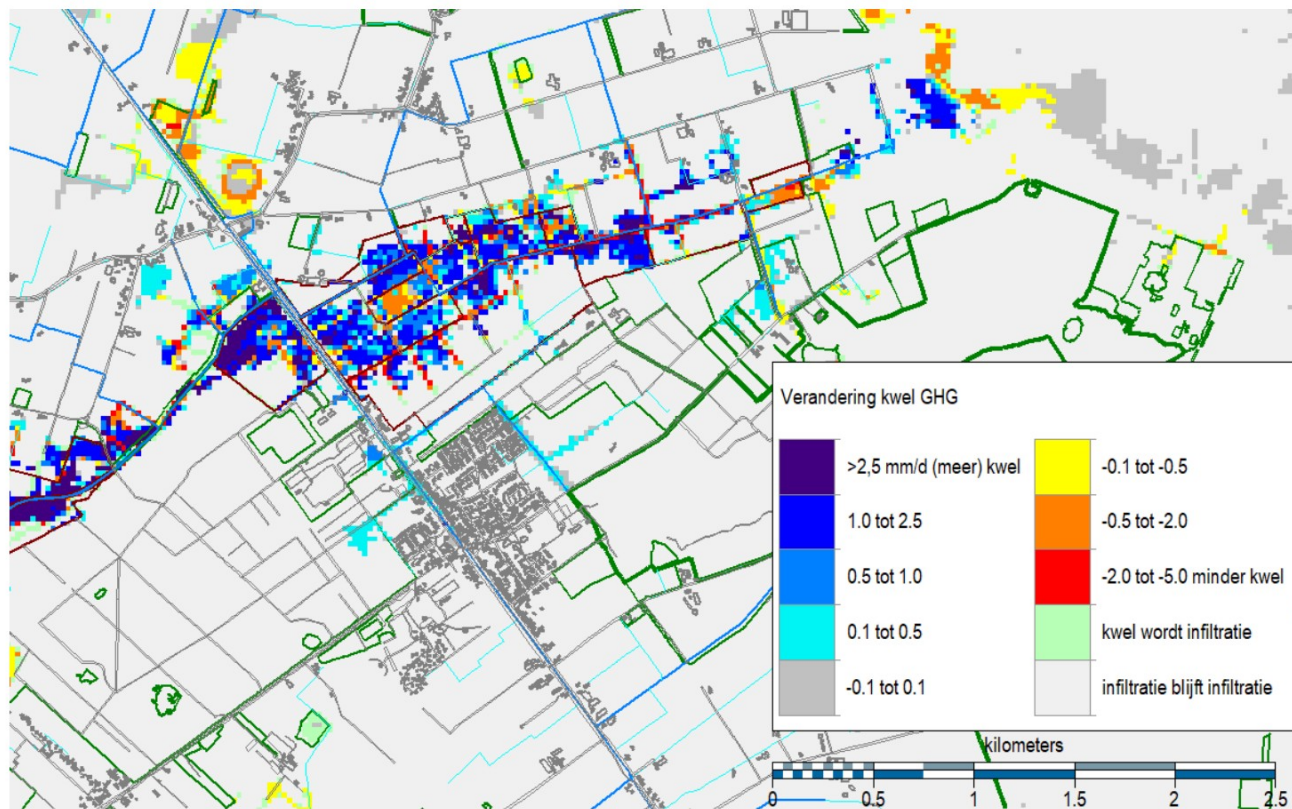
GHG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



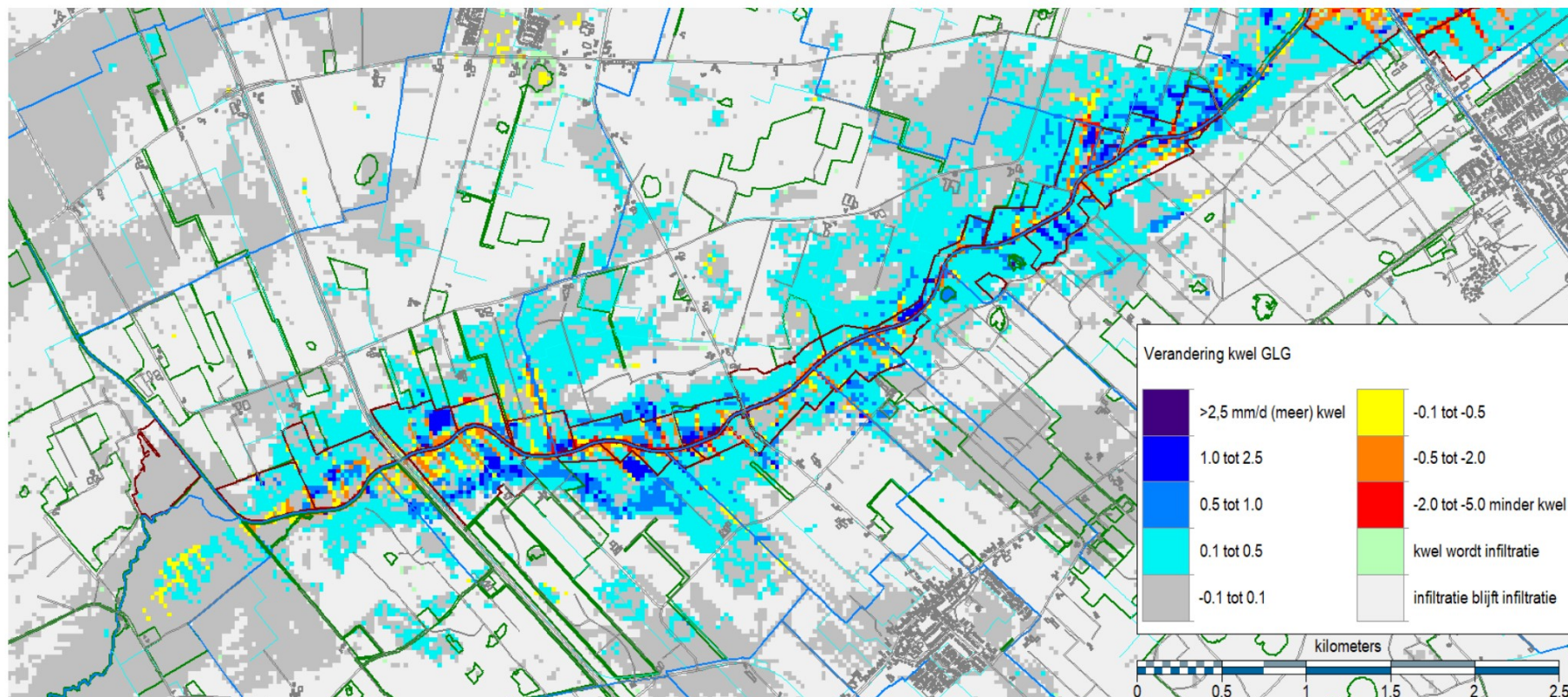
GHG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



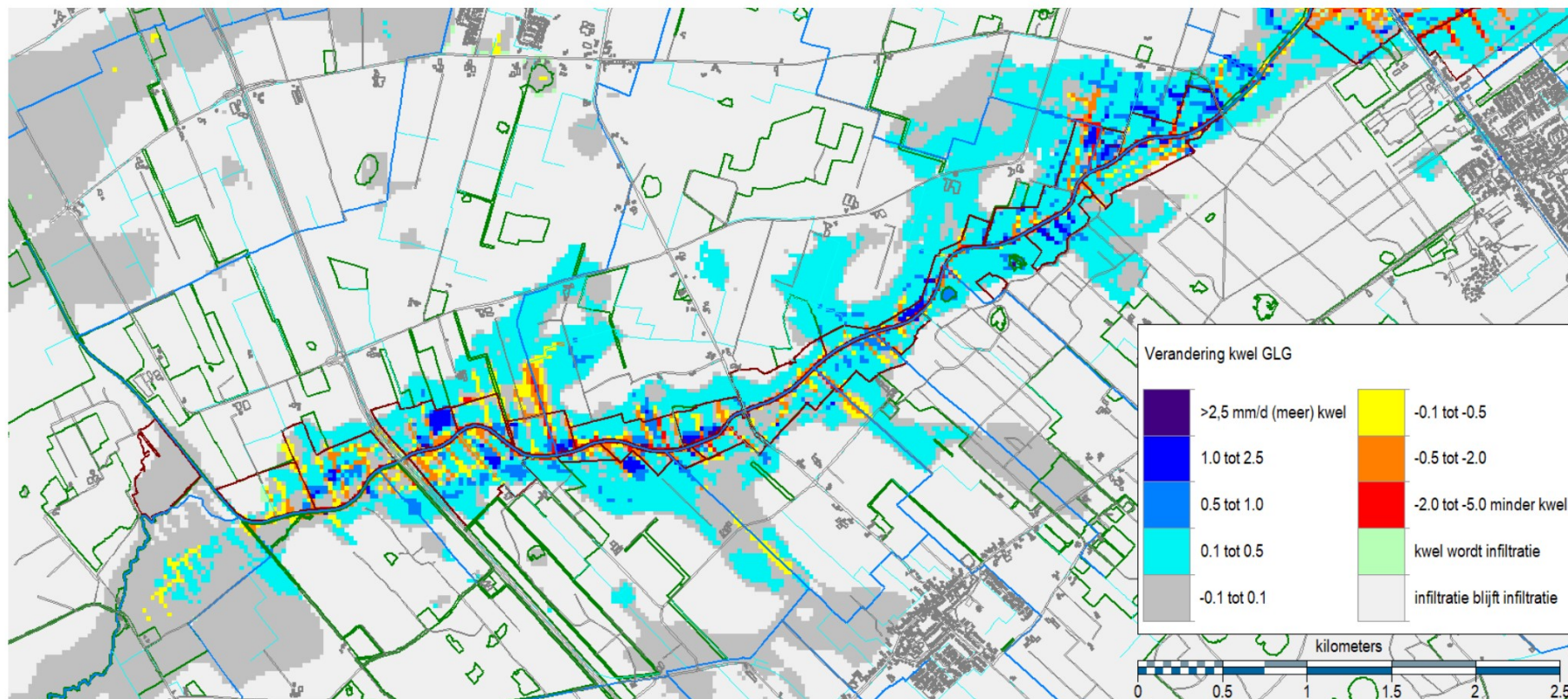
GHG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), brongebied



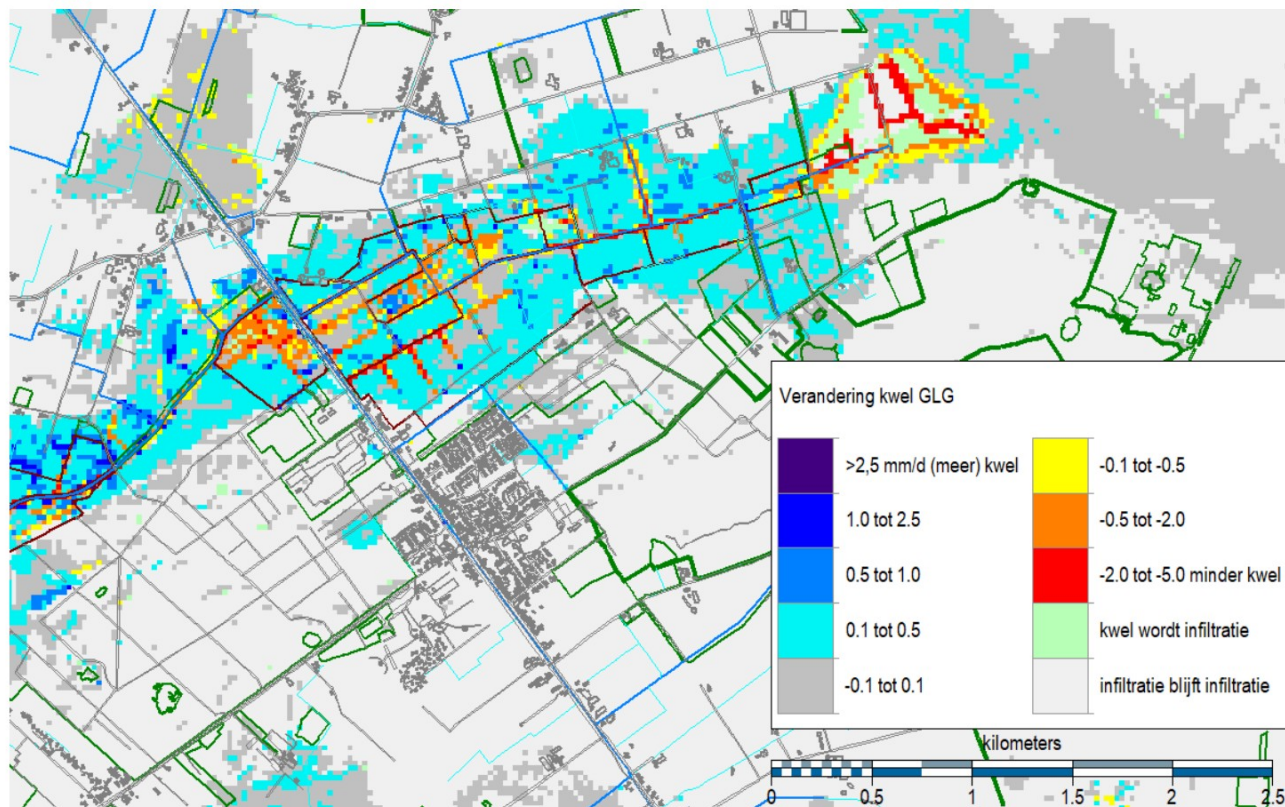
GHG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), brongebied



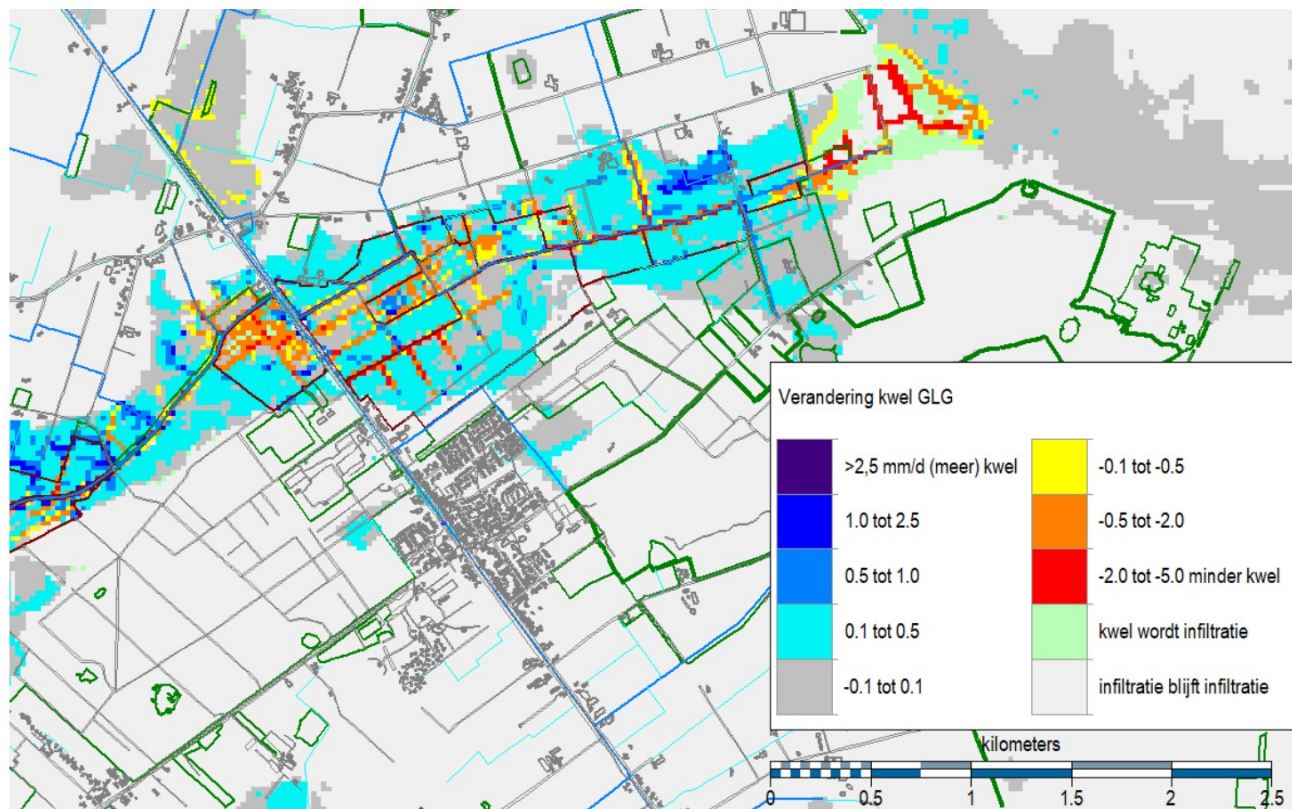
GLG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



GLG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), westelijk deel



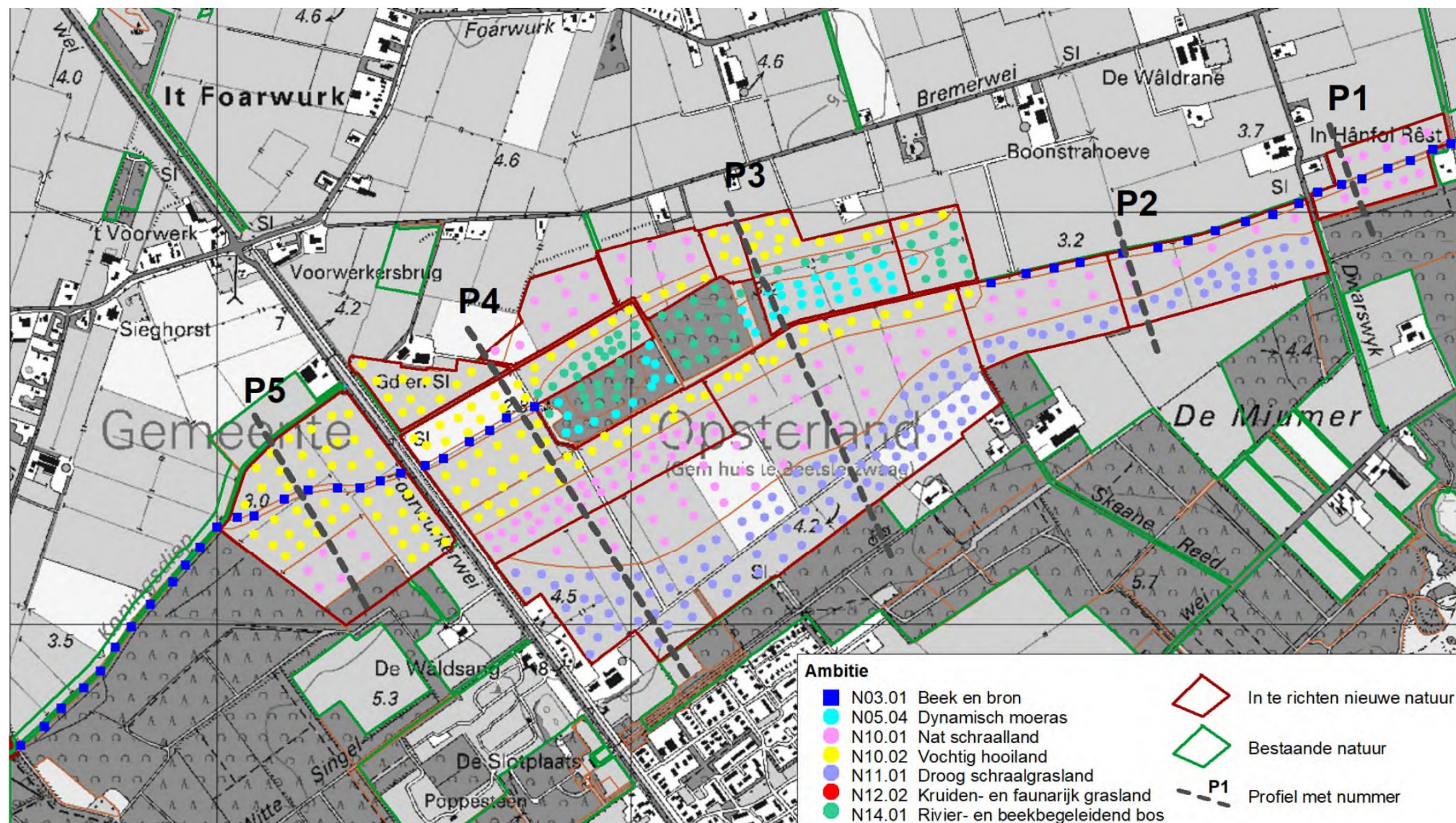
GLG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie tussen wvp1 (modellaag 2) en deklaag (modellaag 1), brongebied

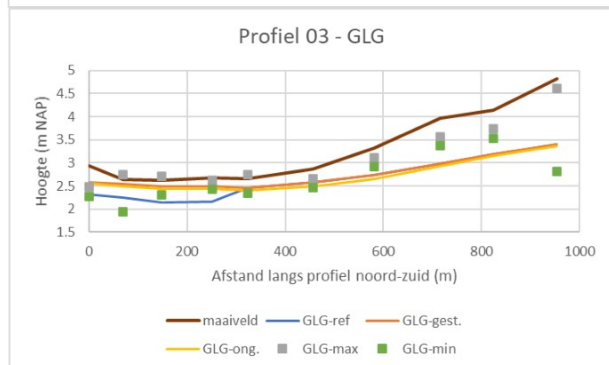
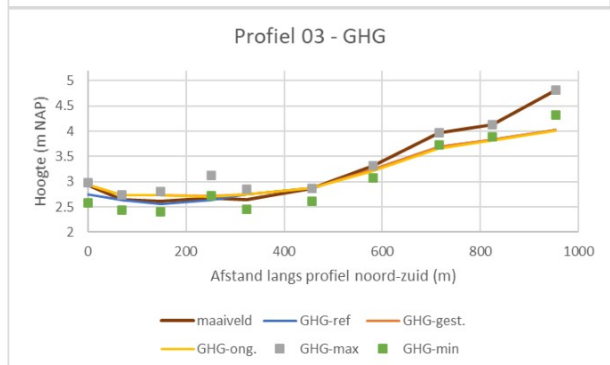
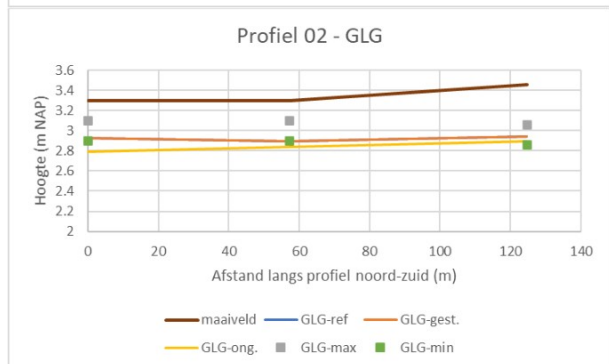
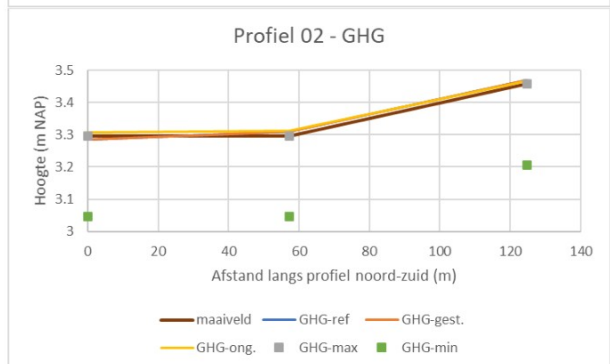
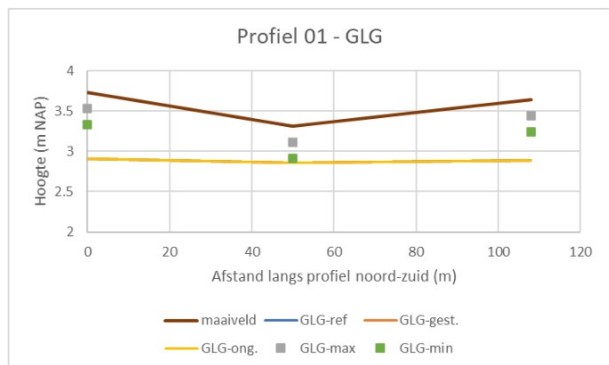
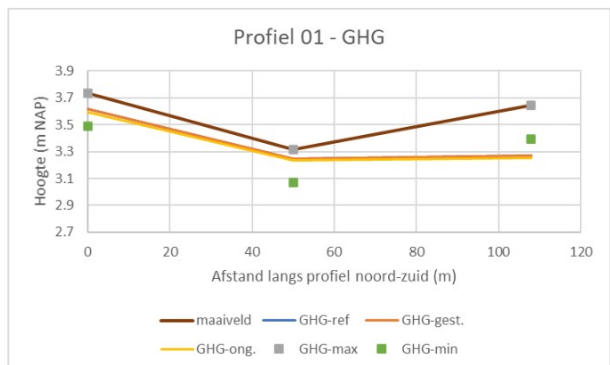


GLG, verandering kwel t.o.v. referentiesituatie over keileemlaag (modellaag 4) en deklaag (modellaag 1), brongebied

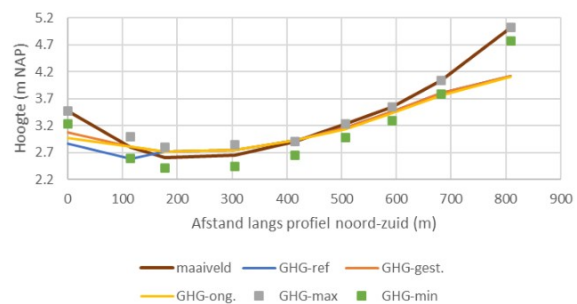
Bijlage 7 Vergelijking inzichtscenario's natuurdoelen

Bijlage 7 Vergelijking inzichtscenario's natuurdoelen

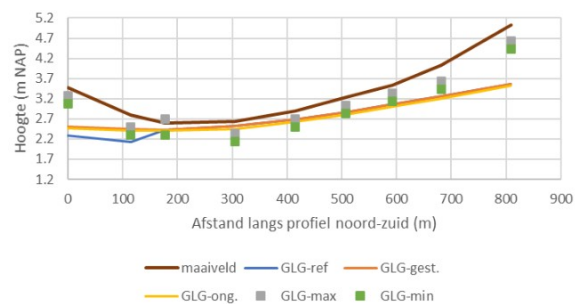




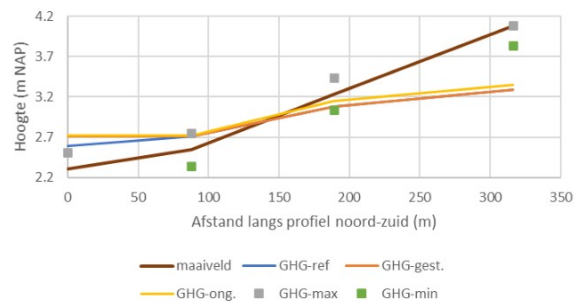
Profiel 04 - GHG



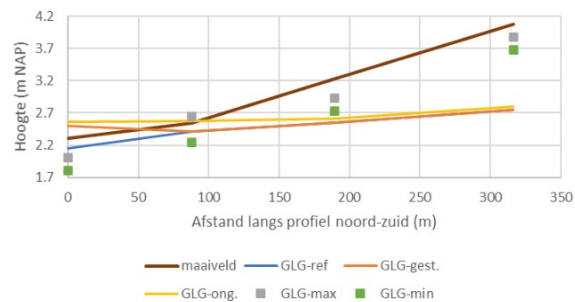
Profiel 04 - GLG

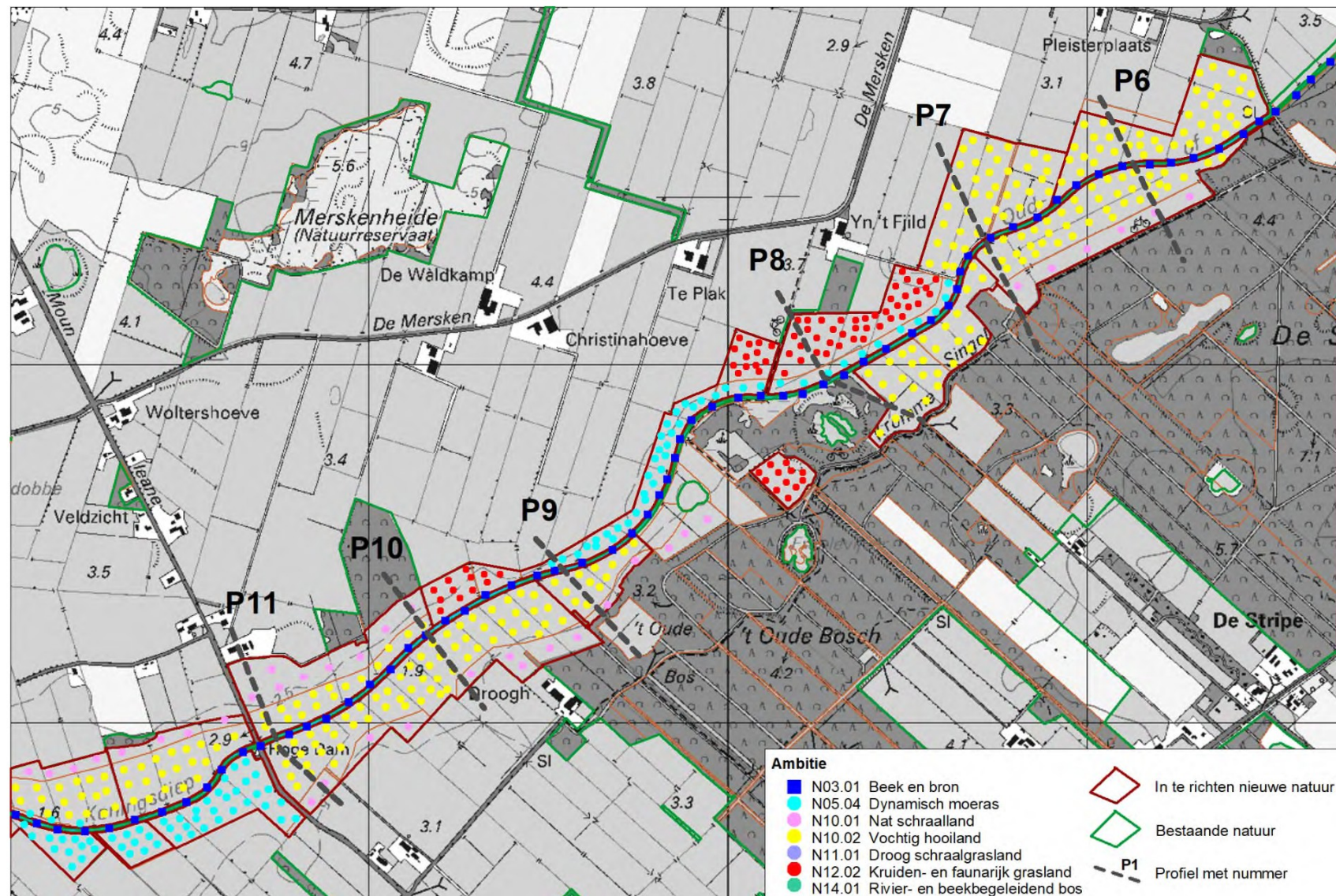


Profiel 05 - GHG

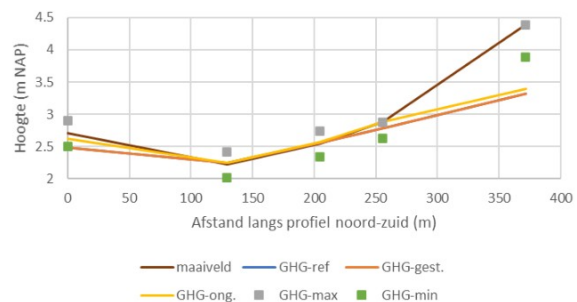


Profiel 05 - GLG

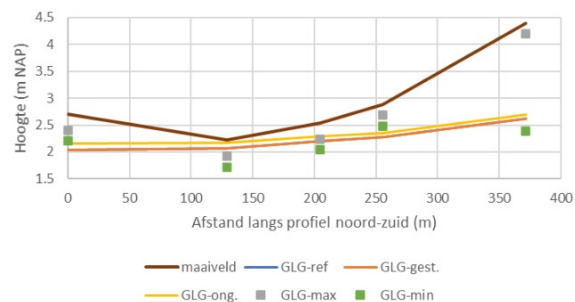




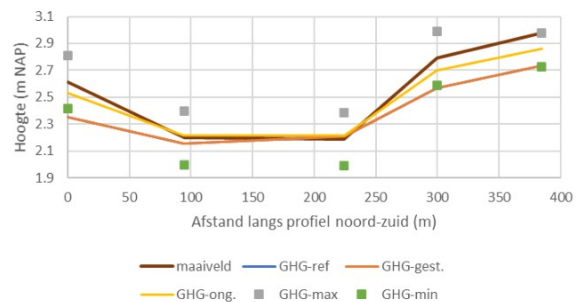
Profiel 06 - GHG



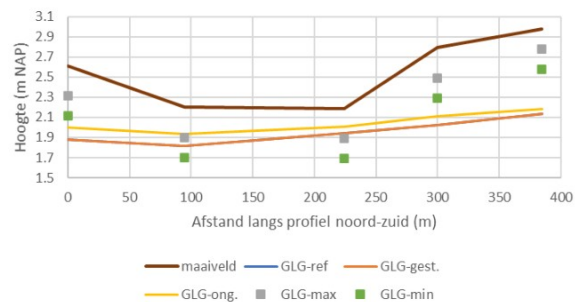
Profiel 06 - GLG



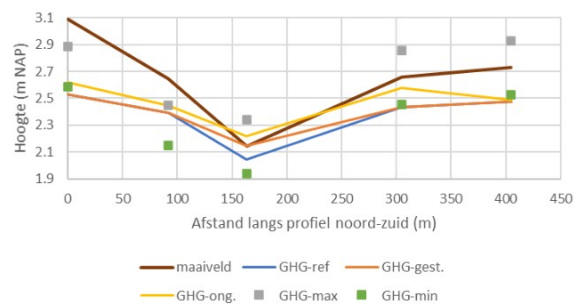
Profiel 07 - GHG



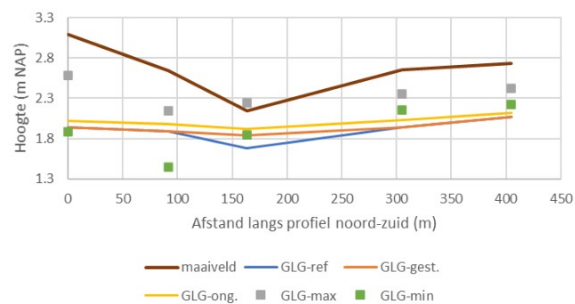
Profiel 07 - GLG

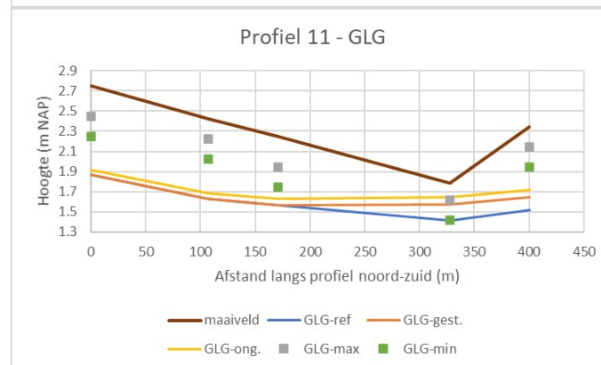
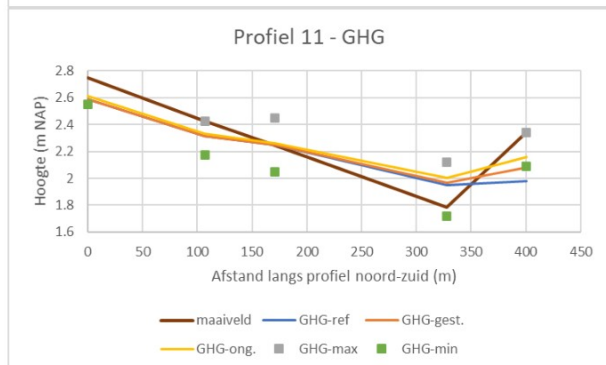
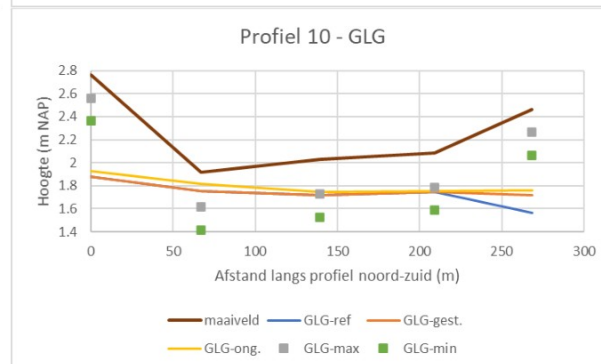
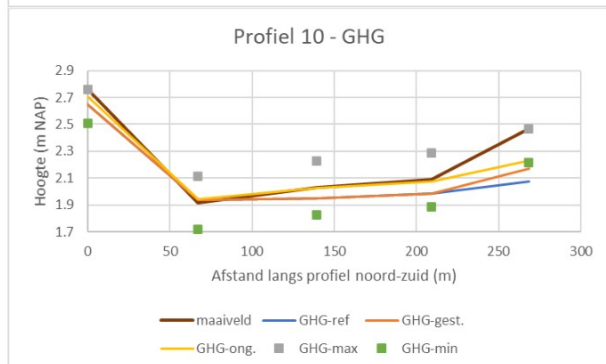
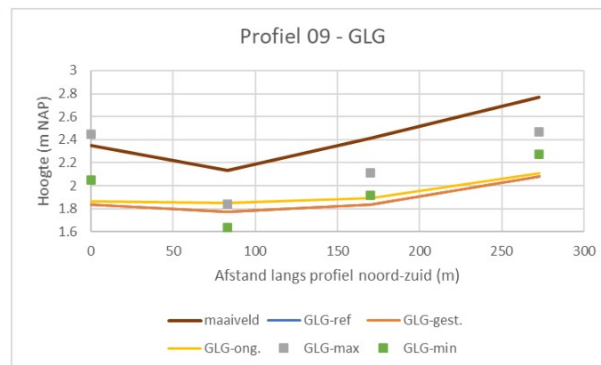
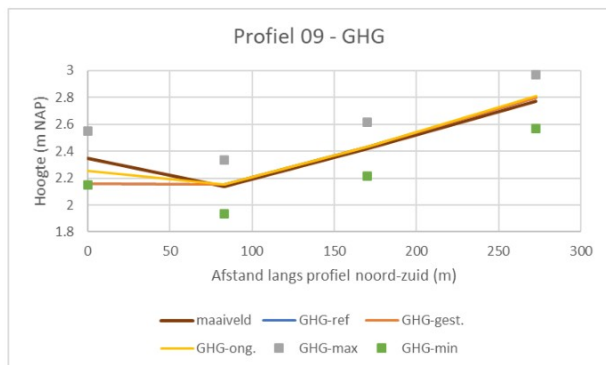


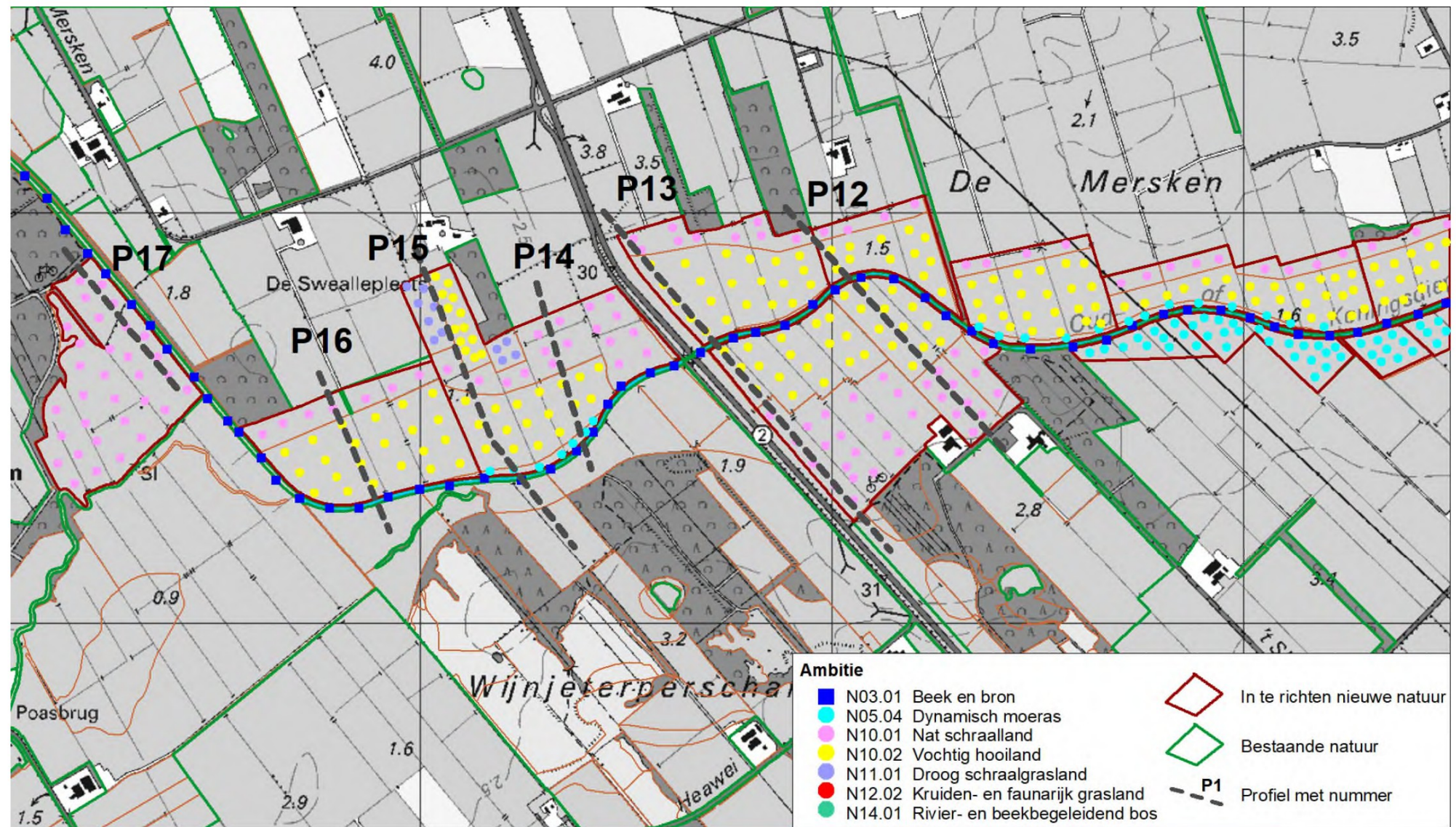
Profiel 08 - GHG

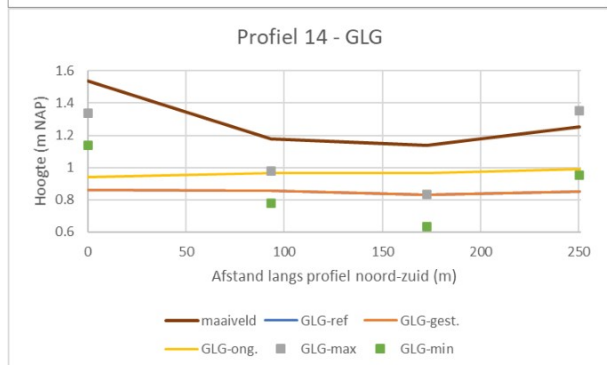
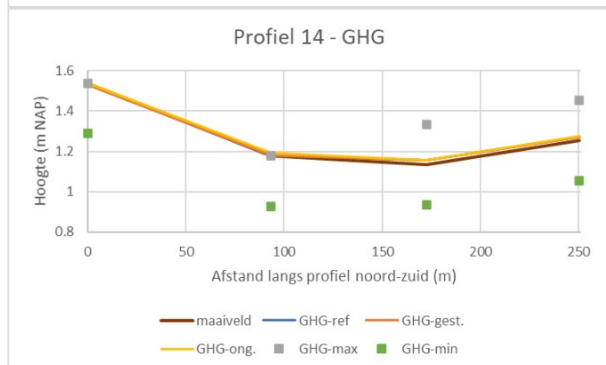
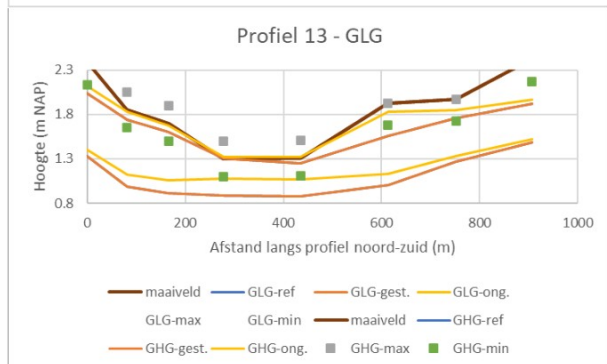
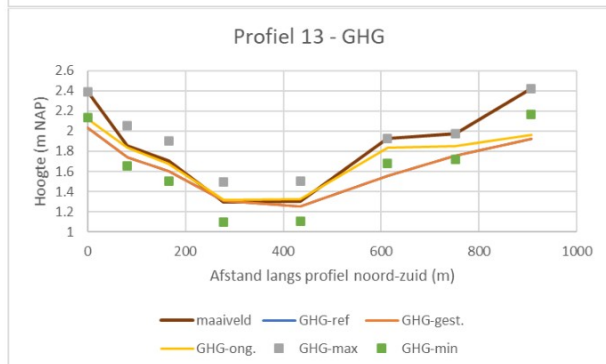
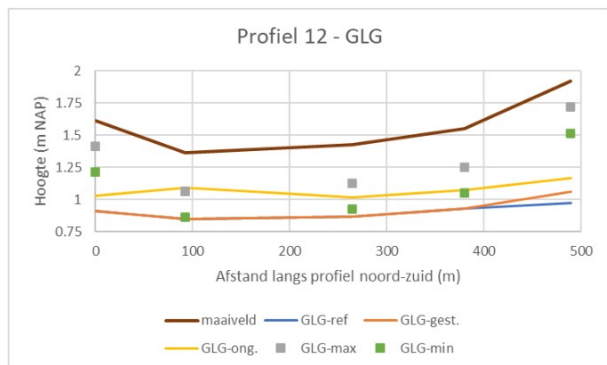
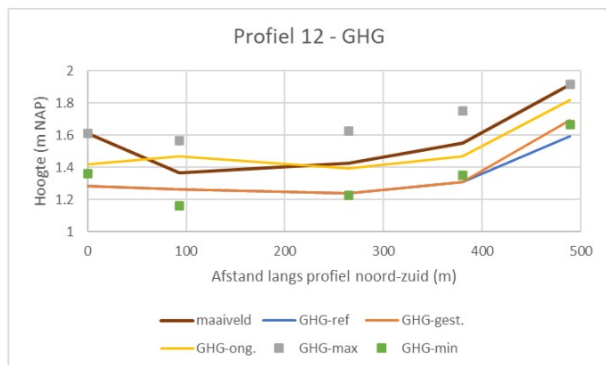


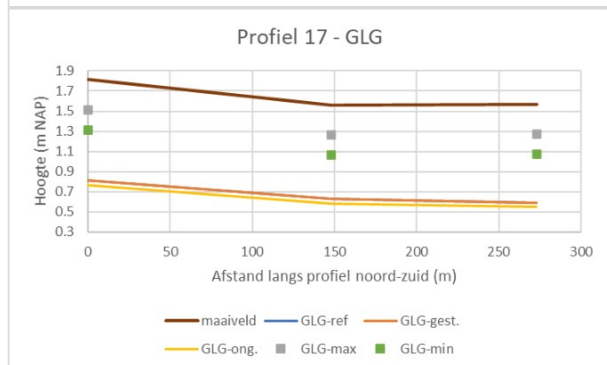
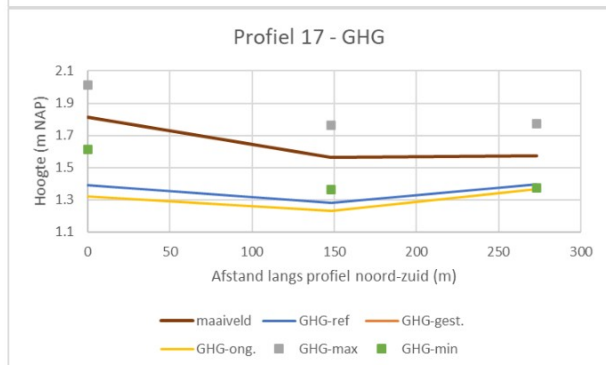
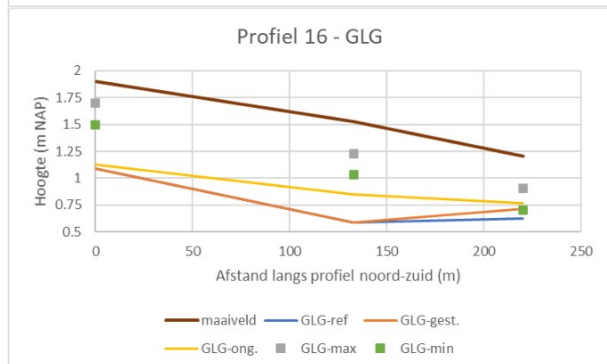
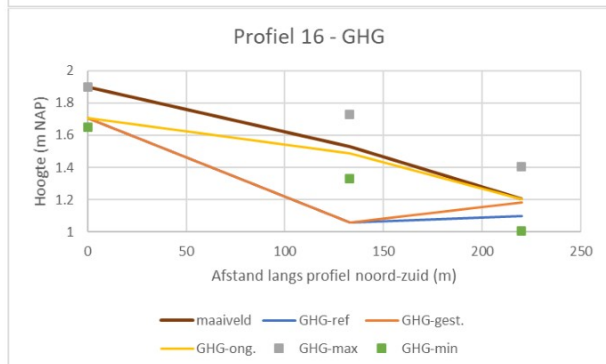
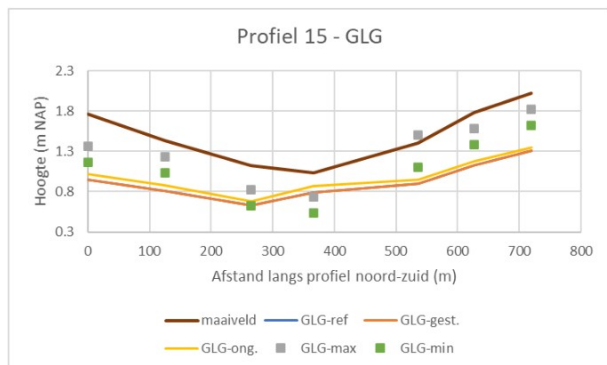
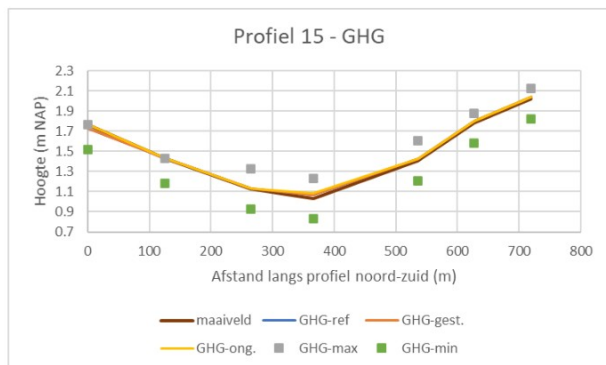
Profiel 08 - GLG











De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct melding te maken bij  j@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontlelen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Tolhuisweg 57
8443 DV HEERENVEEN
Postbus 24
8440 AA HEERENVEEN

E.  j@anteagroup.nl

www.anteagroup.nl

Copyright © 2022

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Toelichting grondslagen

In dit document kunt u secties vinden die onleesbaar zijn gemaakt. Deze informatie is achterwege gelaten op basis van de Wet open overheid (Woo). De letter die hierbij is vermeld correspondeert met de bijbehorende grondslag in onderstaand overzicht.

J Art. 5.1 lid 2 sub e

Het belang van de openbaarmaking van deze informatie weegt niet op tegen het belang van de eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer van betrokkenen