

RAPPORT

Hydrologische modellering inrichtingsplan Bronnegermaden

Klant: Prolander

Referentie: BI2118-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: Definitief/001

Datum: 14 maart 2023

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Koggelaan 21
8017 JN Zwolle
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 65 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Hydrologische modellering inrichtingsplan Bronnegermaden

Sub titel:
Referentie: BI2118-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001
Status: 001/Definitief
Datum: 14 maart 2023
Projectnaam: IP Bronneger
Projectnummer: BI2118
Auteur(s): Danny Heuvelink

Opgesteld door: Danny Heuvelink en Anne Strulik

Gecontroleerd door: André Niemeijer

Datum: 7 december 2022

Goedgekeurd door: Carolien van der Ziel

Datum: 14 maart 2023

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Doelen en randvoorwaarden	2
3	Beschrijving opzet modellen en scenario's	3
3.1	Uitgangspunten basismodellen	3
3.2	Door te rekenen situaties oppervlaktewatermodel	4
3.3	Door te rekenen situaties grondwatermodel	6
4	Modelaanpassingen inbouwen ontwerpinstelling	7
4.1	Oppervlaktewatermodellering ontwerpinstelling	7
4.2	Grondwatermodellering ontwerpinstelling	11
4.2.1	Inbouwen SOBEK-oppervlaktewatergangen	11
4.2.2	Dempen van Top10-watergangen	12
4.2.3	Verwijderen van buisdrainage	13
5	Resultaten Oppervlaktewaterberekeningen	14
5.1	Resultaten zomersituatie 0,2Q	15
5.2	Resultaten wintersituatie 0,5Q	16
5.3	Resultaten wintersituatie Q	18
5.4	Resultaten extreme bui	20
6	Resultaten grondwaterberekeningen	22
6.1	Grondwatersituatie in de referentieberekening	22
6.2	Grondwatersituatie in de inrichtingssituatie	27
6.2.1	Verschil effecten GxG van de inrichtingssituatie t.o.v. de referentiesituatie	35
6.2.2	Effecten op percelen agrariër de Branden	37
6.3	Inrichting met implementatie mitigerende maatregelen	39
6.4	Grondwatersituatie in de inrichtingssituatie met mitigerende maatregelen	44
6.4.1	Verschil effecten GxG	51
7	Conclusies en aanbevelingen	56

1 Inleiding

Het deelprogramma De Hunze is één van de acht deelprogramma's waarin de Provincie Drenthe de natuurontwikkelingsopgaven van het Natuur Netwerk Nederland (NNN) in Drenthe geografisch en procesmatig heeft ondergebracht. Dit is ter vervolmaking van de in de afgelopen 15 jaar ingerichte natuurgebieden in het NNN in het kader van de Hunzevisie van Het Drentse Landschap (HDL) en Het Groninger Landschap (HGL) uit 1995 (en herzien als Hunzevisie 2030 in 2014). Bronnegermaden (zie Figuur 1-1) is een deelgebied binnen de Hunze.



Figuur 1-1: Luchtfoto van inrichtingsgebied Bronnegermaden binnen de rode lijn (bron: Luchtfoto: StreetSmart, Cyclomedia)

Het hoofddoel is om tot een gedragen inrichtingsplan voor het gebied Bronnegermaden te komen waarin de water-, klimaat- en natuurdoelstellingen zijn verwerkt, zonder dat dit conflicteert met andere functies (zoals wonen en landbouw). Voor het gebied is het herstel van het beekstelsysteem met terugbrengen naar de oude, meanderende beek belangrijk.

Om tot een goed inrichtingsplan voor het gebied te komen en om te toetsen of het ontwerp voldoet aan gestelde randvoorwaarden en doelen is een hydrologische modellering uitgevoerd, zowel op het gebied van oppervlaktewater als op het gebied van grondwater.

In dit rapport wordt de opzet, de resultaten en de bijbehorende conclusies en aanbevelingen van de hydrologische modellering beschreven en de uitkomsten hebben als basis gediend voor het inrichtingsontwerp van Bronnegermaden. Dit rapport hoort dan ook als bijlage bij de rapportage van het inrichtingsplan Bronnegermaden (Royal HaskoningDHV januari 2023).

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de doelen en randvoorwaarden. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de opzet van de modellen en de scenario's besproken. In hoofdstuk 4 wordt de vertaling van het ontwerp naar de modellen besproken. De resultaten van de oppervlaktewaterberekening (SOBEK) worden weergegeven in hoofdstuk 5, die van de grondwaterberekeningen (MIPWA) in hoofdstuk 6. Er wordt afgesloten met enkele conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 7.

2 Doelen en randvoorwaarden

In dit hoofdstuk worden de doelen, randvoorwaarden en uitgangspunten besproken voor de hydrologische modellering.

Doelen

Om te komen tot een toekomstige inrichting van Bronnegermaden zijn er doelen gesteld op het gebied van natuurlijk peilbeheer, stroomsnelheden en vismigratie. De volgende doelen zijn hiervoor geformuleerd:

- De beek moet zoveel mogelijk terug worden gebracht naar de historische loop. Dit houdt in dat deze weer de ruimte moet krijgen om te meanderen
- Er moet natuurlijk peilbeheer worden gevoerd, dit houdt in dat er geen apart zomer/winterpeil wordt gevoerd
- De beek moet een KRW natuurlijk stromende beek worden (beektype laaglandbeek r5).
 - Dit is een langzaam stromende midden/benedenloop op zand met een stroomsnelheid tussen de 0,10 m/s en de 0,50 m/s (zomer 0,20-0,30 m/s bij 0,2Q en 0,50 m/s bij 1Q).
 - Concreet betekent dit dat het ontwerp getoetst gaat worden op de volgende situaties
 - $\pm 0,20$ m/s bij 0,2Q.
 - $\pm 0,50$ m/s bij 1Q.
- De beek moet vispasseerbaar worden. Dit houdt in dat alle vismigratieknelpunten moeten worden opgeheven. Voor het ontwerp betekent dit dat ofwel stuwen moeten worden verwijderd ofwel dat deze vispasseerbaar gemaakt moeten worden.
- Sloten in het gebied worden gedempt of verondiept om meer water vast te houden en kwel in het maaiveld te krijgen. Het streven is om water bij hogere afvoeren vast te houden op maaiveld, om de afvoer te vertragen en bepaalde natuurontwikkeling mogelijk te maken
- Benutten van potentie voor ontwikkeling kwelafhankelijke vegetatie.
- Maaiveld verlaging door middel van afplaggen ten behoeve van de ontwikkeling van natte schraallanden en moeraszones

Randvoorwaarden

Naast de gestelde doelen binnen het plangebied zijn er ook enkele randvoorwaarden waar rekening mee moeten worden gehouden in het ontwerp:

- Bovenstreams van het plangebied bij Borger mag er geen peilverhoging plaatsvinden, dit houdt in dat de waterstand hier in reguliere situaties moet worden gehandhaafd op 9,45 mNAP en in extreme situaties mag de waterstand ook niet stijgen ten opzichte van de huidige situatie.
- Percelen buiten het plangebied die huidig afwateren richting het plangebied moeten ook in de toekomstige situatie een goede afwatering hebben. Dit kan inhouden dat bepaalde afvoerwatergangen nog behouden moeten blijven of dat er andere maatregelen nodig zijn om de afvoer te garanderen.
- De uitstralingseffecten moeten in beeld worden gebracht en daar waar deze problematisch zijn worden gemitigeerd. Deze mitigatie kan inhouden dat ofwel het ontwerp moet worden gewijzigd of dat doormiddel van lokale maatregelen de effecten van de inrichting worden gemitigeerd.

3 Beschrijving opzet modellen en scenario's

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke modellen zijn gebruikt, wat de uitgangspunten daarbij zijn en welke scenario's worden doorgerekend.

3.1 Uitgangspunten basismodellen

In 2020 is de Gebiedsanalyse opgesteld voor zowel Bronnegermaden als het Achterste Diep [Gebiedsanalyse Bronnegermaden en Achterste Diep, BG9116-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001, 10 juni 2020, Royal HaskoningDHV]. Ter onderbouwing van de gebiedsanalyse is destijds ook een oppervlaktewater en grondwatermodel opgesteld van het gebied. Deze modellen zijn gebruikt als basismodel voor de voorliggende studie.

Daarnaast speelt ook op dit moment de herinrichting van het gebied ten noorden van Bronnegermaden; de Branden. Voor de inrichting van de Branden zijn ook hydrologische modellen opgesteld. Ten tijde van voorliggende studie is de inrichting van de Branden in uitvoering. Het ontwerp dat ten grondslag ligt aan de inrichting voor de Branden geldt in deze modelstudie als autonome ontwikkeling en is dus meegenomen in de referentiesituatie.

De autonome situatie voor De Branden, te weten het definitieve ontwerp voor de Branden met de huidige situatie voor Bronnegermaden en Achterste Diep is al berekend in een voorgaande studie [Advies benodigde aanpassingen aan ontwerp De Branden, BG347-RHD-ZZ-XX-NT-Z-0001, 2 juli 2021, Royal HaskoningDHV].

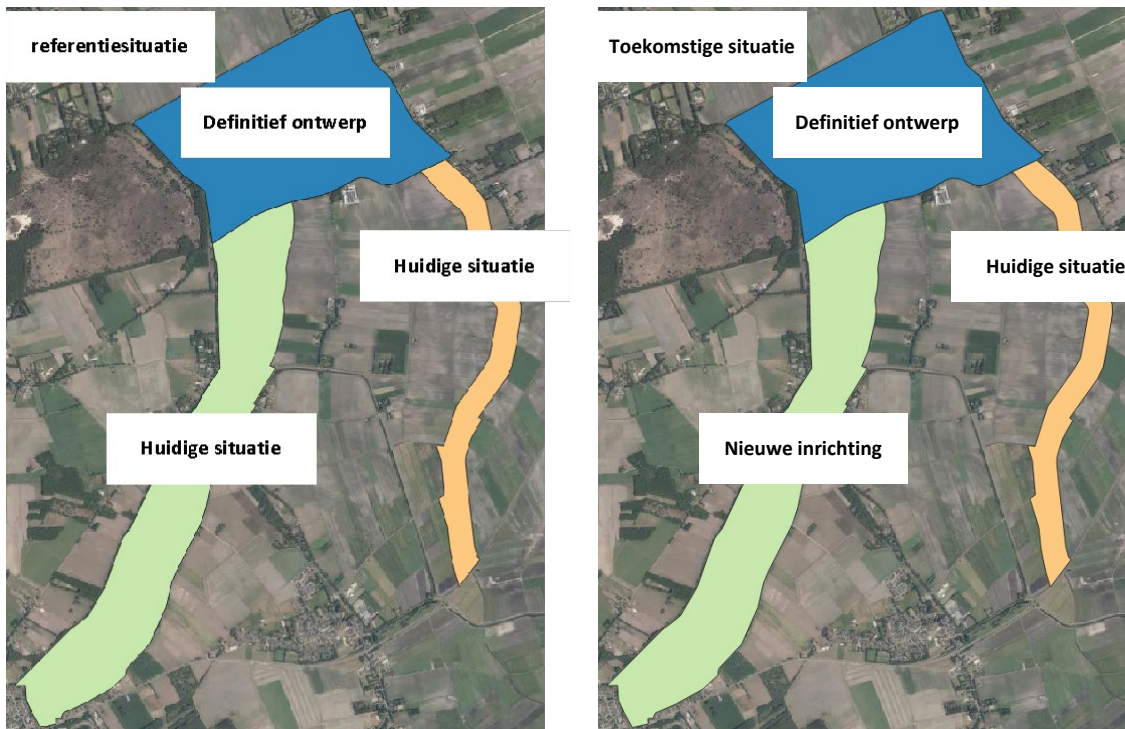
Referentiesituatie

Voor het plangebied wordt er in de referentiesituatie uitgegaan van de huidige situatie. Voor het benedenstroomse deelgebied De Branden wordt uitgegaan van het definitieve ontwerp (autonome ontwikkeling). Zie linkerzijde in Figuur 3-1.

Toekomstige situatie

Voor de toekomstige situatie verandert ten opzichte van de referentiesituatie alleen de inrichting van het deelgebied Bronnegermaden. De nieuwe inrichting zoals vastgesteld in het inrichtingsplan wordt toegepast. Zie rechterzijde in Figuur 3-1.

Aangezien deze studie voortborduurt op de gebiedsvisie, worden ook de modellen (zowel oppervlaktewater als grondwater) die in de Gebiedsanalyse zijn ontwikkeld gebruikt als basis. Deze modellen zijn destijds (2020) gevalideerd en het grondwatermodel is ook gekalibreerd.



Figuur 3-1 overzicht van de modelsituaties. Links is de referentiesituatie weergegeven, rechts de toekomstige situatie

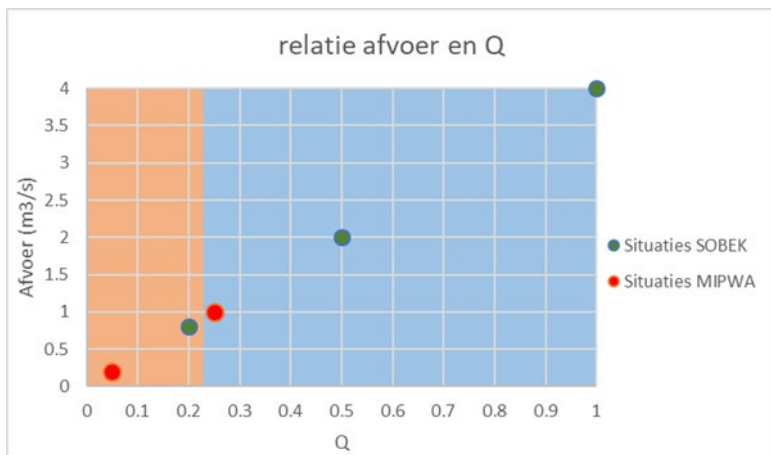
3.2 Door te rekenen situaties oppervlaktewatermodel

Voor deze studie rekenen we met dezelfde situaties als in de Gebiedsanalyse, dit betreft de volgende situaties:

- 1Q winter (stationair)
- 0,5Q winter (stationair)
- 0,2Q zomer (stationair)
- Extreme afvoergolf

Een 1Q situatie is een afvoersituatie die ongeveer 1 keer per jaar voorkomt, een 0,5Q komt ongeveer 10-20 dagen per jaar voor. De 0,2Q situatie komt +/- 90 dagen per jaar voor en is hiermee een wat nattere zomersituatie.

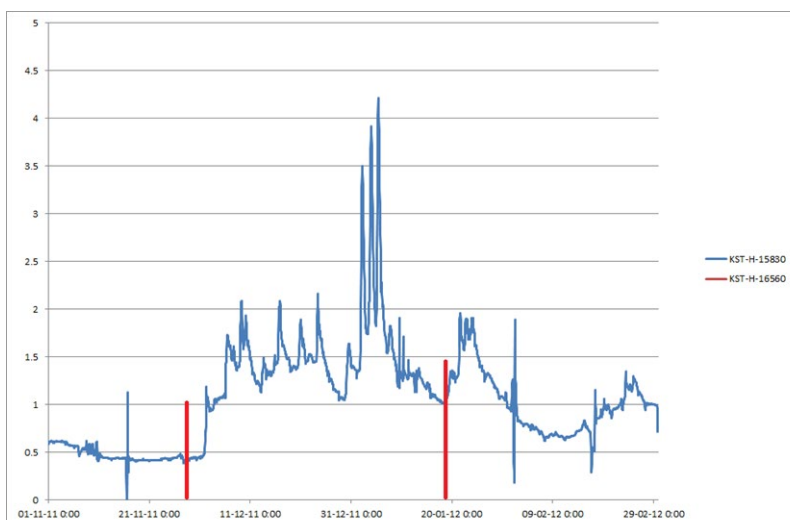
Naast deze situaties is er ook een winter- en zomer afvoer doorgerekend die puur dient voor de randvoorwaarde van het grondwatermodel. Dit zijn de 0,25Q voor de winter en de 0,05Q voor de zomer geworden, deze waarden passen bij een gemiddelde winter en een gemiddelde zomersituatie. De maatgevende afvoer (1Q) is in overleg met het waterschap vastgesteld. In Figuur 3-2 zijn de verschillende stationaire situaties weergegeven. In groen staan de situaties die worden gebruikt voor het bepalen en toetsen van het ontwerp voor het oppervlaktewatersysteem. De rode situaties worden enkel gebruikt als randvoorwaarde voor het grondwatermodel. De oranje achtergrond geeft aan dat het om zomersituaties gaat, en de blauwe dat het om wintersituaties gaat. De afvoer die is weergegeven op de y-as dient puur als voorbeeld.



Figuur 3-2 relatie tussen afvoer en Q, met de groene stippen de situaties die worden gebruikt voor het bepalen en toetsen van het ontwerp. De rode stippen/situaties worden enkel gebruikt als randvoorwaarde voor het grondwatermodel.

Extreme afvoergolf

De extreme afvoergolf is in overleg met het waterschap vastgesteld en dit betreft een gemeten afvoer in de winter van 2011/2012 in het Voorste Diep, zie Figuur 3-3. Vervolgens is deze afvoer vermenigvuldigd met een factor 1,5 om een erg extreme situatie te krijgen. Aangezien deze afvoer is gemeten bij stuw 15830, moet deze nog vertaald worden naar de bovenstroomse randvoorwaarde bij stuw 15460. De afvoer bij stuw 15460 is voor de stationaire situaties bepaald op 70 % van de afvoer bij stuw 15830. Deze factor wordt ook gebruikt voor de extreme situatie om de afvoer bij stuw 15830 te vertalen naar de afvoer bij stuw 15460. Vervolgens is de overgebleven 30 % naar rato (instroom per ha.) verdeeld over de watergangen tussen stuw 15460 en 15830. Voor het Achterste Diep is de afvoer bij stuw 16310 33% van de afvoer bij stuw 15830. De extra afvoer die vanuit de peilgebieden op het Achterste Diep komt is met behulp van de instroom die per ha is bepaald voor het Voorste diep vastgesteld.



Figuur 3-3 Gemeten afvoer natte periode Voorste Diep. De rode lijnen geven het begin en eind van de gebruikte periode weer

3.3 Door te rekenen situaties grondwatermodel

Met behulp van het regionale grondwatermodel MIPWA van Deltares zijn de referentiesituatie en de situatie met inrichting van Bronnegermaden doorgerekend. Met deze berekeningen zijn de effecten op het grondwatersysteem als gevolg van de inrichting van Bronnegermaden binnen en buiten het plangebied bepaald. In totaal zijn er twee toekomstige situaties doorgerekend: één zonder en de andere met mitigerende maatregelen. Beide berekeningen zijn vergeleken met de referentiesituatie welke uitgaat van het definitieve ontwerp van de Branden en de huidige situatie van de gebieden Achterste Diep en Bronnegermaden. De uitgangspunten voor de modelberekeningen worden hieronder kort benoemd, voor meer gedetailleerde achtergrondinformatie wordt verwezen naar de Gebiedsanalyse Bronnegermaden en Achterste Diep [Gebiedsanalyse Bronnegermaden en Achterste Diep, BG9116-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001, 10 juni 2020, Royal HaskoningDHV].

De volgende uitgangspunten voor de referentiesituatie zijn aangehouden:

- Invoer van MIPWA 3.1 met de volgende aanpassingen:
 - Verhogen van de deklaagweerstand met 100 dagen voor de gebieden buiten de Hondsrug (maximum van 200 dagen)
 - Verhogen van de weerstand van de watergangen, waarbij voor het kanaal gedeelte 25 dagen en voor de andere SOBEK-watergangen is 5 dagen aangehouden
- De berekeningen zijn tijdsafhankelijk uitgevoerd voor de periode 1989-2014
- Modelgrens: 244000, 258000, 546000, 559000 (xmin, xmax, ymin, ymax)
- Implementatie van de nieuwe oppervlaktewaterpeilen en bodemhoogtes van de SOBEK-watergangen
 - 0,05 Q zomer (05-06-2000)
 - 0,25 Q winter (03-02-2000)
- Aanpassingen in het plangebied de Branden:
 - Dempen van de overige hoofdwatergangen
 - Verondiepen van alle perceelsslots tot een diepte van 20 cm-mv, behalve die watergangen die zorgen voor de afwatering van de woningen
 - Perceelsslots die voor afwatering van woningen zorgen behouden (drooglegging minimaal 1.20 m)

De modelaanpassingen voor de berekening van de toekomstige situatie met de bijbehorende maatregelen worden in het volgende hoofdstuk nader beschreven.

4 Modelaanpassingen inbouwen ontwerp inrichting

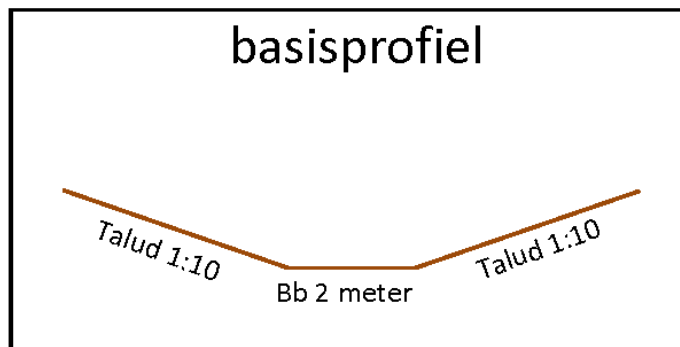
Om tot een ontwerp inrichting te komen voor Bronnegermeden zijn er twee schets sessies geweest met betrokken partijen. Op basis van de uitkomsten van deze sessies is het ontwerp uitgetekend. Dit ontwerp is vervolgens vertaald naar concrete aanpassingen die in zowel de oppervlakte- als de grondwatermodellering zijn toegepast. In paragraaf 4.1 wordt de oppervlaktewatermodellering toegelicht, in paragraaf 4.2 de grondwatermodellering.

4.1 Oppervlaktewatermodellering ontwerp inrichting

De voorgestelde inrichting van Bronnegermeden is vertaald naar concrete maatregelen/aanpassingen die ingebouwd zijn in het oppervlaktewatermodel. In Figuur 4-5 zijn deze aanpassingen (nummer 1 – 10) op kaart weergegeven. Hieronder wordt per aanpassing een toelichting gegeven

1. Beekloop + profiel watergang aanpassen

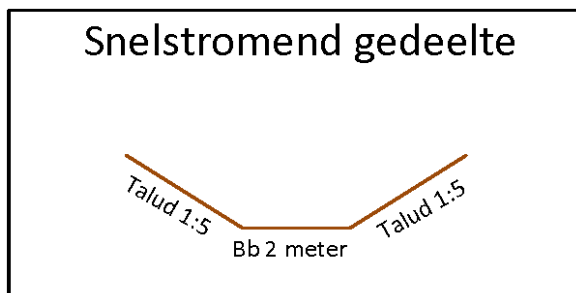
De beekloop is aan de hand van de historische loop (+-1900) en praktische punten aangepast. Deze beekloop is ingebouwd in het SOBEK-model. Naast een verlegging van de beek is ook de bodem fors verondiept. Deze bodemhoogte is in het voortraject (Gebiedsanalyse BMAD) al grotendeels vastgesteld, waarbij het bodemverhang het maaiveldverloop volgt. Uitgangspunt was daarbij dat bij hogere afvoeren het water ook tot aan maaiveld mag komen te staan. De bodemhoogte wordt weergegeven bij de resultaten. In dit voortraject is ook het standaard profiel van de beek bepaald, welke is weergegeven in Figuur 4-1:



Figuur 4-1 Basisprofiel van de beek

2. Snelstromende gedeeltes

Om variatie in stroomsnelheden en daarmee beleving van de beek te krijgen zijn er twee plekken aangewezen waar de beek sneller mag stromen. Deze plekken zijn in oranje weergegeven in Figuur 4-5. Om de stroomsnelheid te verhogen is hier het talud steiler gemaakt, zoals weergegeven in Figuur 4-2.



Figuur 4-2 principeprofiel van de snelstromende gedeeltes in de beek

3. Aangepast bodemverloop bovenstrooms gedeelte

Een belangrijke randvoorwaarde is dat het peil bovenstrooms van het plangebied (peil 9,45 mNAP) niet mag veranderen door de aanpassingen in Bronnegermaden. Daarom mag er in het bovenstroomse gedeelte van het plangebied niet te veel opstuwing plaatsvinden. Daarnaast is er wel de ambitie om zoveel mogelijk de beek te verondiepen en om voldoende stroomsnelheid te creëren. Het bleek niet mogelijk om hier zowel een hogere stroomsnelheid te krijgen als te voldoen aan de randvoorwaarde van het bovenstrooms peil. Daarom is ervoor gekozen om de bodem hier vlak te leggen (op 8,3 mNAP), zodat de opstuwing in de watergang beperkt blijft. Het gevolg hiervan is dat de stroomsnelheid laag is in dit gedeelte.

4. Verondiepen watergangen

Er zijn een drietal hoofdwatergangen die haaks op de beek lopen, welke ook nog moeten kunnen afvoeren in de toekomstige situatie. Deze snijden in de huidige situatie nog vrij diep in het landschap, dit is onwenselijk in de toekomstige situatie, omdat deze dan nog een drainerende werking hebben waardoor gewenste natte natuurtypen niet voldoende tot ontwikkeling komen. Daarom zijn deze watergangen verondiept. Hieronder wordt per watergang weergegeven hoe deze is verondiept:

- a. Het maaiveld verloopt hier van west naar oost van 9,6 mNAP tot 8,1 mNAP. De watergang is verondiept naar 9,19 mNAP in het westen en 7,8 mNAP in het oosten (de duiker onder de weg door heeft een hoogteligging van 9,19 mNAP)
- b. Het maaiveld verloopt hier van west naar oost van 9,8 mNAP naar 8,2 mNAP. De watergang is verondiept naar 9 mNAP in het westen en 7,9 mNAP in het oosten (de duiker onder de weg door heeft een hoogteligging van 9 mNAP)
- c. Het maaiveld verloopt hier van west naar oost van 9,7 mNAP naar 9,4 mNAP. De watergang is verondiept naar 9,1 mNAP (de duiker onder de weg door heeft een hoogteligging van 9,11 mNAP)

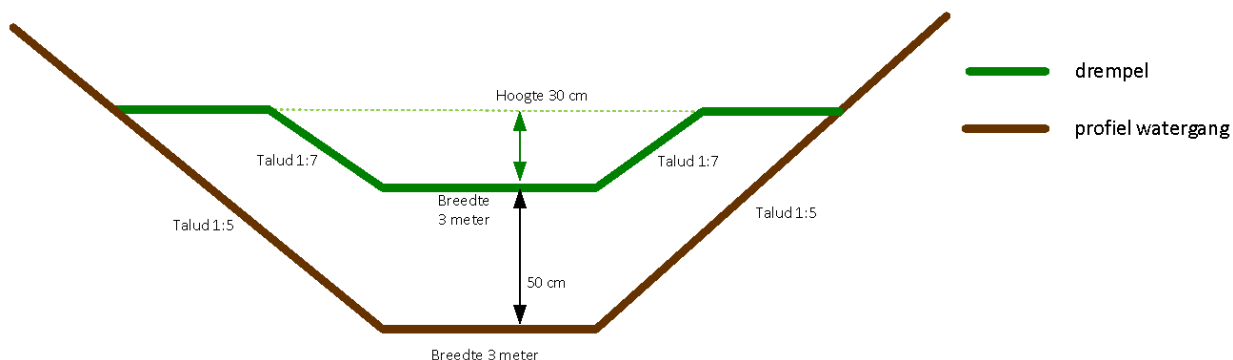
5. Handhaven stuw 15690

Om bovenstrooms van het plangebied het peil niet te veranderen, moet stuw 15690 worden gehandhaafd. Uiteindelijk bleek hiervoor de beste optie te zijn dat de stuw wordt gehandhaafd op de huidige locatie. De sluis zal hiermee ook watervoerend blijven. Naast de stuw wordt een vispassage aangelegd, welke verder wordt toegelicht in punt 8.

6. Verwijderen stuwen

Een aantal stuwen moet en verwijderd worden om de beek vispasseerbaar te maken.

- a. Stuw 15780 (plangrens met de Branden) moet verwijderd worden. Om het verhang met de Branden op te vangen zullen er drempels moeten worden geplaatst. Met een serie van 15 drempels wordt hier het peilverschil overbrugd. Uitgangspunt hierbij is dat er een maximum peilverschil van 8 cm per drempel kan worden overbrugd. Voor de modellering is een eerste inschatting gemaakt van de benodigde afmetingen van de drempels waarmee de toekomstige waterstanden goed berekend kunnen worden. In Figuur 4-3 is het gehanteerde profiel van de drempels weergegeven evenals het profiel van de watergang. Voor het bepalen van dit profiel zijn de richtlijnen uit "Handreiking vispassages in Noord-Brabant, Waterschappen De Dommel, Aa en Maas en Brabantse Delta" toegepast. Het ontwerp van de serie van drempels moet in het vervoltraject nog verder worden uitgewerkt.
- b. Verwijderen stuw 15740 en 15760
- c. Verwijderen stuw 15720



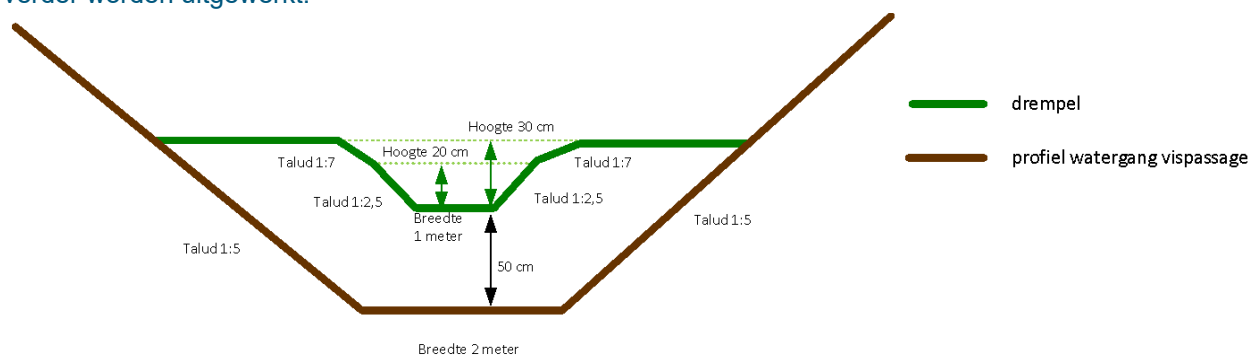
Figuur 4-3 principeprofiel van de beek en de drempels in de beek ter plekke van de plangrens met de Branden.

7. Dempen watergang

Deze watergang kan worden gedempt, omdat deze in de huidige situatie alleen voor de afvoer van het landbouwgebied zorgt. Het gebied krijgt een natuurfunctie, waardoor de landbouwkundige functie dus verdwijnt en deze watergang kan worden gedempt.

8. Vispassage aanleggen

Om ervoor te zorgen dat de beek vispasseerbaar wordt is op deze locatie een vispassage voorzien. Met een serie van 12 drempels wordt hier het peilverschil overbrugd. Uitgangspunt hierbij is dat er een maximum peilverschil van 8 cm per drempel kan worden overbrugd. Voor de modellering is een eerste inschatting gemaakt van de benodigde afmetingen van de drempels waarmee de toekomstige waterstanden goed berekend kunnen worden. In Figuur 4-4 is het gehanteerde profiel van de drempels weergegeven evenals het profiel van de watergang van de vispassage. Voor het bepalen van dit profiel zijn de richtlijnen uit “Handreiking vispassages in Noord-Brabant, Waterschappen De Dommel, Aa en Maas en Brabantse Delta” toegepast. Het ontwerp van de vispassage moet in het vervoltraject nog verder worden uitgewerkt.



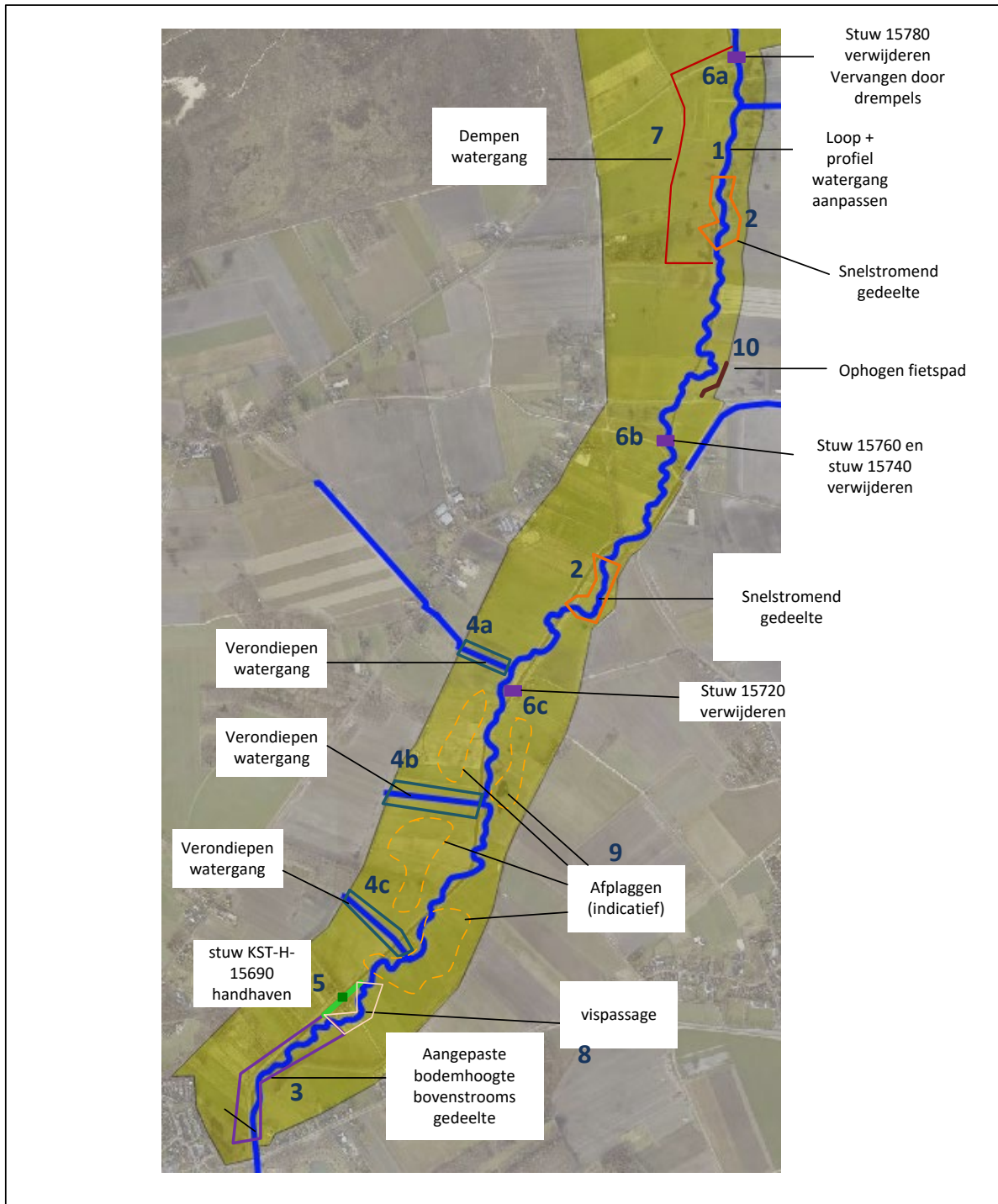
Figuur 4-4 Principeprofiel van de vispassage.

9. Afplaggen

In het ontwerp zijn indicatief gebieden weergegeven waar het maaiveld wordt afgeplagd (tot maximaal 40 cm). Om in extreme situaties geen effecten bovenstrooms van het plangebied te krijgen is het van belang dat net benedenstrooms van stuw 15690 het maaiveld wordt afgeplagd om zo voldoende berging te creëren. In het model is het maaiveld in de aangegeven zones met 40 cm verlaagd.

10. Fietspad verhoogd aanleggen

In het ontwerp is aan de oostzijde van het plangebied een fietspad voorzien. Om te voorkomen dat in extreme situaties water over maaiveld buiten het plangebied kan stromen wordt dit fietspad iets verhoogd aangelegd (naar minstens 6,7 mNAP).



Figuur 4-5 Overzicht modelaanpassingen oppervlaktewatermodel ontwerp Bronnegermaden.

4.2 Grondwatermodellering ontwerpinstelling

Om de effecten van de instelling van Bronnegermaden op het grondwatersysteem te onderzoeken zijn er twee instellingsmodellen doorgerekend:

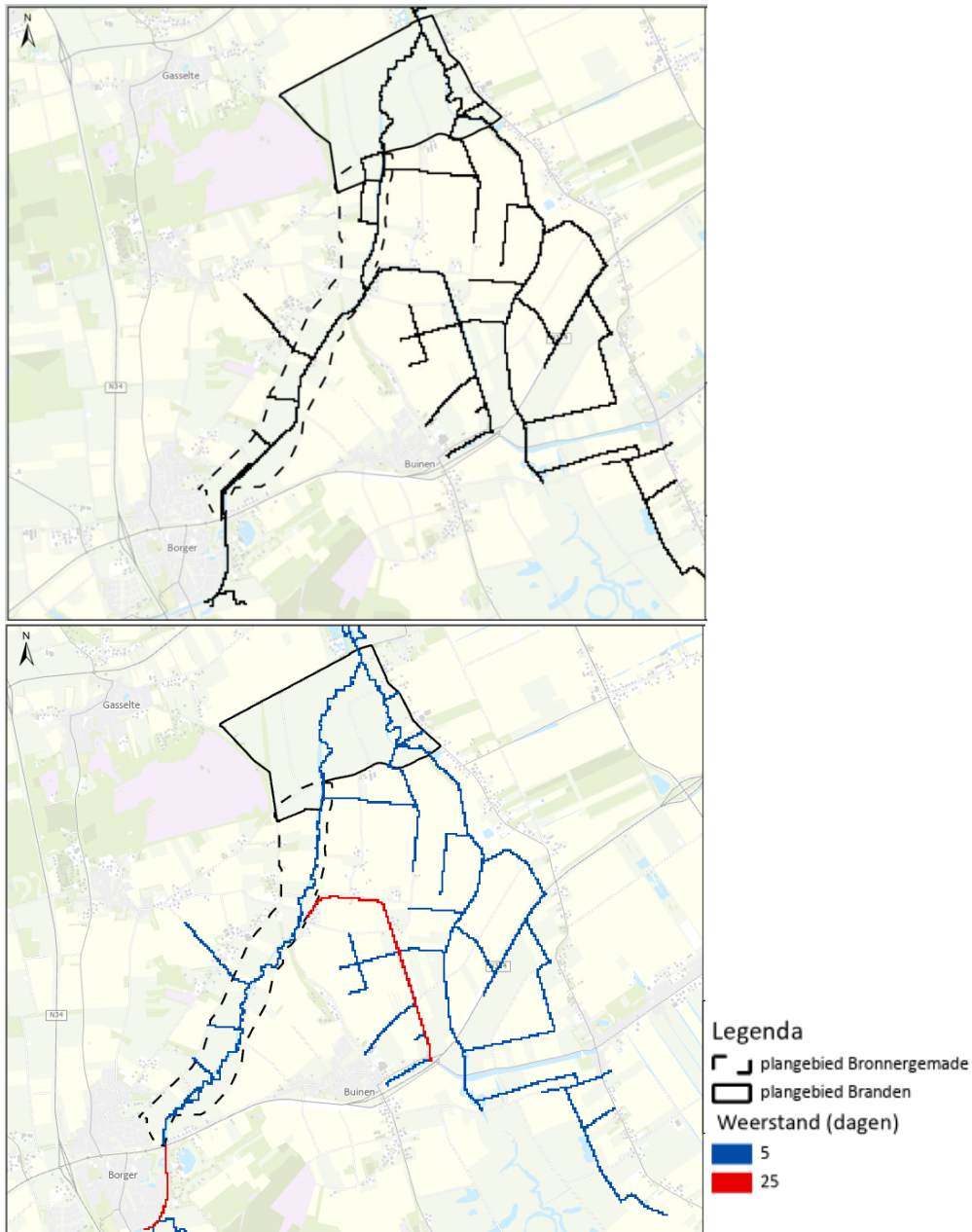
- 1) Grondwatermodel van de toekomstige situatie met de ontwerpinstelling
- 2) Grondwatermodel als voorgaande met mitigerende maatregelen om de gevolgen van de instelling op het grondwatersysteem in specifieke gebieden te beperken.

De aanpassingen worden hieronder nader toegelicht.

4.2.1 Inbouwen SOBEK-oppervlaktewatergangen

De SOBEK-uitvoer worden via een batchbestand omgezet naar MIPWA-invoerbestanden. Hiervoor is de SOBEK-uitvoer gebruikt die in het vorige hoofdstuk 3.2 nader zijn beschreven. De *riverpackage* van het grondwatermodel bestaat uit een dataset van vier parameterbestanden, dit zijn de bodemhoogte, het waterpeil, de doorlatendheid en het infiltratiefactor. Voor de niet-stationaire berekening is zowel voor de winter- als voor de zomersituatie een dataset aanwezig.

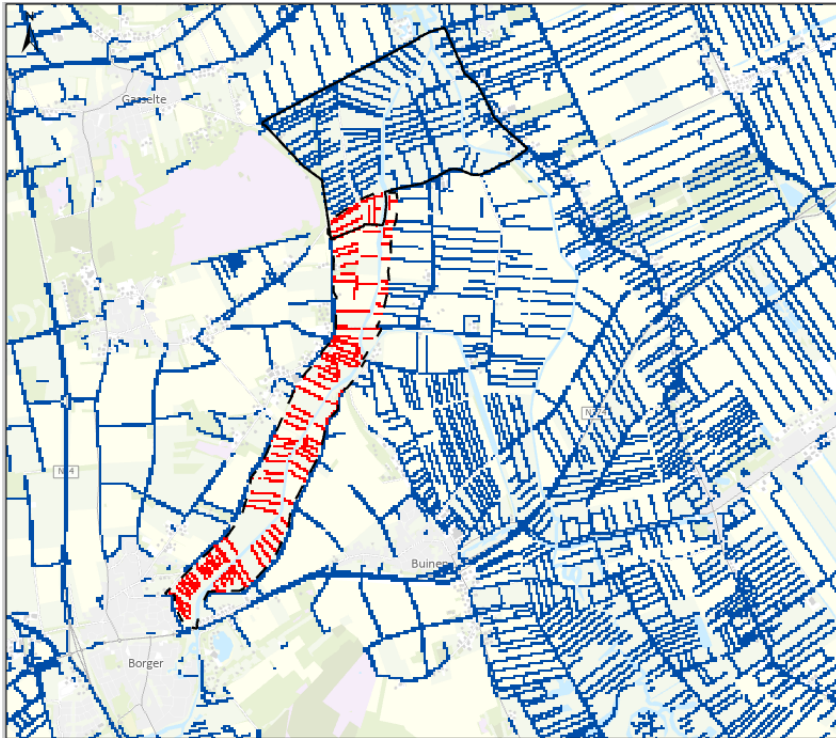
Door het instellingsontwerp in het plangebied is de waterloop van het Voorste diep (SOBEK-uitvoer) natuurlijker geworden, waardoor dit geen kanaal meer is en een meanderende beek wordt. Dit heeft ook invloed op de weerstand van deze watergang. Voor kanalen is uitgegaan van een weerstand van 25 dagen, terwijl voor de overige SOBEK-watergangen een weerstand van 5 dagen is aangenomen. In Figuur 4-6 is de weerstand in de ontwerpsituatie weergegeven, met voor het Voorste Diep nu een weerstand van 5 dagen. Een weerstand van 5 dagen komt ongeveer overeen met een waterloop met weinig stroming en een weerstand van 25 dagen komt overeen met een slecht onderhouden watergang met stilstand en slibhoudend water (B. Bot, Grondwaterzakboekje 2016)



Figuur 4-6: Aangepaste hoofdwatergang en weerstandsvermogen voor inrichtingsontwerp boven: referentiesituatie, beneden: inrichtingssituatie

4.2.2 Dempen van Top10-watergangen

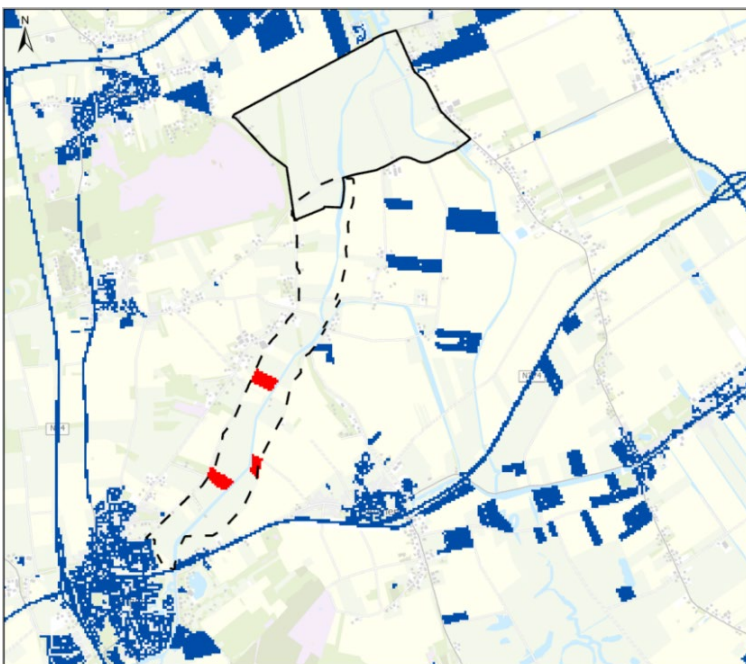
Binnen het plangebied zijn alle tertiaire Top10-watergangen gedempt (Figuur 4-7). De Top10-watergangen die direct aan de grens liggen, zijn uitgesloten van deze maatregel. Om deze maatregel in het grondwatermodel te implementeren is de doorlatendheid van de tertiaire waterlopen op No Datavalue gezet. Door het dempen van de tertiaire watergangen wordt het grondwater niet afgevoerd en kan zo op een natuurlijk manier worden vastgehouden, waardoor het grondwaterpeil kan stijgen.



Figuur 4-7: Top10-watgangen in modelgebied (rood = gedempt, blauw = geen aanpassing)

4.2.3 Verwijderen van buisdrainage

In het plangebied is op verschillende plekken buisdrainage aanwezig. Binnen het plangebied wordt de buisdrainage verwijderd. Hierdoor wordt het regenwater niet meer direct afgevoerd en kan het dus infiltreren in de bodem. Dit zorgt voor grondwateraanvulling en de stijging van het grondwaterpeil.



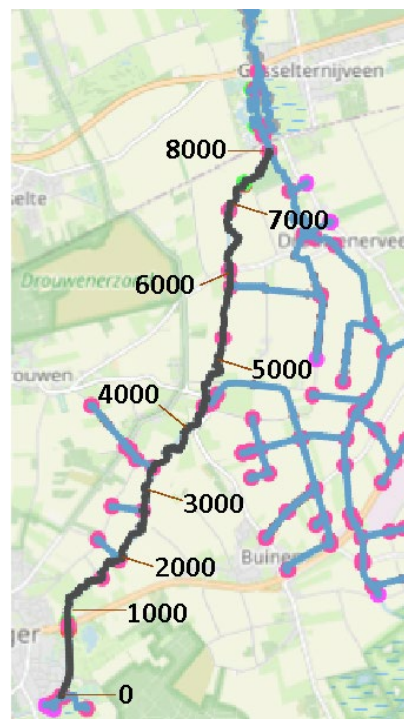
Figuur 4-8: Buisdrainage, rood: verwijderd, blauw: bestaand

5 Resultaten Oppervlaktewaterberekeningen

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van de oppervlaktewaterberekeningen. Per doorgerkende afvoersituatie (0,2Q; 0,5Q; Q en de extreme bui) zullen de resultaten worden weergegeven middels een lengteprofiel. Ook wordt er ingegaan op de stroomsnelheden en water op maaiveld bij de extremere afvoeren. Alle lengteprofielen gaan over hetzelfde traject (zwarte lijn), dit traject inclusief metrerings (in meters) is weergegeven in Figuur 5-1.

In Tabel 5-1 is een samenvatting gegeven van de belangrijkste resultaten van de oppervlaktewatermodellering. Hieruit blijkt dat de waterstanden binnen het plangebied flink verhoogd worden. Bovenstrooms van het plangebied is er, doormiddel van sturing met automatische stuw 15690, geen verhoging van de waterstand in de ontwerpsituatie. De bereikte stroomsnelheden voldoen aan de gestelde doelen bij de 0,2Q situatie, bij de 1Q situatie is de gemiddelde stroomsnelheid net lager dan het gestelde doel.

Per situatie wordt verder op de resultaten ingezoomd in de volgende paragrafen.



Figuur 5-1: traject lengteprofielen

Tabel 5-1 overzicht belangrijkste resultaten oppervlaktewatermodellering

Situatie	Locatie A (grens plangebied, metrerings 900)		Locatie B (metrerings 3000)		Locatie C (metrerings 5000)		Gem. stroomsnelheid ontwerpsituatie
	Waterstand referentie [mNAP]	Waterstand ontwerp [mNAP]	Waterstand referentie [mNAP]	Waterstand ontwerp [mNAP]	Waterstand referentie [mNAP]	Waterstand ontwerp [mNAP]	
0,2Q	9,46	9,46	7,70	7,92	5,18	5,75	0,2
0,5Q	9,47	9,48*	7,60	8,20	5,04	5,98	0,35
1Q	9,53	9,55*	7,60	8,36	5,34	6,24	0,40
Extreme bui	9,59	9,59	7,62	8,45	5,48	6,31	-

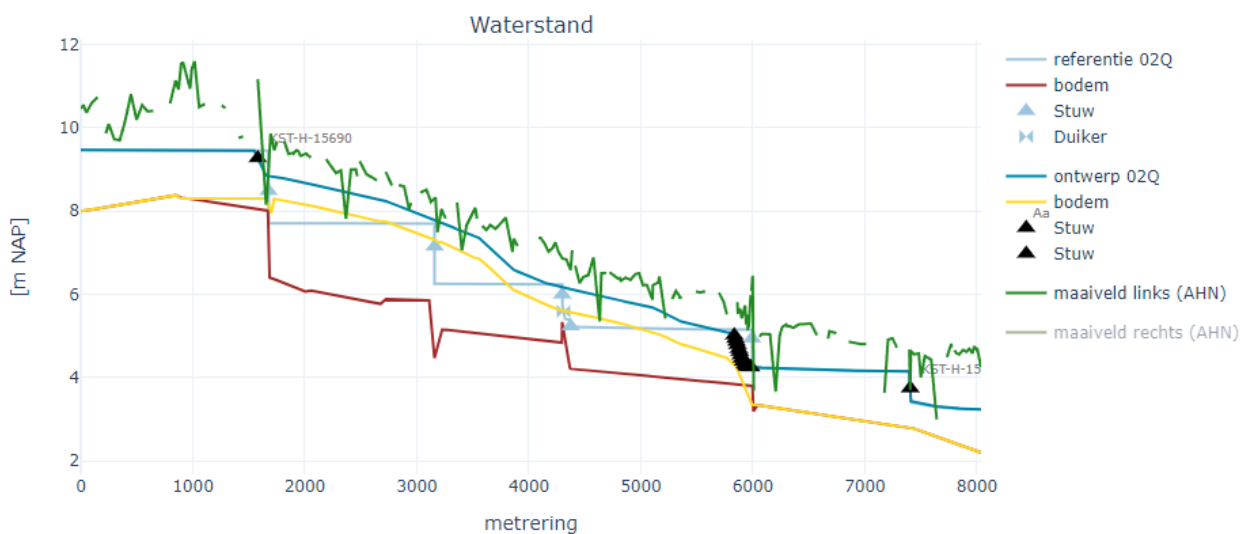
*de waterstand kan in de ontwerpsituatie verlaagd worden, zodat er geen verhoging is van de waterstand bovenstrooms, doormiddel van het lager instellen van stuw 15690, dit is in deze berekeningen niet meegenomen.

5.1 Resultaten zomersituatie 0,2Q

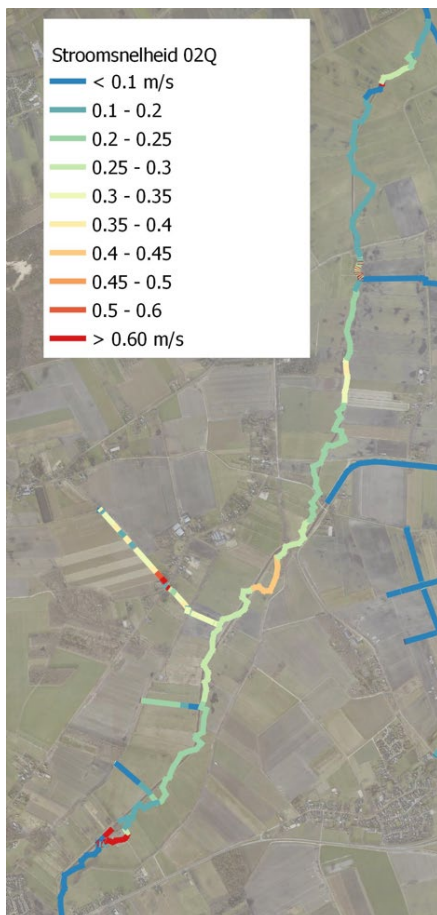
In Figuur 5-2 zijn de berekende waterstanden weergegeven voor de zomersituatie (0,2Q). In dit lengteprofiel is in donkerbruin (referentie) en in geel (ontwerp) de bodemhoogte van de beek weergegeven. De bodem is in het ontwerp flink verondiept, met gemiddeld 1 tot 2 meter. In lichtblauw is de waterstand weergegeven in de referentiesituatie. Hier is duidelijk het gestuwde karakter van de waterstanden zichtbaar. In het ontwerp zijn 2 stuwen verwijderd (bij metreering 3100 en 4200), het verval over deze stuwen is opgevangen doormiddel van de bodemverhoging. Stuw 15690 blijft gehandhaafd, maar er is wel een vispassage omheen gelegd. De stuw op de plangrens van de Branden (metreering 6000) is vervangen door vispasseerbare drempels (weergegeven in zwart).

In het ontwerp is de waterstand tot 1,5 meter hoger dan in de referentiesituatie, ter plekke van de huidige stuwen is de waterstand ongeveer gelijk aan de referentiesituatie. Water komt in de 0,2Q situatie nog niet tot aan maaiveld.

In Figuur 5-3 is de stroomsnelheid in de beek weergegeven in de 0,2Q situatie. De uitschieters naar boven zijn ter plekke van de kunstwerken. Gemiddeld is de stroomsnelheid in het plangebied 0,2 m/s. Ter plekke van de snelstromende gedeeltes ligt de stroomsnelheid hoger (rond de 0,4 m/s). Bovenstrooms van stuw 15690 is de stroomsnelheid laag (<0,1 m/s), doordat de bodem hier vlak ligt en er hier sprake is van een gestuwd peil.



Figuur 5-2 Lengteprofiel waterstanden 0,2Q. In lichtblauw is de waterstand te zien van de referentiesituatie, in donkerblauw die van de toekomstige situatie. In bruin is de bodemhoogte van de referentiesituatie weergegeven, in geel die van de toekomstige situatie. In groen is een impressie van het maaiveld (AHN3) weergegeven. In zwarte driehoeken zijn de stuwen weergegeven (en ook vispasseerbare drempels)



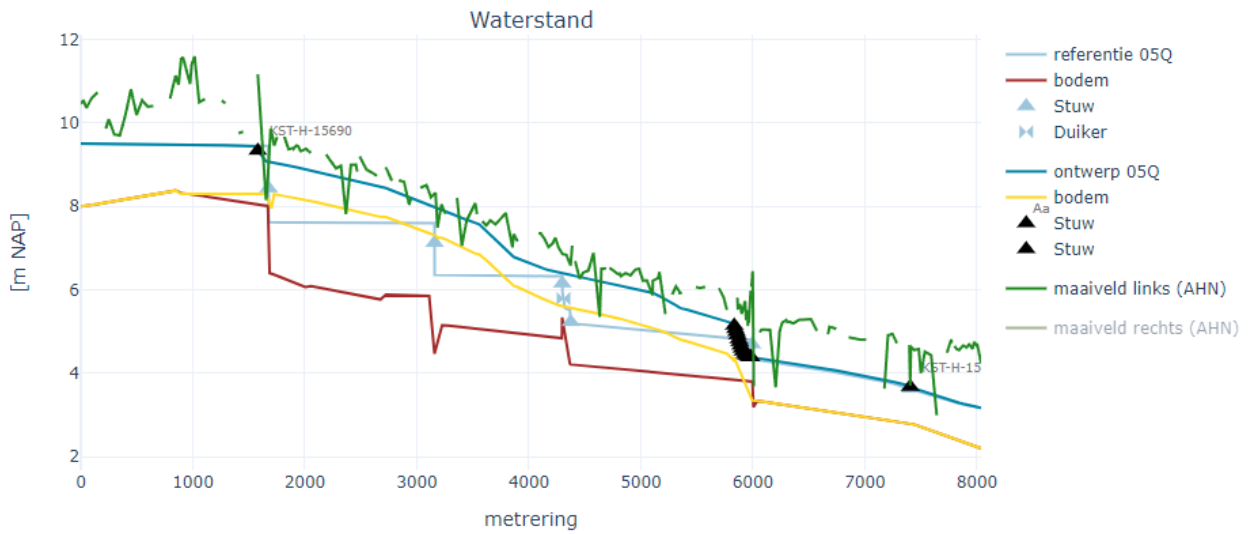
Figuur 5-3 Berekende stroomsnelheid ontwerp 0,2Q.

5.2 Resultaten wintersituatie 0,5Q

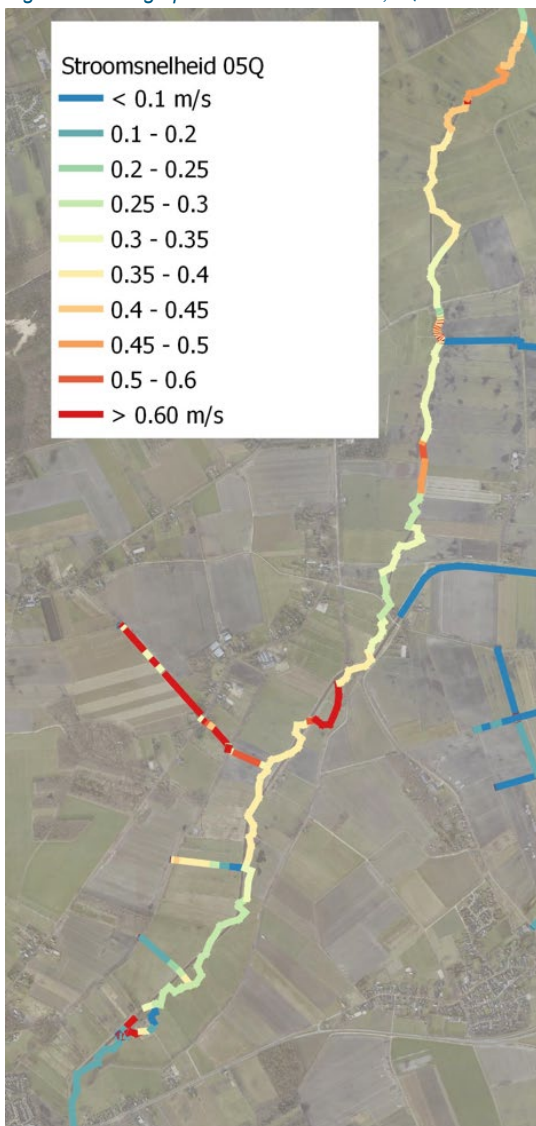
In Figuur 5-4 zijn de berekende waterstanden weergegeven voor de wintersituatie (0,5Q). In lichtblauw is de waterstand weergegeven in de referentiesituatie. Hierin is duidelijk het gestuwde karakter van de waterstanden zichtbaar. In het ontwerp is de waterstand tot 1,5 meter hoger dan in de referentiesituatie, ter plekke van de huidige stuwen is de waterstand tot 0,3 meter hoger dan de referentiesituatie. Water komt in de 0,5Q situatie op enkele delen aan maaiveld te staan.

Bovenstrooms van het plangebied is de waterstand in de referentiesituatie 1 cm lager dan in de ontwerpsituatie. Om te voldoen aan de gestelde randvoorwaarden van geen effect bovenstrooms kan stuw 15690 in deze situaties iets lager worden ingesteld. Deze stuurt nu namelijk op een peil van 9,45 mNAP, er is nog ruimte in deze situatie om de klep wat verder naar beneden te zetten om zo de waterstand bovenstrooms van het plangebied niet te verhogen.

In Figuur 5-5 is de stroomsnelheid in de beek weergegeven in de 0,5Q situatie. De uitschieters naar boven zijn ter plekke van de kunstwerken. Gemiddeld is de stroomsnelheid in het plangebied 0,35 m/s. Ter plekke van het snelstromende gedeelte is de stroomsnelheid hoger (rond de 0,5 m/s). Bovenstrooms van stuw 15690 is de stroomsnelheid laag (+0,15 m/s), doordat de bodem hier vlak ligt en er hier sprake is van een gestuwd peil.



Figuur 5-4 Lengteprofiel waterstanden 0,5Q.



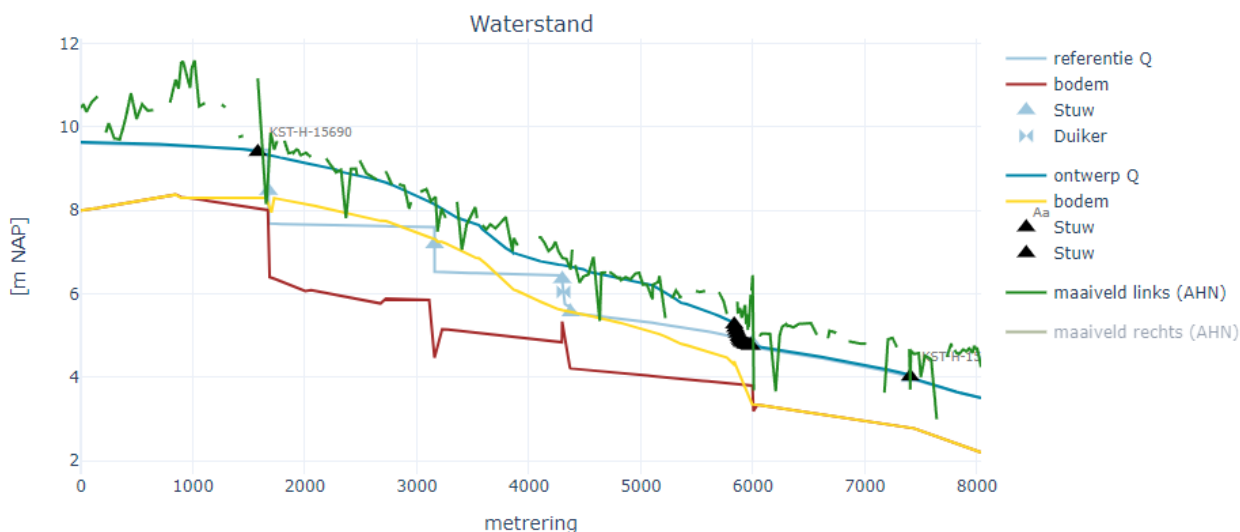
Figuur 5-5 Berekende stroomsnelheid ontwerp 0,5Q.

5.3 Resultaten wintersituatie Q

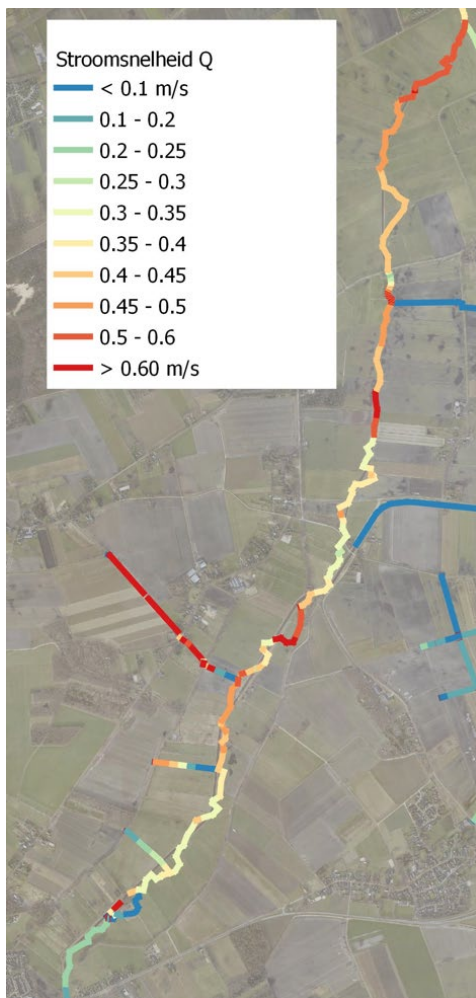
In Figuur 5-6 zijn de berekende waterstanden weergegeven voor de wintersituatie (1Q). In lichtblauw is de waterstand weergegeven in de referentiesituatie. Hierin is duidelijk het gestuwde karakter van de waterstanden zichtbaar. In het ontwerp is de waterstand tot 1,5 meter hoger dan in de referentiesituatie, ter plekke van de huidige stuwen is de waterstand tot 0,5 meter hoger dan de referentiesituatie. Water komt in de 1Q situatie op enkele delen op maaiveld te staan en op veel plekken tot aan maaiveld.

Bovenstrooms van het plangebied is de waterstand in de referentiesituatie 2 cm lager dan in de ontwerpsituatie. Om te voldoen aan de gestelde randvoorwaarden van geen effect bovenstrooms kan stuw 15690 in deze situaties iets lager worden ingesteld. Deze stuurt nu namelijk op een peil van 9,45 mNAP, er is nog ruimte in deze situatie om de klep wat verder naar beneden te zetten om zo de waterstand bovenstrooms van het plangebied niet te verhogen.

In Figuur 5-7 is de stroomsnelheid in de beek weergegeven in de 1Q situatie. De uitschieters naar boven zijn ter plekke van de kunstwerken. Gemiddeld is de stroomsnelheid in het plangebied 0,4 m/s. Ter plekke van het snelstromende gedeelte is de stroomsnelheid hoger (rond de 0,55 m/s). Bovenstrooms van stuw 15690 is de stroomsnelheid laag (+/-0,2 m/s), doordat de bodem hier vlak ligt en er hier sprake is van een gestuwd peil.



Figuur 5-6 Lengteprofiel waterstanden 1Q.

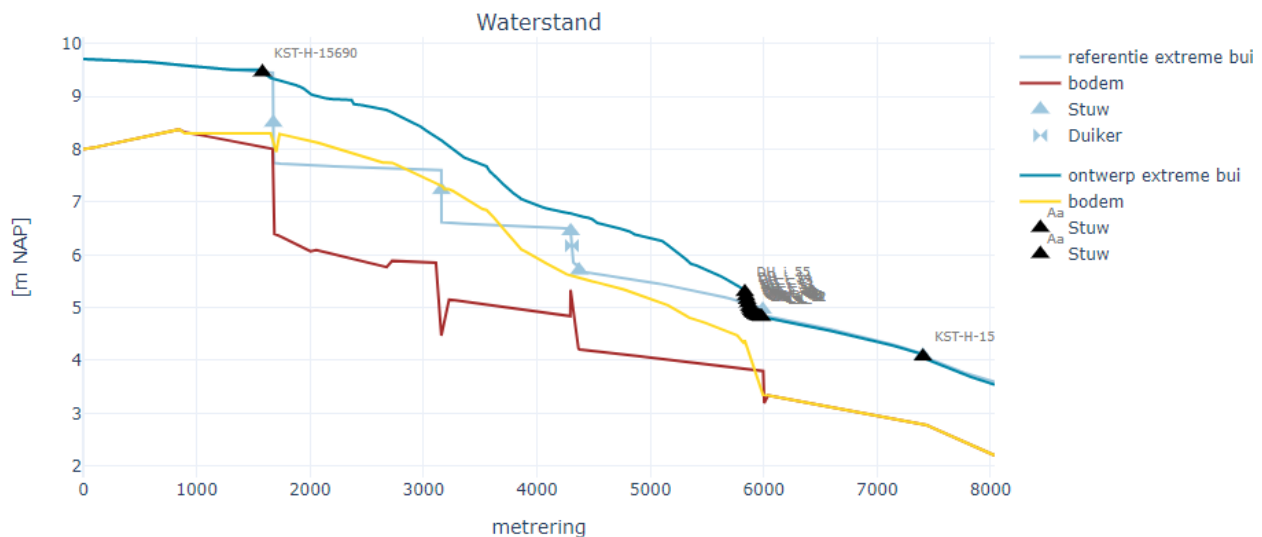


Figuur 5-7 Berekende stroomsnelheid ontwerp Q

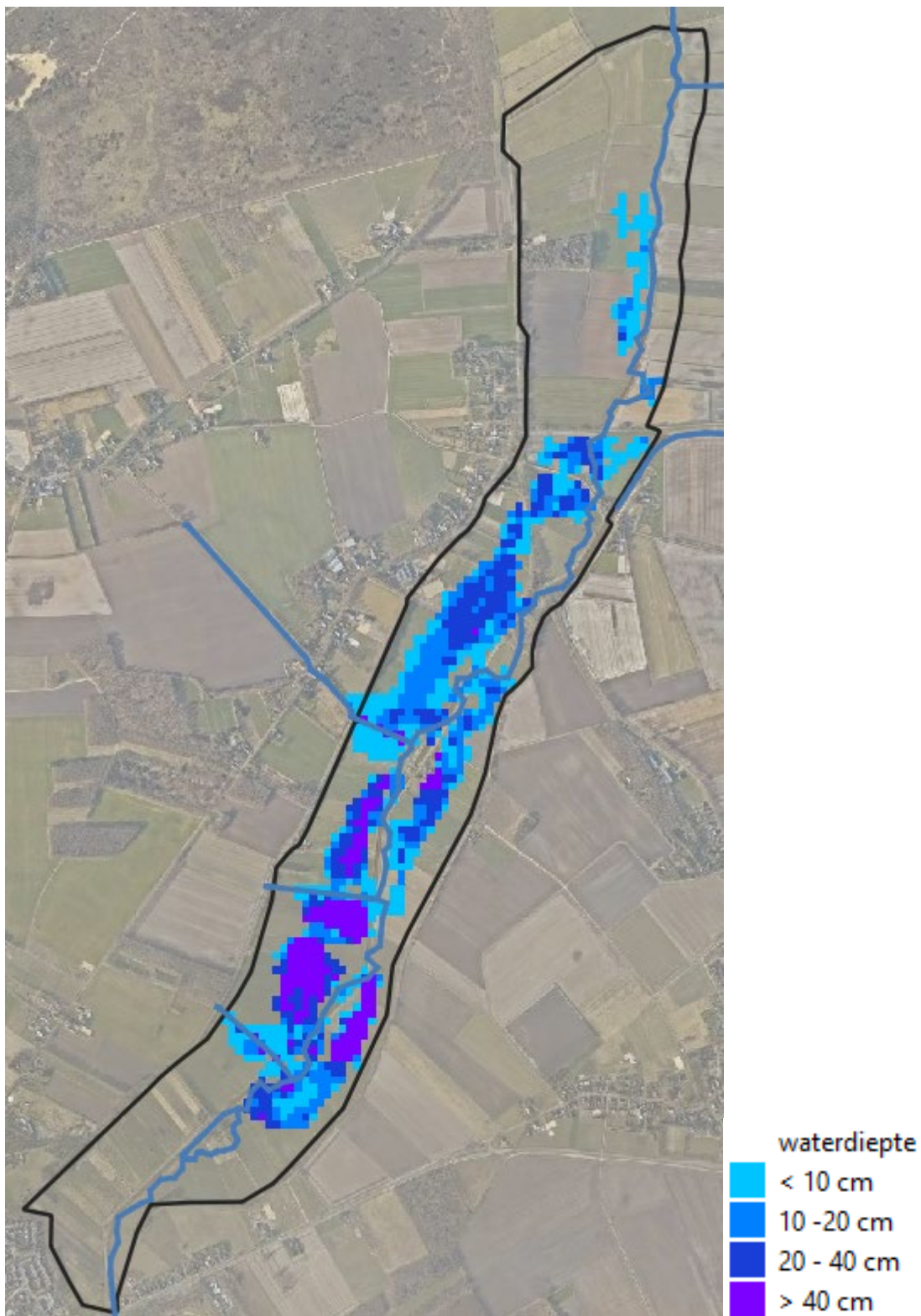
5.4 Resultaten extreme bui

In Figuur 5-8 zijn de berekende maximale waterstanden weergegeven voor de extreme situatie weergegeven. In het ontwerp is de waterstand tot 2 meter hoger dan in de referentiesituatie. Water komt in de extreme situatie veelal op maaiveld te staan.

In Figuur 5-9 is de maximale waterdiepte op maaiveld weergegeven. Hierin is te zien dat voornamelijk in deelgebied zuid water veel op maaiveld komt te staan. Dit komt mede doordat hier in het model ook het afplaggen van de gronden is meegenomen (dit in tegenstelling tot de afplagging meer naar het noorden). Dit afplaggen is meegenomen om een realistische waterstand te berekenen rondom stuw 15690. Door het afplaggen wordt namelijk de maximale waterstand benedenstrooms van de stuw afgevlakt tot 9,3 mNAP. Hierdoor is het mogelijk om in de extreme situatie stuw 15690 helemaal naar beneden te zetten, waardoor de waterstand bovenstrooms van de plangrens niet stijgt t.o.v. de huidige situatie.



Figuur 5-8 Lengteprofiel waterstanden extreme bui, de maximale waterstand is weergegeven. Door technische redenen lukte het niet om hier een lengteprofiel te maken waarin ook het maaiveld is weergegeven.



Figuur 5-9 maximale overstromingsdiepte extreme bui

6 Resultaten grondwaterberekeningen

In dit hoofdstuk wordt eerst de referentiesituatie nader beschreven. Vervolgens worden de effecten van de inrichtingsmaatregelen in het gebied Bronnegermaden gepresenteerd en toegelicht aan de hand van de grondwaterstanden en de veranderde GVG, GHG en GLG en de verandering in kwel en infiltratie voor de zomer- en wintersituatie. Vervolgens worden de mitigerende maatregelen en de effecten hiervan besproken.

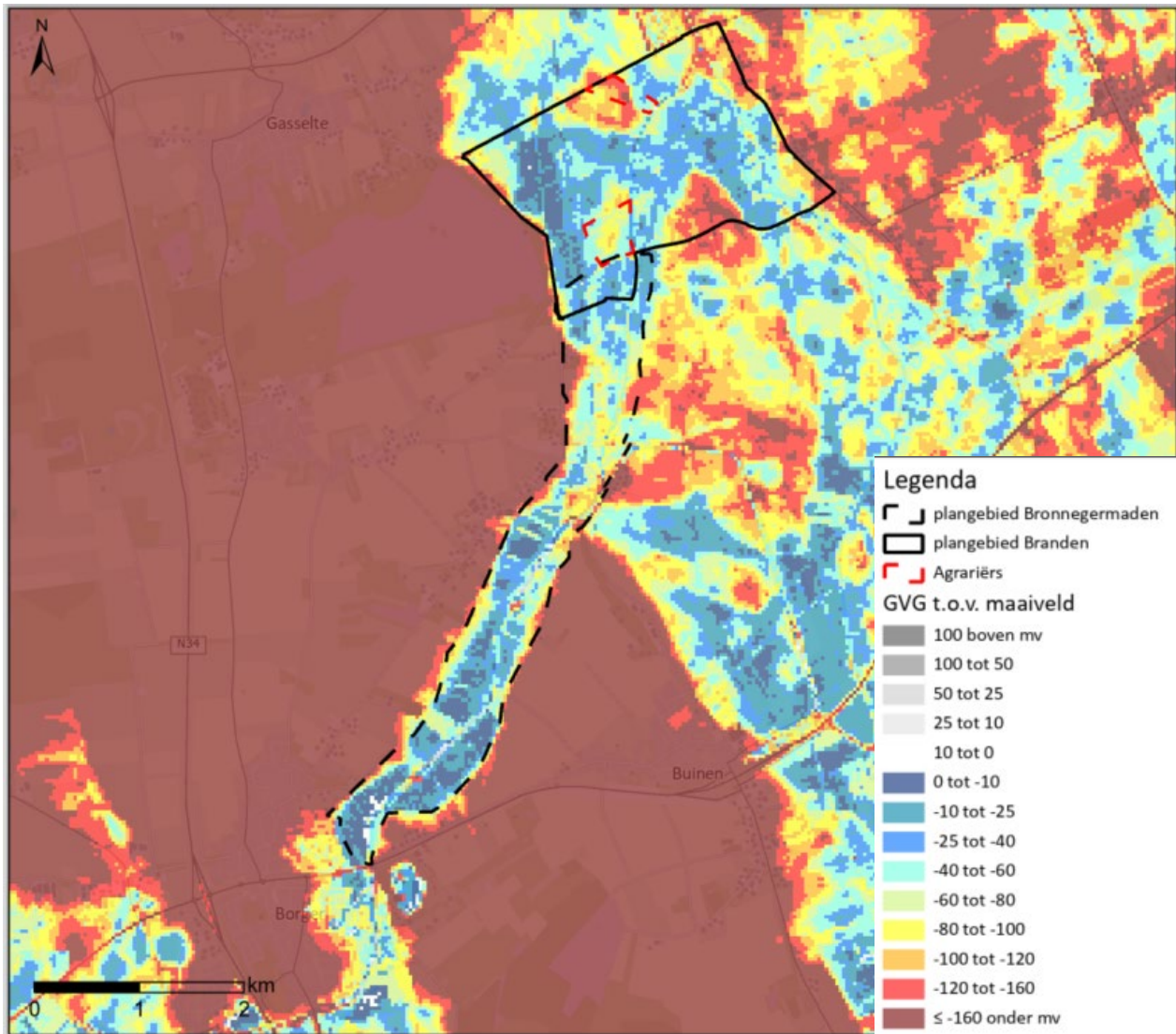
6.1 Grondwatersituatie in de referentieberekening

In de referentiesituatie zijn er alleen maatregelen genomen in het plangebied de Branden. Deze maatregelen zijn nader beschreven in hoofdstuk 4 en in de Gebiedsanalyse Bronnegermaden en Achterste Diep [Gebiedsanalyse Bronnegermaden en Achterste Diep, BG9116-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001, 10 juni 2020, RHDHV].

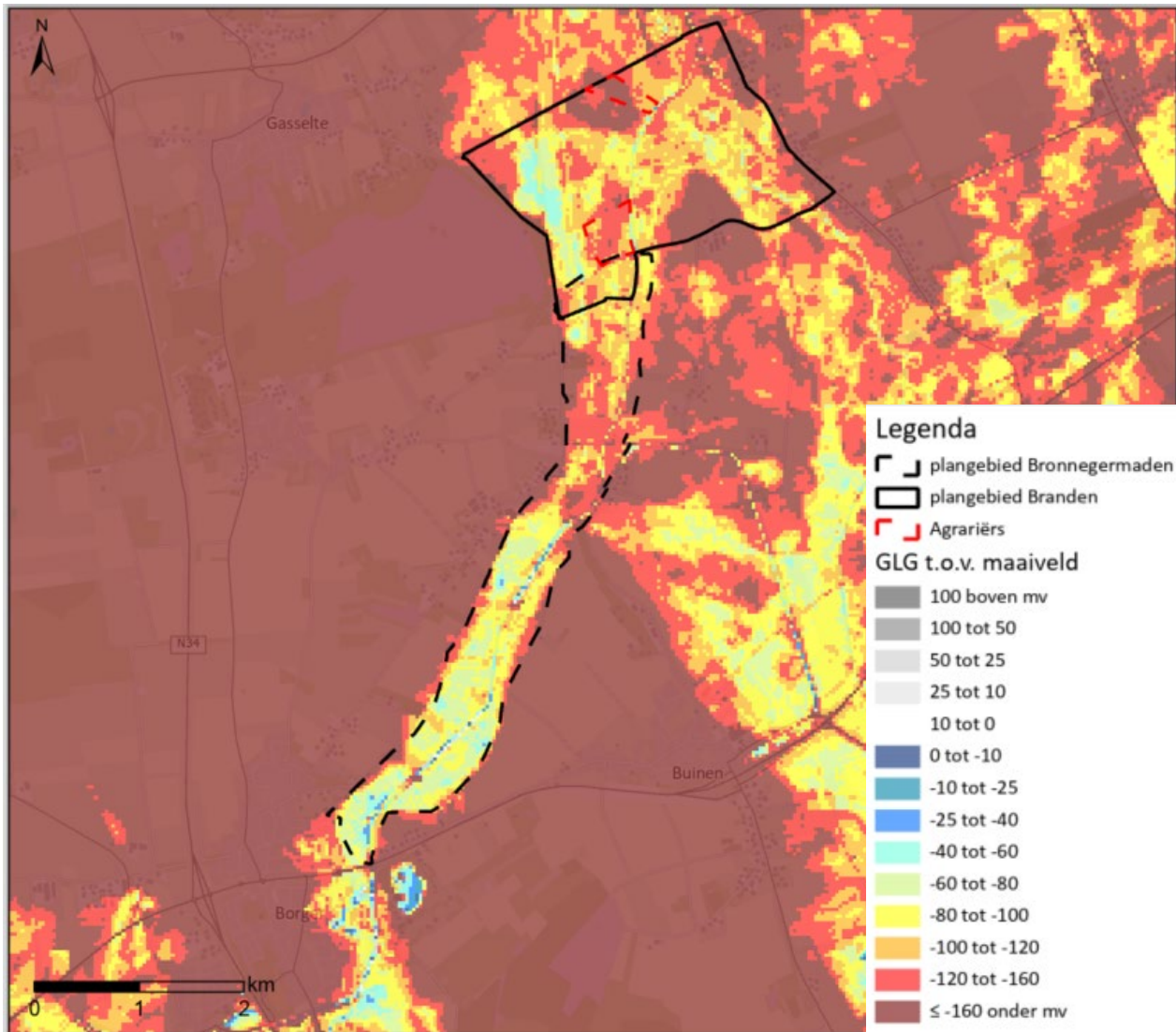
Grondwaterstanden

Figuur 6-1 tot en met Figuur 6-3 tonen de gemiddelde grondwaterstanden voor het voorjaar, de zomer- en de wintersituatie. De positieve getallen of de witte tot grijze kleuren geven aan dat het grondwater tot aan het maaiveld of zelfs hoger komt. In de zomersituatie (GLG) ligt de grondwaterstand in het westelijke gebied van het plangebied De Branden en in het zuidelijke deel van het plangebied Bronnegermaden op ca. 40 tot 70 cm onder het maaiveld. Alleen langs de Voorste Diep komt de grondwaterstand in een paar cellen tot aan maaiveld.

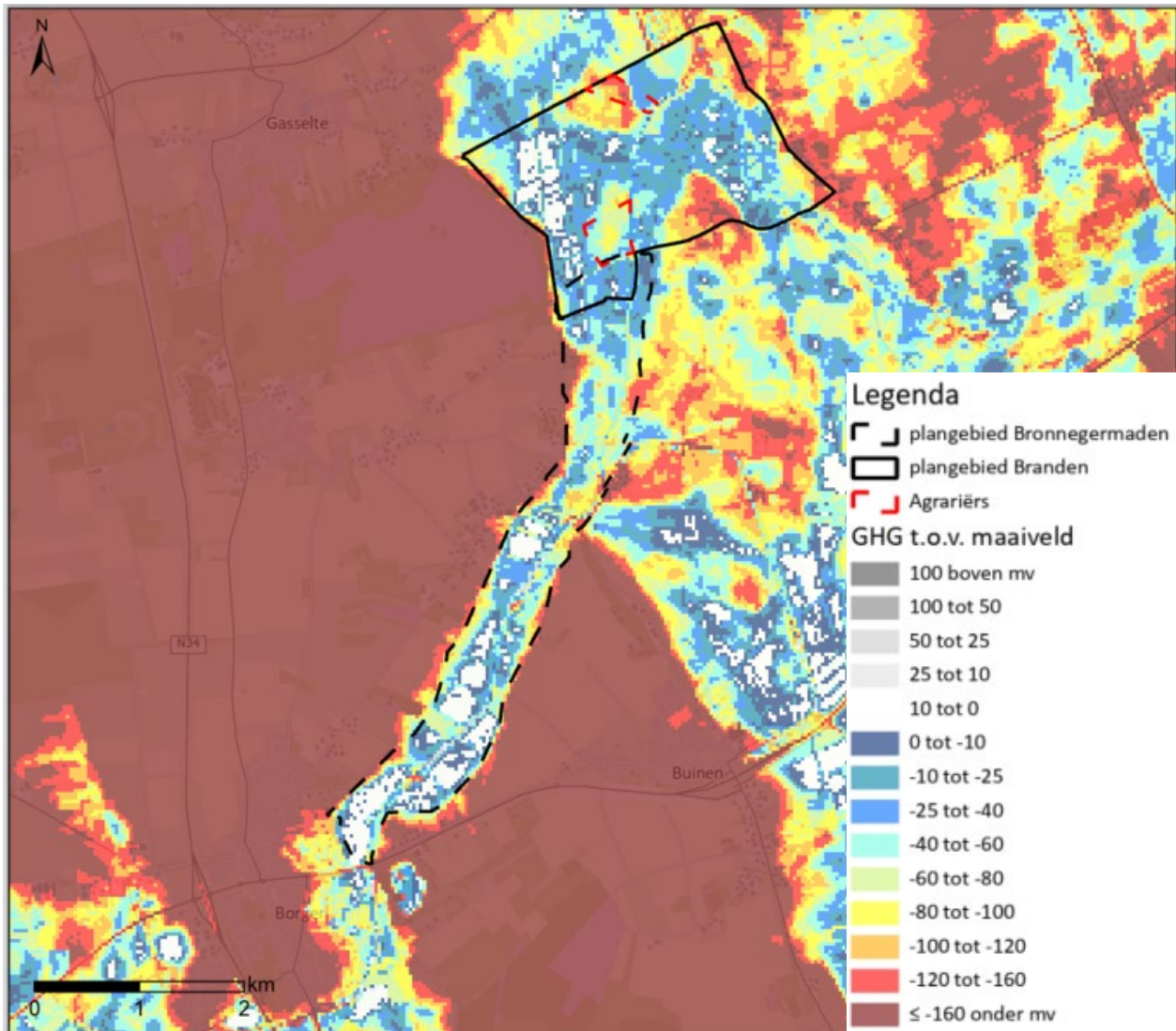
In de voorjaarssituatie (GVG) ligt de grondwaterstand deels tot vlak onder het maaiveld en in de wintersituatie (GHG) komt de grondwaterstand deels zelfs boven maaiveld uit. Deze situaties doen zich met name voor in het westelijke deel van het plangebied De Branden, op de noordelijke grens van de twee plangebieden en in het midden en in het zuidelijke deel van het plangebied Bronnegermaden. Deze situaties zijn ook buiten de plangebieden te zien, zoals ten oosten van het plangebied Bronnegermaden. Daarnaast komt de grondwaterstand in het gebied ten noorden en ten zuiden van het Kanaal Buinen-Schoonoord deels tot aan het maaiveld. Deze gebieden worden huidig gebruikt voor landbouw.



Figuur 6-1: GVG ten opzichte van maaiveld in de huidige situatie (referentiesituatie).



Figuur 6-2: GLG ten opzichte van maaiveld in de huidige situatie (referentiesituatie).

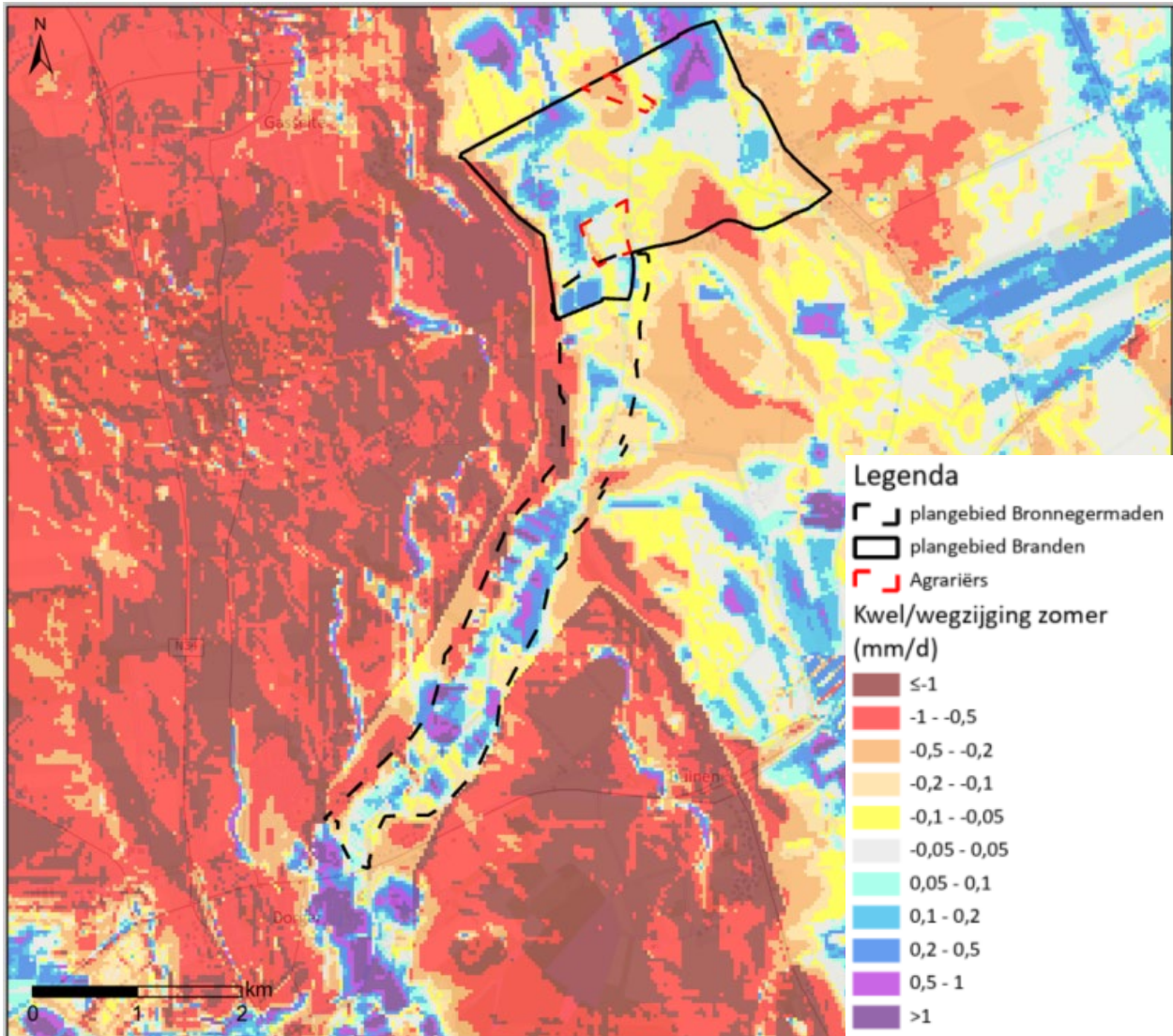


Figuur 6-3: GHG ten opzichte van maaiveld in de huidige situatie (referentiesituatie).

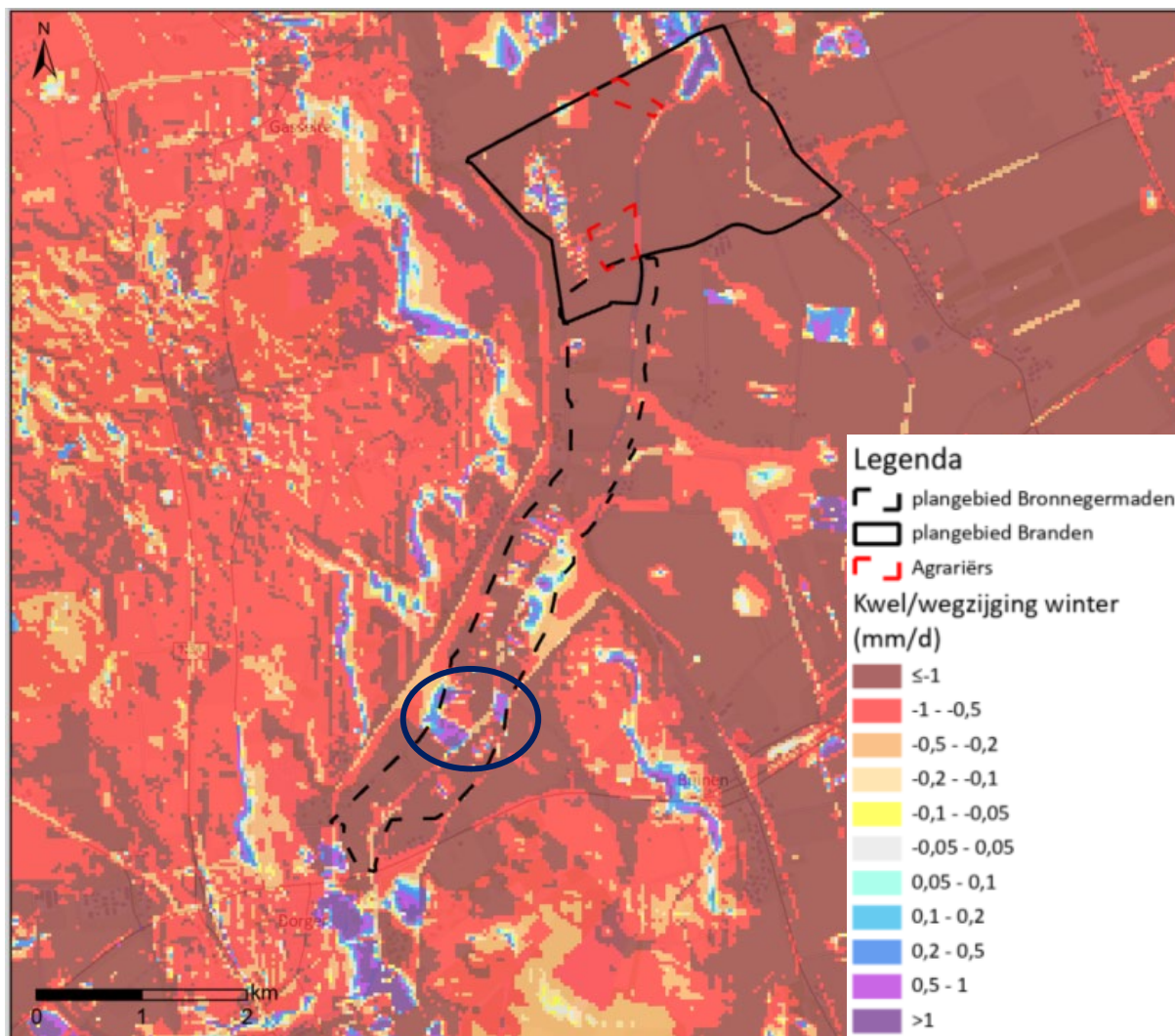
Kwel en wegzijging

Figuur 6-4 en Figuur 6-5 tonen de kwel en/of wegzijging voor de zomer en de wintersituatie in de referentiesituatie. Gebieden met negatieve waarden (gele tot rode kleur) geven aan dat hier voornamelijk wegzijging plaatsvindt en positieve waarden (blauw tot paarse kleur) geven aan dat hier voornamelijk kwel plaatsvindt.

Te zien is dat er in het plangebied in de zomer meer kwel optreedt dan in de winter. Binnen het plangebied zijn er een aantal zones met sterke kwel, voornamelijk in het centrale- en in het zuidelijke deel. Op sommige plaatsen waar kwel optreedt is er drainage aanwezig in het plangebied (zie gemarkeerde locaties op de kaart).



Figuur 6-4: Kwel/ wegzijing in de zomersituatie in de huidige situatie (referentiesituatie).



Figuur 6-5: Kwel/ wegzijing in de wintersituatie in de huidige situatie (referentiesituatie).

6.2 Grondwatersituatie in de inrichtingssituatie

In de inrichtingssituatie zijn er maatregelen genomen bij het Voorste Diep en bij de tertiaire watergangen in het plangebied Bronnegermaden. Deze maatregelen zijn beschreven in Modelaanpassingen inbouwen ontwerp inrichting.

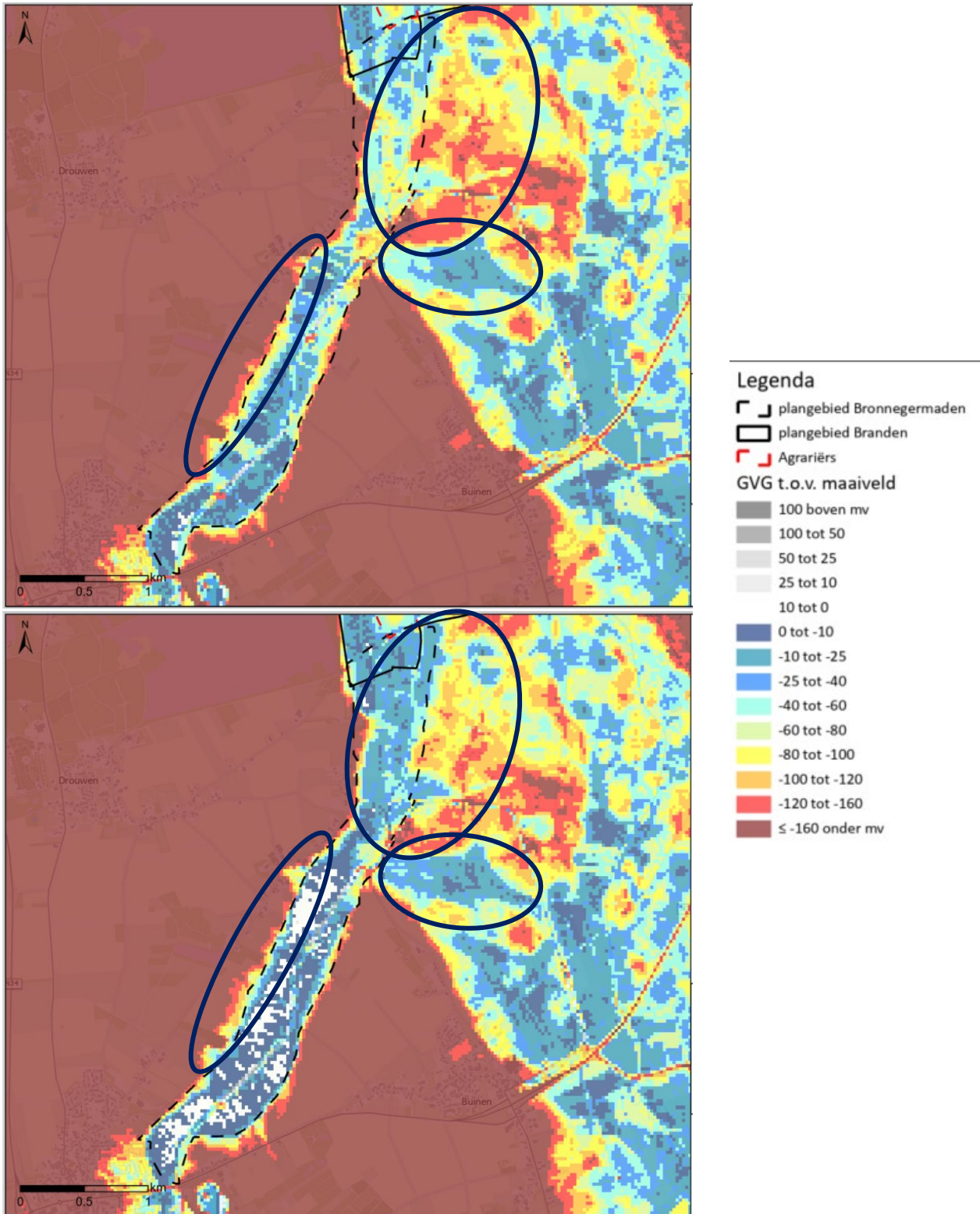
Grondwaterstanden

Figuur 6-6 tot en met Figuur 6-8 tonen de gemiddelde grondwaterstanden voor de voorjaars-, de zomer- en de wintersituatie in het plangebied Bronnegermaden en omgeving voor de referentiesituatie en met inrichting.

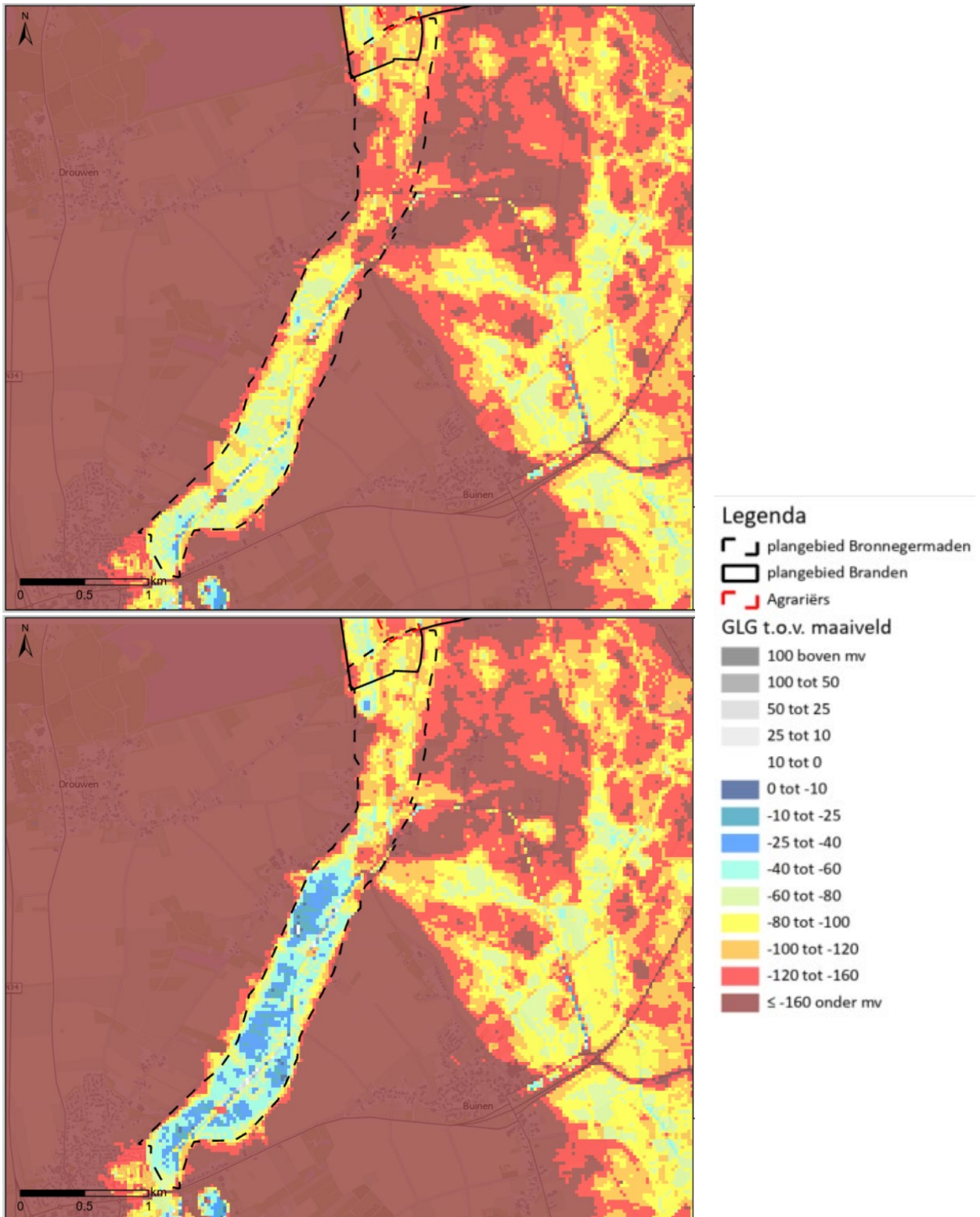
Te zien is dat de grondwaterstanden in de inrichtingssituatie in het hele plangebied stijgen. De stijging van de grondwaterstand wordt veroorzaakt door de maatregelen die in het plangebied zijn getroffen. Door het dempen van de tertiaire watergangen in het modelgebied wordt de waterafvoer en daarmee de drainerende werking van deze watergangen opgeheven, hierdoor neemt de grondwateraanvoer in deze gebieden toe.

De effecten zijn het grootst in het zuidelijke, centrale deel van het plangebied en op de grens met het plangebied Branden. De effecten zijn het sterkst in de winter, waarbij de grondwaterstand in vrijwel het gehele plangebied het maaiveld bereikt of overschrijdt. Alleen in de zomer blijft de grondwaterstand net onder het maaiveld, tot ongeveer 40-10 cm-mv.

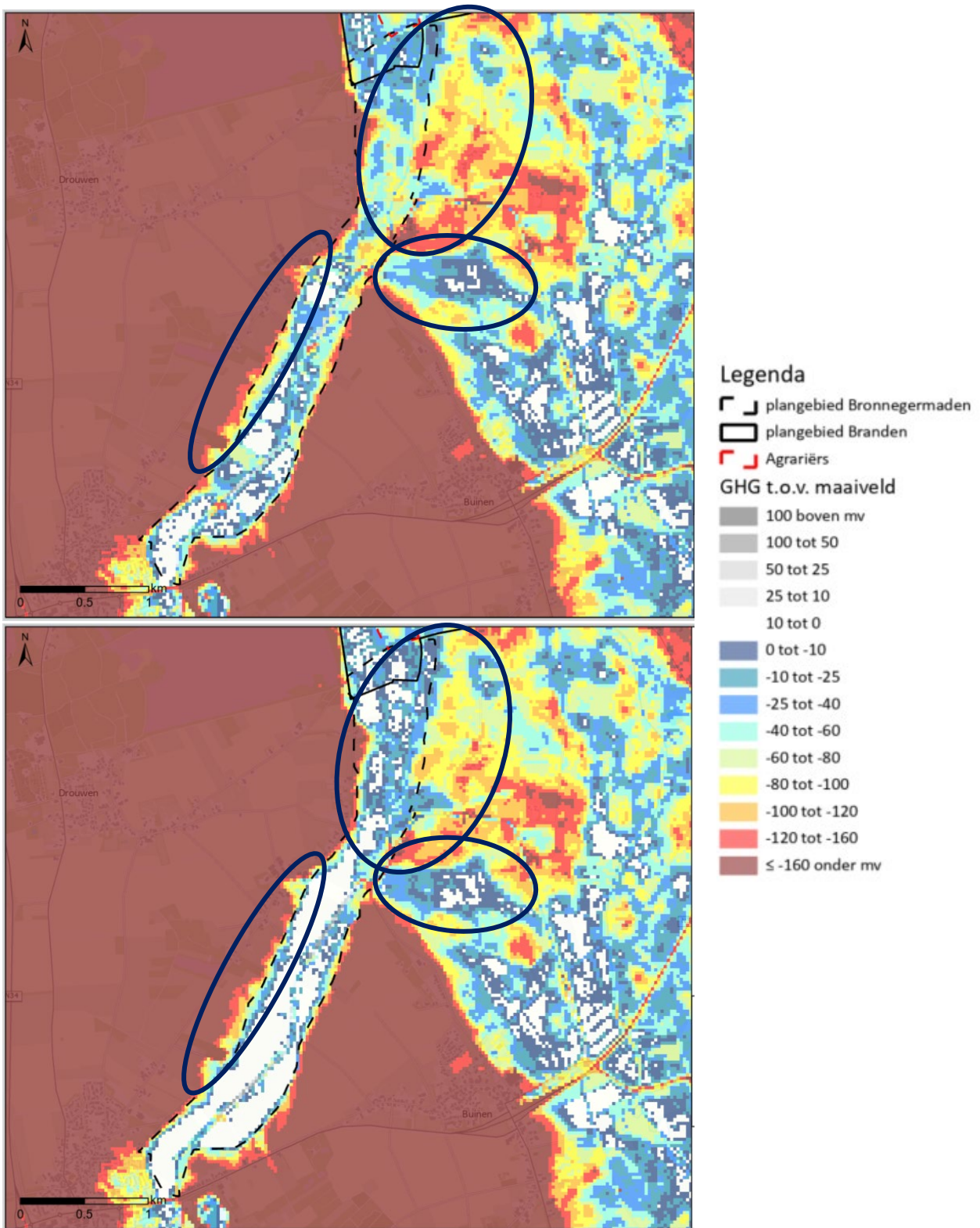
Ook buiten het plangebied van Bronnegermaden zien we stijgende grondwaterstanden (zie gemarkeerde locaties op Figuur 6-6 tot en met Figuur 6-8). In de twee gemarkeerde gebieden ten oosten van het plangebied is op verschillende locaties de huidige GHG vrij ondiep. Op deze plekken kan een verhoging van de grondwaterstand dus negatieve gevolgen hebben. Om deze effecten te mitigeren zijn er enkele mitigerende maatregelen voorgesteld, welke worden besproken in paragraaf 6.3.



Figuur 6-6: GVG ten opzichte van maaiveld in de referentiesituatie (boven) en in de inrichtingssituatie (beneden).



Figuur 6-7: GLG ten opzichte van maaiveld in de referentiesituatie (boven) en in de inrichtingssituatie (beneden).



Figuur 6-8: GHG ten opzichte van maaiveld in de referentiesituatie (boven) en in de inrichtingssituatie (beneden).

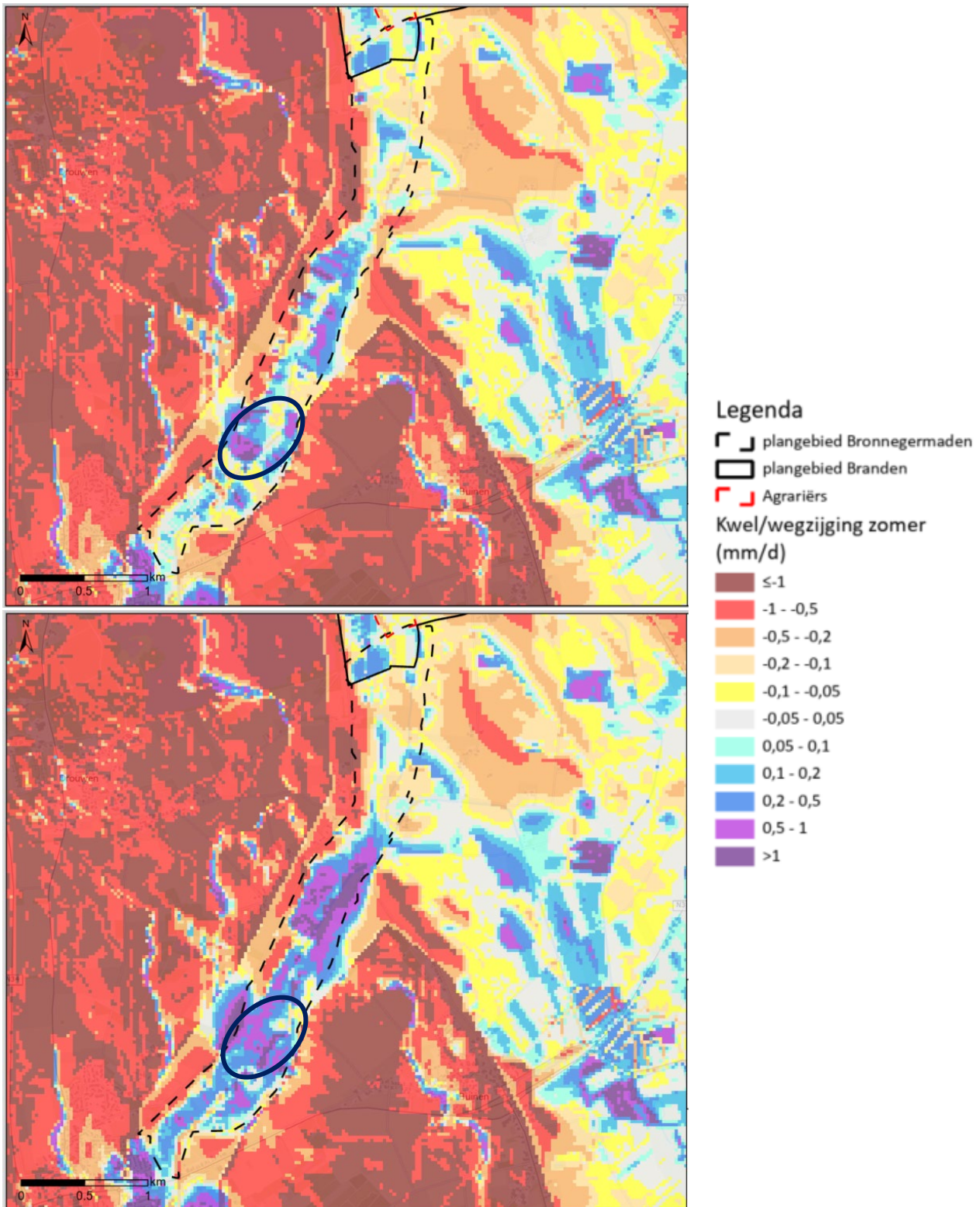
Kwel en wegzijging

Figuur 6-9 en Figuur 6-10 tonen de kwel en/of wegzijging voor de zomer en de wintersituatie in de referentiesituatie en de inrichtingssituatie. Gebieden met negatieve waarden geven aan dat hier voornamelijk wegzijging plaatsvindt en positieve waarden geven aan dat hier voornamelijk kwel plaatsvindt.

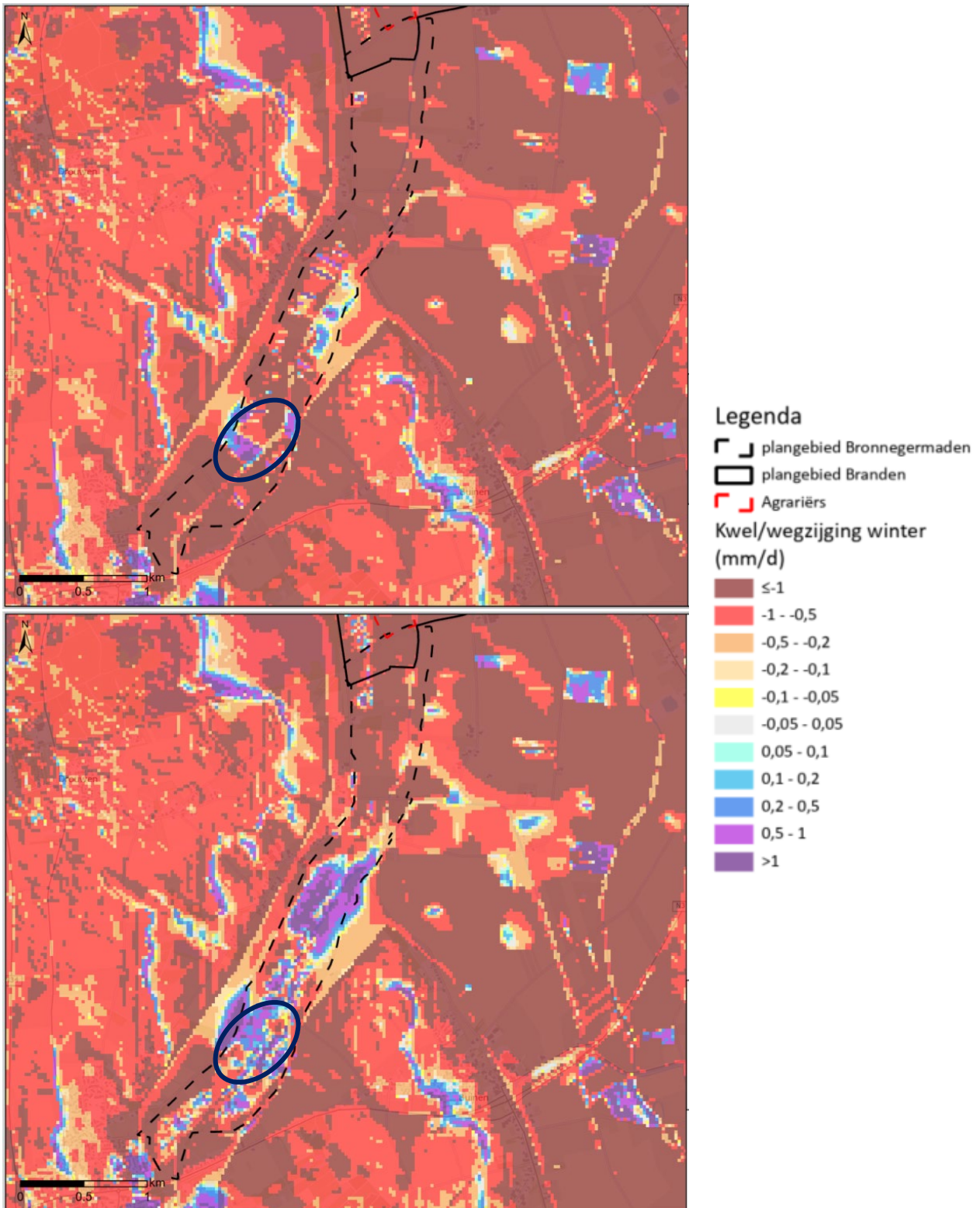
Te zien is dat er in de zomersituatie het effect van kwel groter is dan in de wintersituatie. Ten opzichte van de referentiesituatie is de kwel in de winter meer toegenomen dan in de zomer, waardoor het verschil in kwel tussen de zomer en de winter in de inrichtingssituatie kleiner is.

Ook bij de inrichtingssituatie is de meeste kwel te zien in het centrale en zuidelijke deel van het plangebied Bronnegermaden. De omvang van het gebied waar kwel voorkomt neemt ook fors toe t.o.v. de referentiesituatie. De effecten van kwel worden versterkt door een combinatie van maatregelen in het centrale gebied.

In de gebieden waar de buisdrainage is verwijderd, is duidelijk een plaatselijke toename van kwel te zien. Door het verwijderen van de buisdrainage kan het grondwater in de ondergrond infiltreren en beter worden vastgehouden. Dit voorkomt de directe afvoer van de neerslag (zie cirkel in Figuur 6-9 en Figuur 6-10). Ook wordt naast de aanpassingen in de hoofdwatergang, ter hoogte van het centrale gebied een aantal zijwatergangen verondiept en de tertiaire watergangen gedempt waardoor in dit gebied voornamelijk kwel kan plaatsvinden.



Figuur 6-9: Kwel/ wegzijging in de zomersituatie in de in de referentiesituatie (boven) en in de inrichtingssituatie (beneden).



Figuur 6-10: Kwel/ wegzijging in de zomersituatie in de de referentiesituatie (boven) en in de inrichtingssituatie (beneden).

6.2.1 Verschil effecten GxG van de inrichtingssituatie t.o.v. de referentiesituatie

Grondwaterstanden

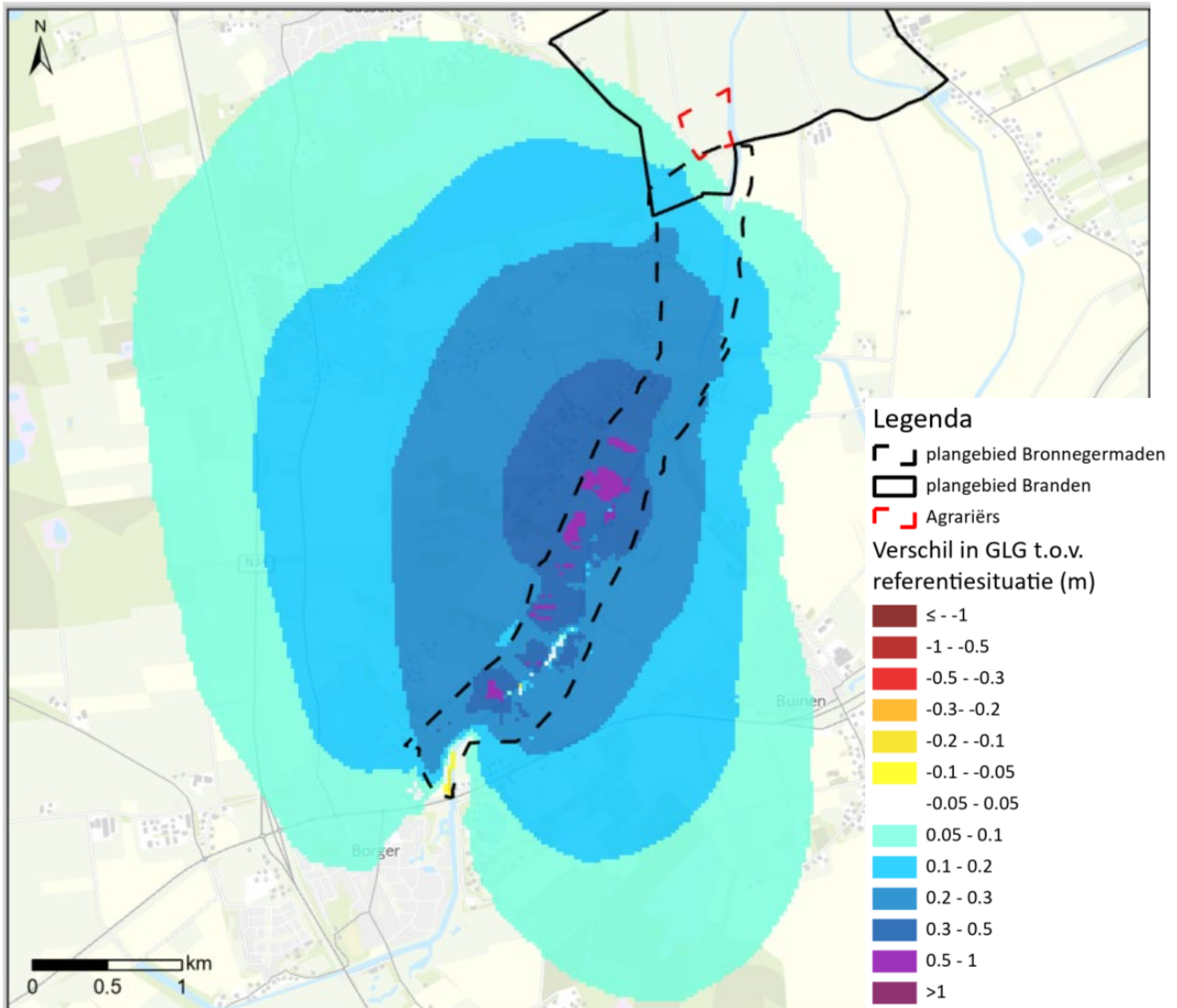
Figuur 6-11 en Figuur 6-12 laten de verandering van respectievelijk de GLG en GHG zien van de inrichting Bronnegermaden ten opzichte van de referentiesituatie. Gebieden met negatieve waarden (donkerrood tot geel) geven aan dat hier de grondwaterstand zakt en positieve waarden (licht blauw tot donkerpaars) geven aan dat hier de grondwaterstand stijgt ten opzichte van de referentiesituatie.

De uitstralingseffecten reiken tot het noordwesten (ter hoogte van Gasselte), tot het zuidoosten (ter hoogte van Borger) en naar het oostelijke deel. Ook tonen de figuren lichte uitstralingseffecten rond de grens van het plangebied De Branden en Bronnegermaden.

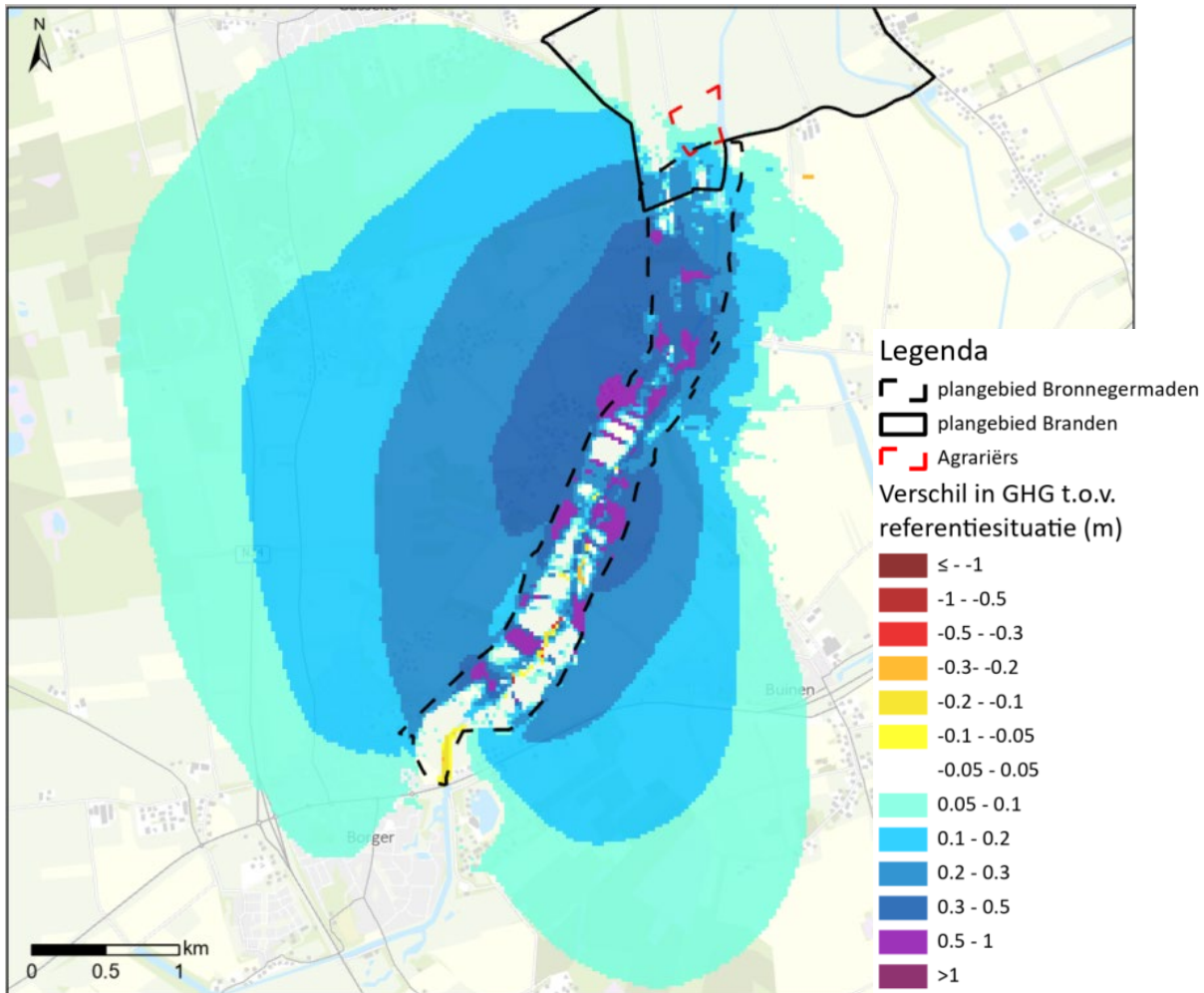
De effectverschillen tussen beide situaties zijn groter in de zomersituatie (GLG) dan in de wintersituatie (GHG). In de zomersituatie stijgt bijna in het hele plangebied Bronnegermaden de grondwaterstand met ca. 20 tot 50 cm ten opzichte van de referentiesituatie, in het centrale en het zuidelijke deel zelfs stijgt tot maximaal 1 meter (paarse gebieden). Vooral in de gebieden waar de buisdrainage is verwijderd en de tertiaire watergangen zijn gedempt zijn er lokaal sterke verschileffecten te zien.³³³

In de wintersituatie is er een toename van de grondwaterstanden te zien, voornamelijk in het noordelijke deel en in de gebieden waar de buisdrainage is verwijderd. Richting het noorden, buiten het plangebied zijn de uitstralingseffecten sterker. In het zuiden zijn er veel cellen transparant, wat betekent dat er geen significant verschil is. Dit komt veelal doordat de GHG in de referentiesituatie hier ook al tot aan maaiveld komt. Ook zijn er in de wintersituatie meer plekken met een stijging van de grondwaterstand tot maximaal 1 meter (paarse gebieden).

In het zuidelijke deel van het plangebied Bronnegermaden is zowel bij de GHG en de GLG- situatie een lichte afname van de grondwaterstand te zien. De beek wordt op dit gedeelte alleen hermeanderd, maar er wordt hier geen ander peil gevoerd en de bodem van de beek wordt ook niet ondieper dan in de referentiesituatie. Wel is de weerstand lager (5 dagen vs. 25 dagen) t.o.v. de referentiesituatie omdat het nu geen kanaal meer is. Door deze lagere weerstand draineert de beek meer en wordt de grondwaterstand dus lager.



Figuur 6-11: Effecten op het GLG van de inrichting Bronnegermaden ten opzichte van de referentiesituatie



Figuur 6-12: Effecten op het GHG van de inrichting Bronnegermaden ten opzichte van de referentiesituatie

6.2.2 Effecten op percelen agrariër de Branden

Binnen het plangebied de Branden zijn nog 2 percelen aanwezig waar nog agrarisch gebruik mogelijk moet blijven. Hier is in de planvorming voor de Branden ook rekening mee gehouden en het ontwerp is daar destijds op aangepast. [Advies benodigde aanpassingen aan ontwerp De Branden, BG347-RHD-ZZ-XX-NT-Z-0001, 2 juli 2021, Royal HaskoningDHV].

De inrichting van Bronnegermaden heeft, zoals in de eerdere figuren in dit hoofdstuk te zien is, een uitstralingseffect richting de Branden. In Figuur 6-13 zijn de 2 percelen weergegeven waar nog een agrarische functie is, met hierin weergegeven de gemiddelde GxG's per perceel voor de huidige situatie (met inrichting van de Branden) en de toekomstige situatie. Voor het noordelijk perceel is er nagenoeg geen effect (1 cm verhoging van de GxG's). Voor het zuidelijke perceel wordt de GHG 5 cm hoger. Om deze verhoging te verminderen wordt in de volgende paragraaf een voorstel gedaan voor een mitigerende maatregel.



Figuur 6-13 grondwaterstanden binnen de percelen met nog agrarisch gebruik binnen de Branden.

6.3 Inrichting met implementatie mitigerende maatregelen

Om de effecten in de hierboven beschreven gebieden te verminderen, zijn in het grondwatermodel de volgende mitigerende maatregelen toegepast. Het betreft:

- Aanpassen peilen en bodemhoogte van de Top10-watgangen noordoostelijk van het plangebied
- Implementatie van buisdrainage zuidelijk van het Kanaal Buinen-Schoonoord,

Aangezien de grondwaterstand ten westen van het plangebied in de winter het maaiveld niet bereikt, worden in dit deel geen mitigerende maatregelen genomen.

Aanpassen peilen en bodemhoogte Top10-watgangen

Om de gewenste afwatering te bereiken is het waterpeil van enkele specifieke Top10-watgangen in het noordoosten binnen en buiten het plangebied aangepast. In de inrichtingssituatie zonder mitigerende maatregelen, was er een waterafvoer richting plangebied Bronnegermaden. Door het dempen van de Top10-watgangen in het plangebied kon deze afvoer niet meer goed plaats vinden.

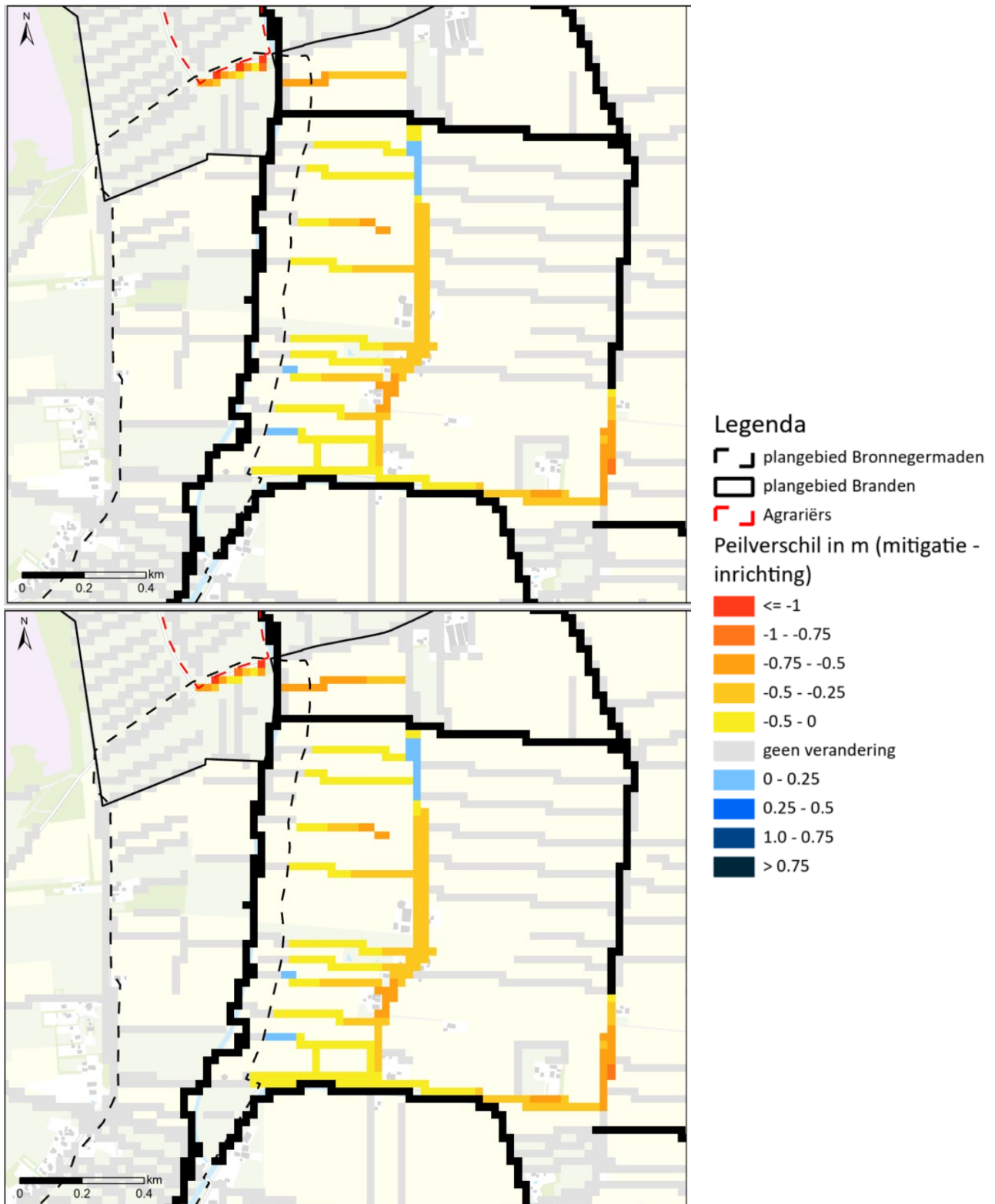
Om toch de afvoer van deze gebieden te garanderen is een optie om de afwatering hier om te draaien, waarbij een deel van deze gebieden i.p.v. naar het Voorste Diep richting het Achterste Diep afwateren. Het oostelijke deel buiten het plangebied watert af in noordelijke richting en vervolgens in het Voorste Diep (zie peilen op Figuur 6-15 en Figuur 6-16). Deze aanpassing, bestaande uit het aanpassen van de peilen en de bodemhoogtes, geldt zowel voor de zomer als voor de winter. Hierbij ligt de bodem van de sloot altijd een halve meter onder het slootpeil.

In het noordelijke deel zijn er twee Top10-watgangen herstelt om voor de afwatering richting Voorste diep te zorgen (Figuur 6-15 en Figuur 6-16).

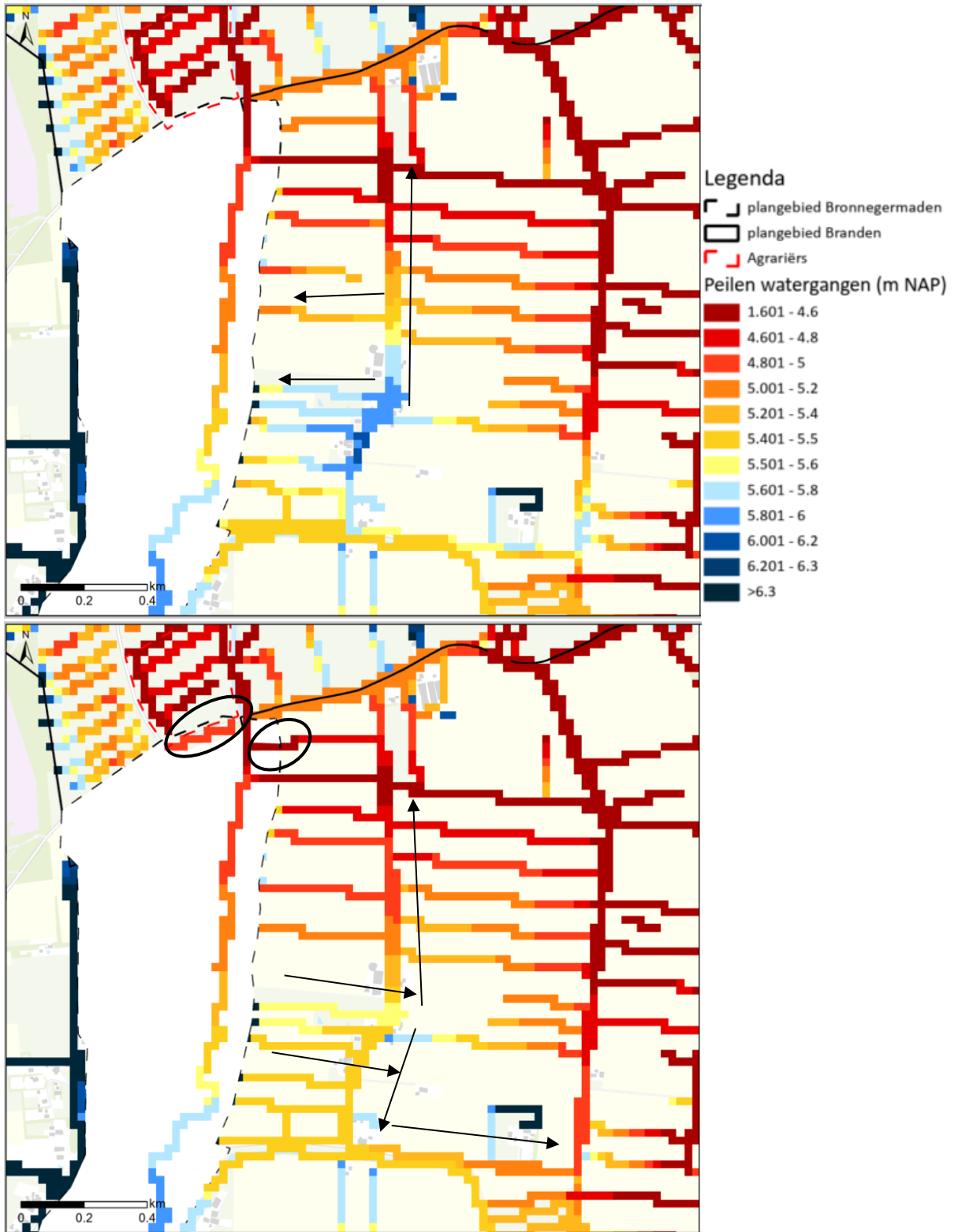
Op de plangrens tussen de Branden en Bronnegermaden is de sloot net ten zuiden van het perceel in de Branden dat nog geschikt moet blijven voor agrarisch gebruik aangepast. Hier is het peil met 20 centimeter verlaagd om de effecten van de inrichting van Bronnegermaden op dit perceel te verminderen.

In praktijk zijn de Top10-watgangen in dit gebied in de zomer niet of nauwelijks watervoerend. In dit geval vormt de slootbodem de drainagebasis. Als de grondwaterstand onder de slootbodem zakt is er geen infiltratie meer mogelijk vanuit de sloot. Dit is niet het geval in het model, waar de Top10-watgangen zowel in de winter als in de zomer watervoerend zijn.

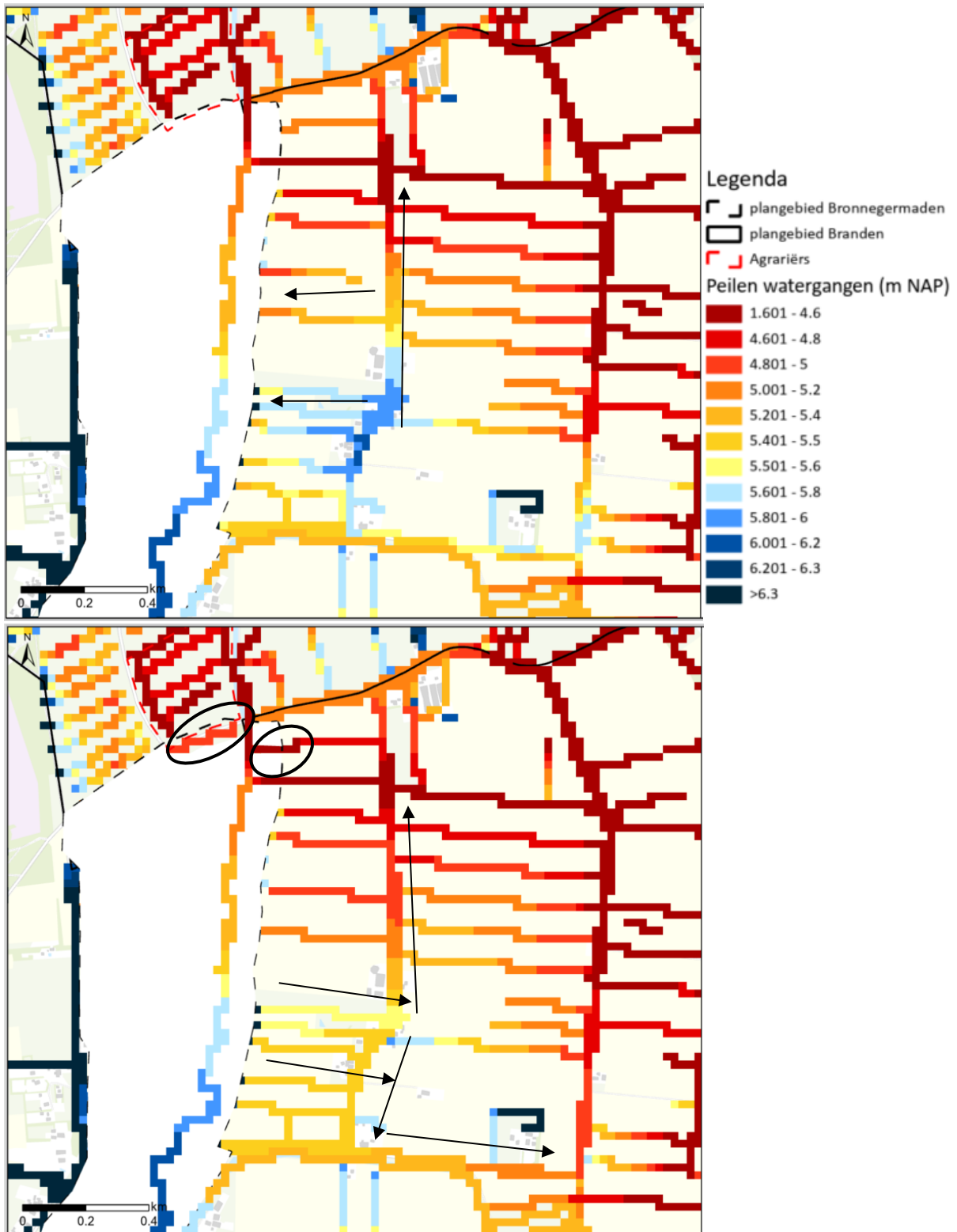
Figuur 6-14 toont het verschil tussen de waterstanden van de inrichtingssituatie met mitigerende maatregelen en de installatie zonder mitigerende maatregelen voor de zomer- en de wintersituatie. De geel tot rode gebieden geven aan dat de grondwaterstand in de inrichtingssituatie met mitigerende maatregelen lager is dan in de inrichtingssituatie zonder maatregelen. In de blauwe gebieden is het andersom, hier is de waterstand in de situatie met mitigerende maatregelen hoger dan zonder maatregelen. Hier wordt het gebied waarin aanpassingen aan de tertiaire waterlopen plaatsvinden beter zichtbaar.



Figuur 6-14: Peilverschillen inrichting met mitigerende maatregelen t.o.v. inrichting zonder mitigerende maatregelen, boven: zomersituatie, beneden: wintersituatie, zwarte lijn toont de SOBEK-watergangen)



Figuur 6-15: Peilen tertiaire watergangen boven: inrichtingssituatie, beneden: inrichtingssituatie met mitigerende maatregelen - zomersituatie

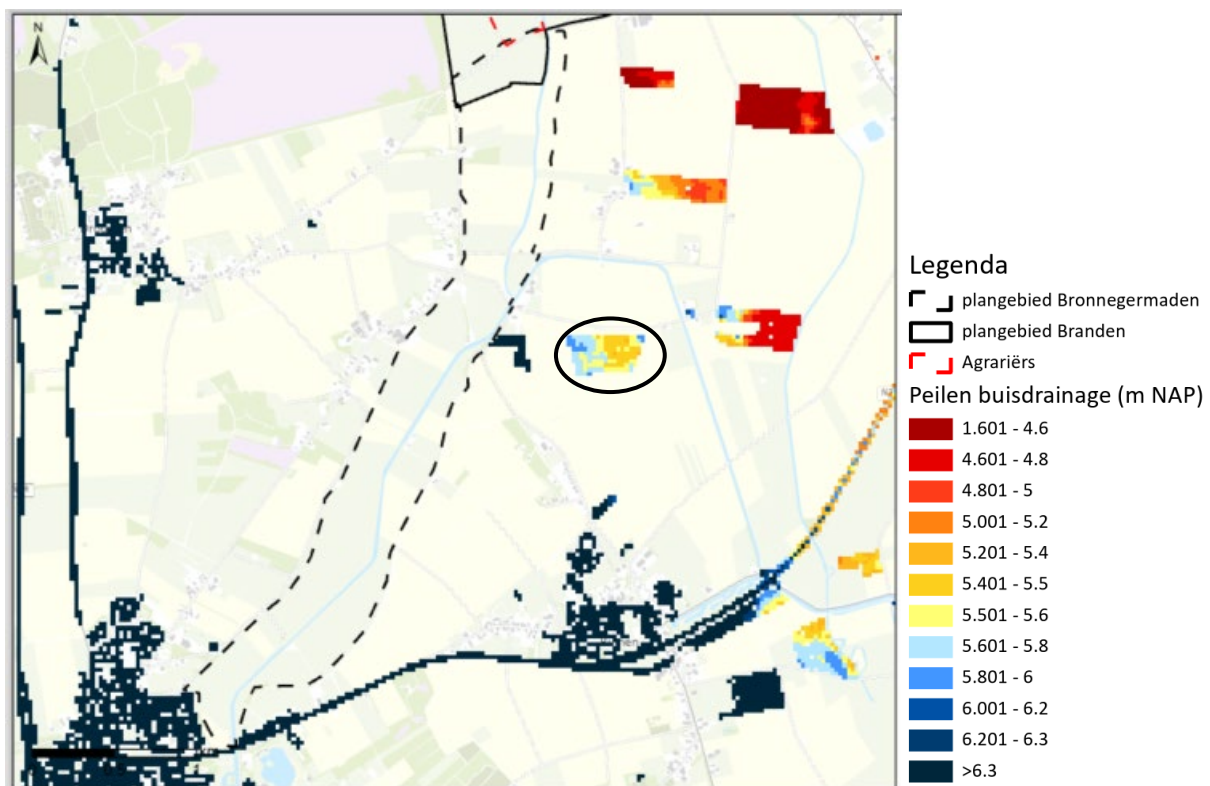


Figuur 6-16: Peilen tertiaire watergangen boven: inrichtingssituatie, beneden: inrichtingssituatie met mitigerende maatregelen – wintersituatie

Implementatie buisdrainage

Ten zuiden van kanaal Buinen-Schoonoord neemt de GHG door de inrichting van Bronnegermaden toe. Lokaal is in de huidige situatie al sprake van hoge grondwaterstanden, een verhoging hiervan kan dus een negatieve impact hebben. Om deze effecten plaatselijk binnen de perken te houden, is besloten om buisdrainage toe te passen. In de referentiesituatie is al op verscheidende plekken buisdrainage aanwezig, maar in het gebied ten zuiden van het kanaal Buinen-Schoonoord is er nog geen buisdrainage aanwezig (gemarkeerd cirkel). Als mitigerende maatregel wordt hier dan ook het toepassen van buisdrainage gehanteerd.

De doorlatendheid van de buisdrainage is vastgesteld op 15 m/d op basis van de omringende buisdrainage. Het peil van de buisdrainage is zo ingesteld dat het grondwater kan worden opgevangen en hoger ligt dan het waterpeil van de omliggende tertiaire waterlopen.



Figuur 6-17: Peil buisdrainage buiten het plangebied met nieuwe buisdrainage

6.4 Grondwatersituatie in de inrichtingssituatie met mitigerende maatregelen

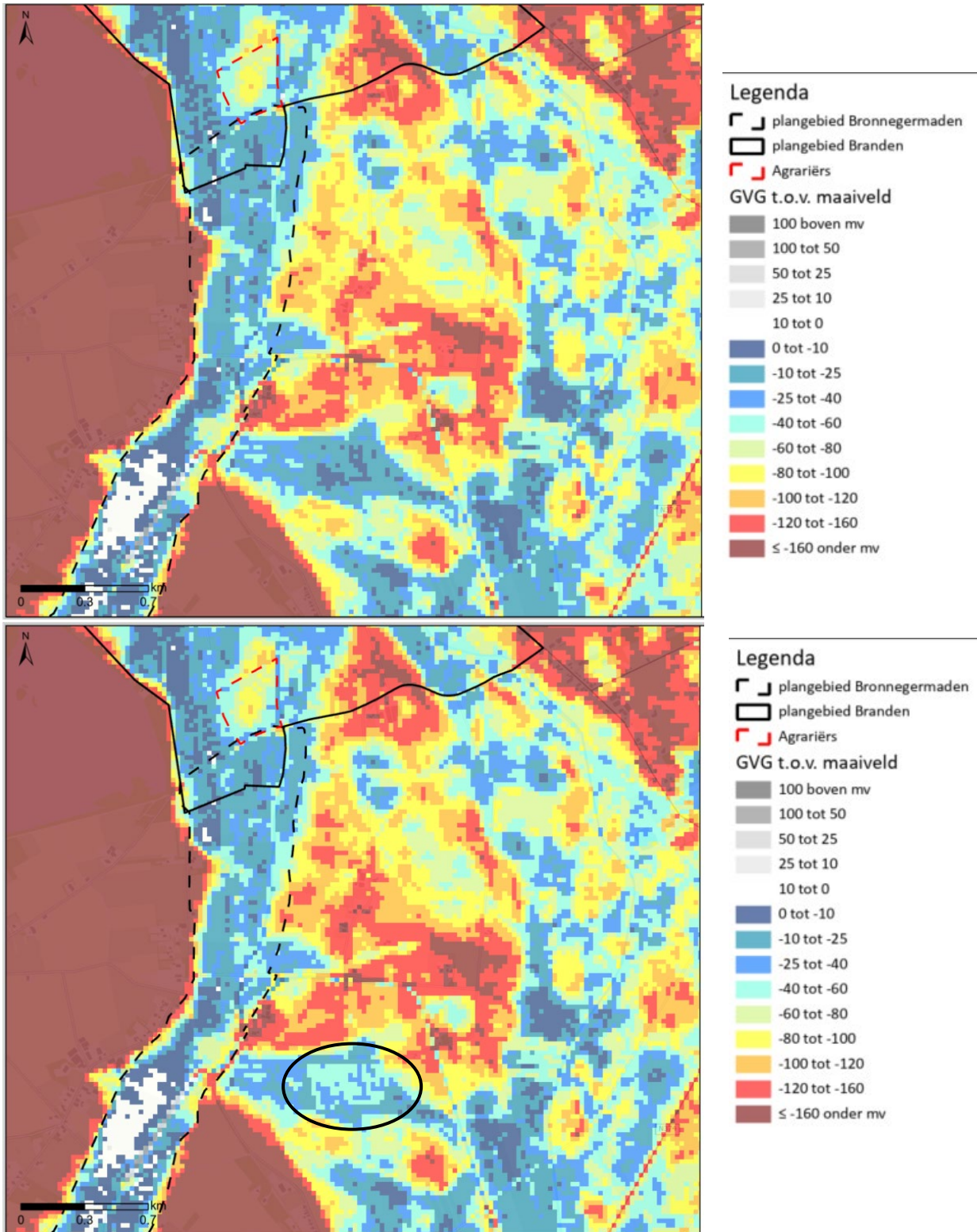
In de inrichtingssituatiesituatie met mitigerende maatregelen zijn de boven genoemde maatregelen toegepast. In deze paragraaf worden de resultaten van de berekening met deze mitigerende maatregelen besproken.

Grondwaterstanden

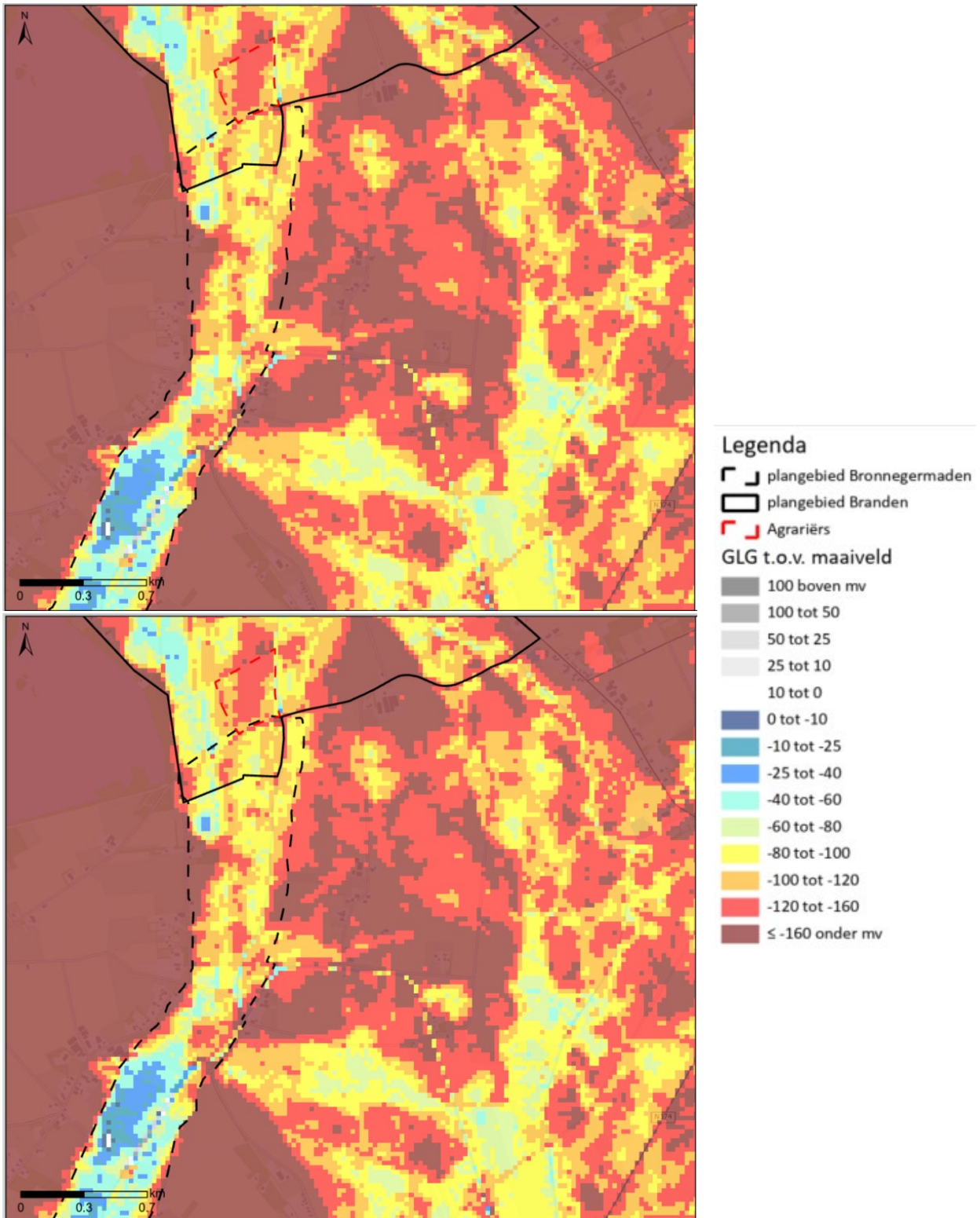
Figuur 6-18 tot en met Figuur 6-20 tonen de gemiddelde grondwaterstanden voor de voorjaars-, de zomer- en de wintersituatie waar de mitigerende maatregelen zijn toegepast voor de inrichtingssituatie zonder en met de mitigerende maatregelen.

De mitigerende maatregelen hebben geen invloed in de zomersituatie. De grondwaterstand in dit gebied ligt in de zomersituatie echter al aanzienlijk onder het maaiveld, daarom werd hier ook weinig effect verwacht in de zomer.

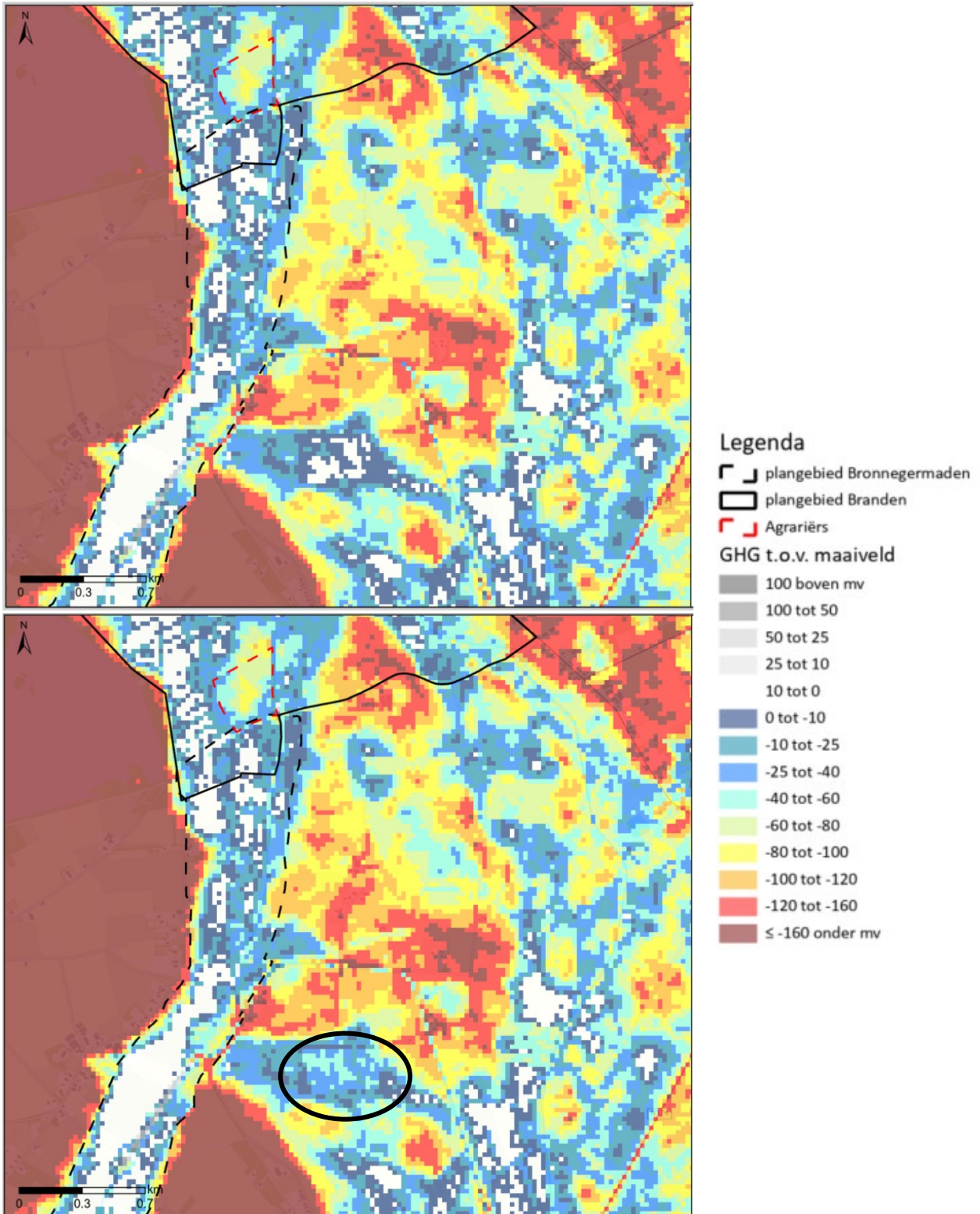
In de voorjaars- en wintersituatie hebben de mitigerende maatregelen wel effect. Het is duidelijk dat vooral de implementatie van de buisdrainage een zeer lokaal effect heeft op de grondwaterstand (aangegeven met een cirkel op Figuur 6-18 tot en met Figuur 6-20). Hier bereikt de grondwaterstand niet meer het maaiveld, zoals in de inrichtingssituatie het geval was. Ook is te zien dat in gebieden met een laag grondwaterpeil, deze nog verder daalt. De effecten van de aanpassingen van de tertiaire watergangen ten oosten van het plangebied Bronnegermaden zijn op deze figuren niet goed te zien doordat de daling van de grondwaterstand gering is. In paragraaf 6.4.1 zijn verschilkaarten weergegeven waarop het effect beter te beoordelen is.



Figuur 6-18: GVG ten opzichte van maaiveld in de inrichting (boven) en in de inrichting met mitigerende maatregelen (beneden).



Figuur 6-19: GLG ten opzichte van maaiveld in de inrichting (boven) en in de inrichting met mitigerende maatregelen (beneden).



Figuur 6-20: GHG ten opzichte van maaiveld in de inrichting (boven) en in de inrichting met mitigerende maatregelen (beneden).

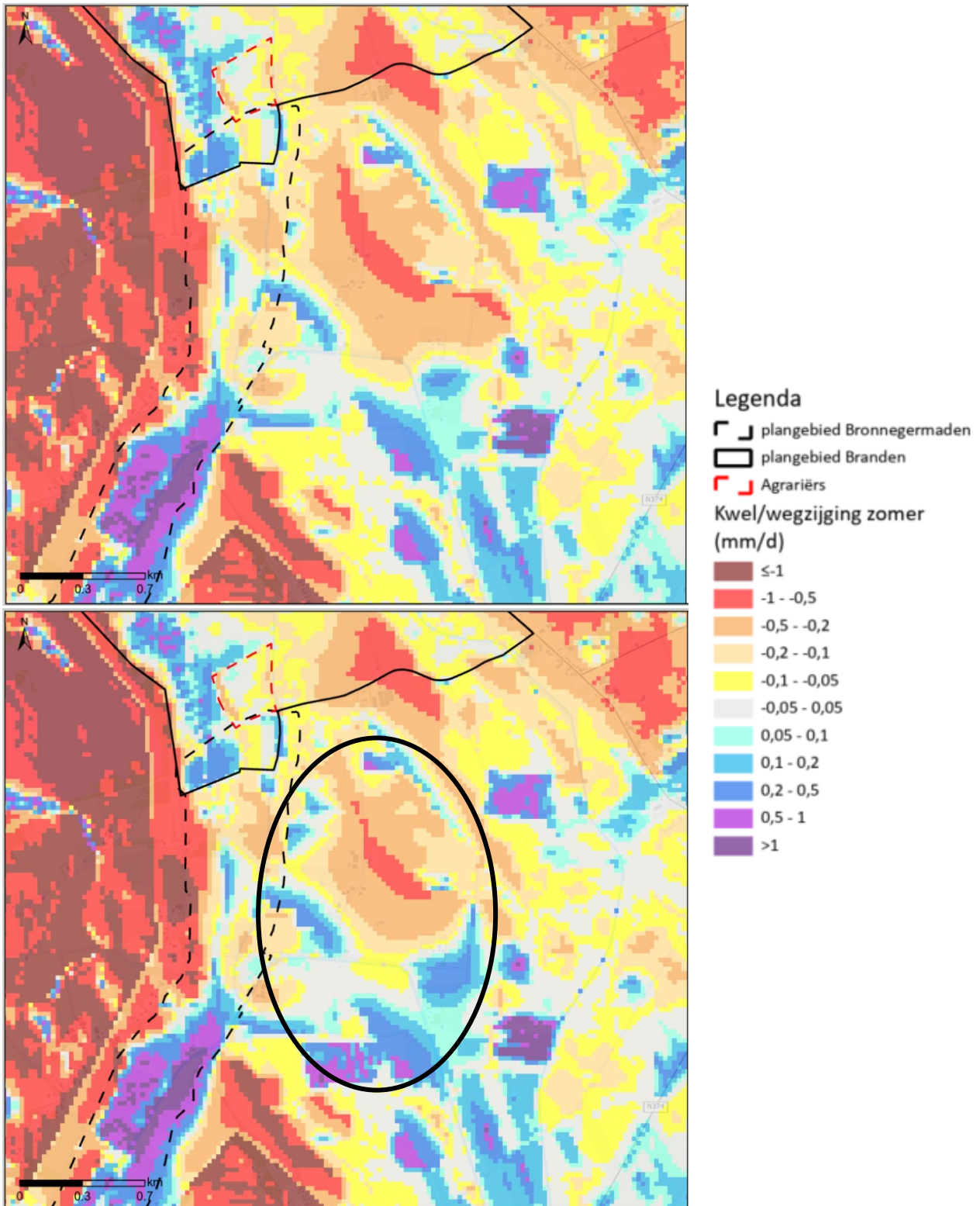
Kwel en wegzijging

Figuur 6-21 en Figuur 6-22 tonen de kwel en/of wegzijging voor de zomer en de wintersituatie in de inrichtingssituatie en de inrichtingssituatie met mitigerende maatregelen. Gebieden met negatieve waarden geven aan dat hier voornamelijk wegzijging plaatsvindt en positieve waarden geven aan dat hier voornamelijk kwel plaatsvindt.

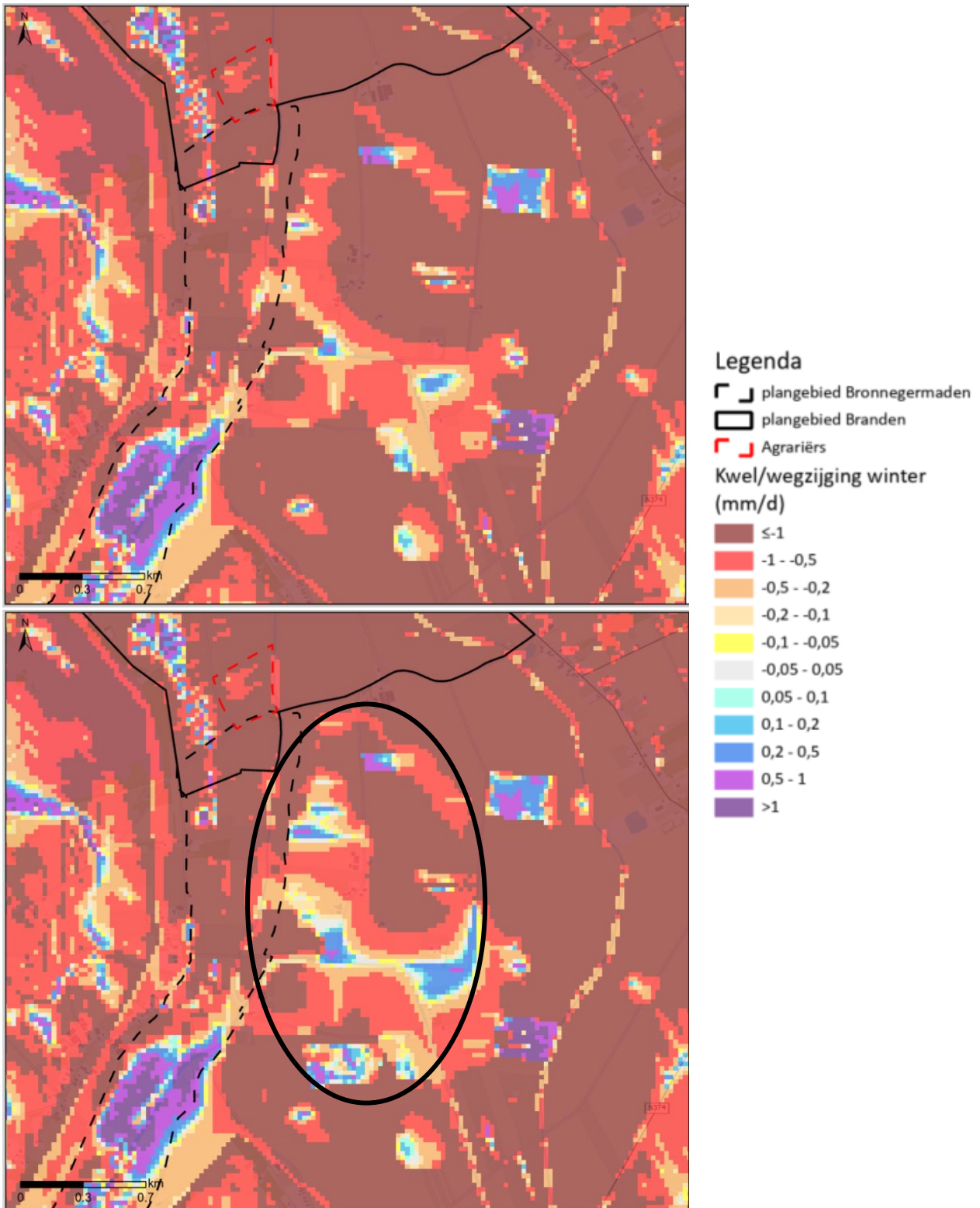
Ten opzichte van de inrichtingssituatie neemt de kwel in het gebied waar de mitigerende maatregelen zijn toegepast toe (zie cirkel in Figuur 6-21 en Figuur 6-22).

Ook hier is te zien dat er in de zomersituatie het effect van kwel groter is dan in de wintersituatie. Dit effect blijft voornamelijk beperkt tot het gebied buiten het plangebied.

De aanpassing van de waterpeil en de bodemhoogte van de Top10-watgangen heeft invloed op de kwel en wegzijging. Door de aanpassingen neemt op sommige plekken de drooglegging toe en de freatische grondwaterstand ligt hoger dan het peil van de watergang waardoor er meer kwel optreedt.



Figuur 6-21: kwel en wegzijing – zomer ten opzichte van maaiveld in de inrichting (boven) en in de inrichting met mitigerende maatregelen (beneden).



Figuur 6-22: kwel en wegzijing - winter ten opzichte van maaiveld in de inrichting (boven) en in de inrichting met mitigerende maatregelen (beneden).

6.4.1 Verschil effecten GxG

In deze paragraaf worden de veranderingen van de grondwaterstanden als gevolg van de aanpassing en uitvoering van de mitigerende maatregelen gepresenteerd.

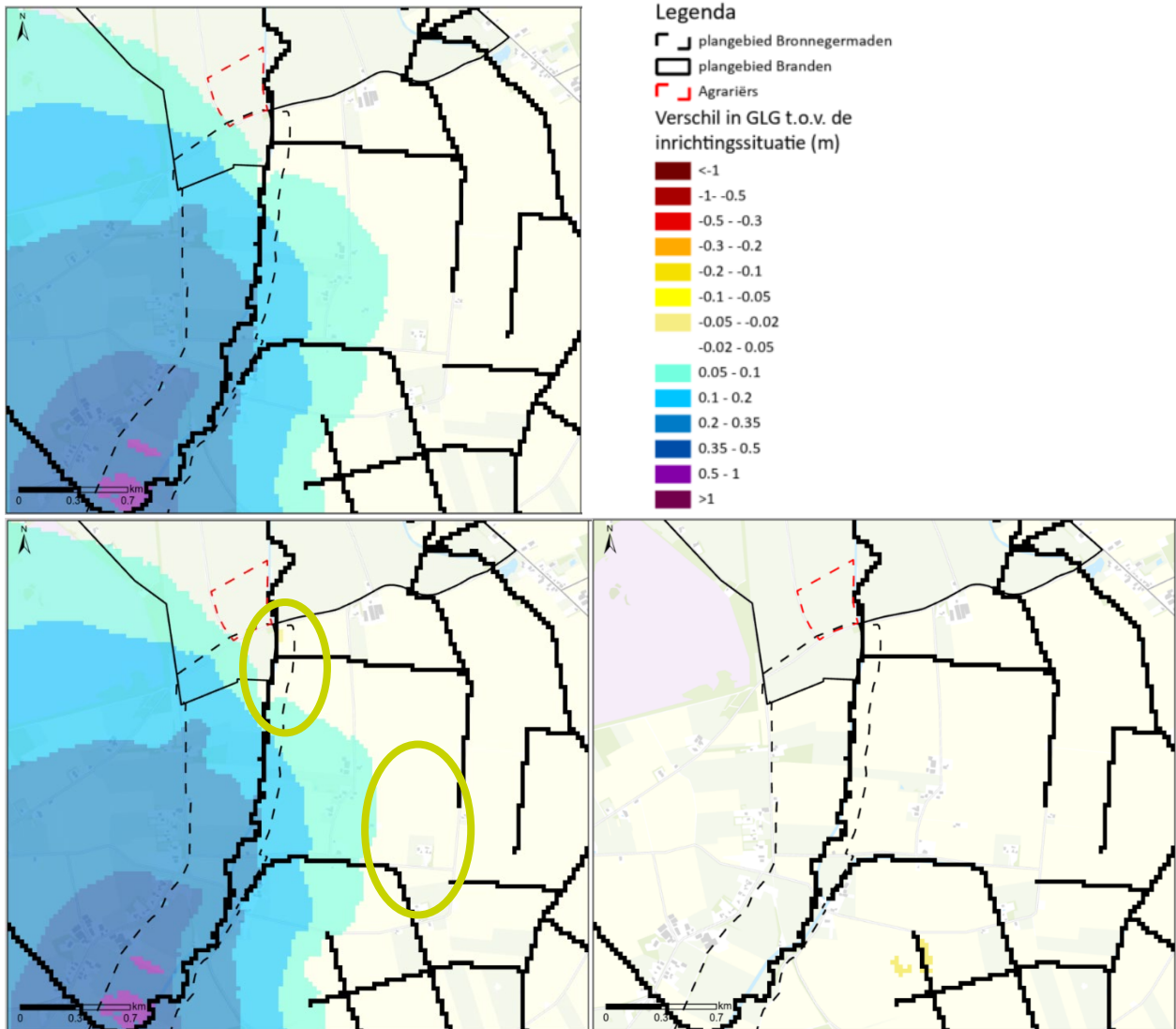
Verschil in grondwaterstand

Figuur 6-23 en Figuur 6-24 tonen de effecten van:

- Inrichtingssituatie ten opzichte van de referentiesituatie (linksboven),
- Inrichtingssituatie met mitigerende maatregelen ten opzichte van de referentiesituatie (linksonder),
- Inrichting met en t.o.v. inrichting zonder mitigerende maatregelen (rechtsonder) voor de zomer- (GLG) en de wintersituatie (GHG).

De vergelijking van verschilkaarten van inrichting t.o.v. referentiesituatie en inrichting met mitigerende maatregelen tonen een lichte vermindering van de uitstralingseffecten in de zomersituatie. Deze vermindering wordt met name duidelijk oostelijk van de Dorpsstraat, buiten het plangebied. Door de aanpassing van de peilen en de waterafvoer in dit gebied stralen de effecten van de grondwaterstandsverhoging van 5 tot 10 cm minder ver naar het oosten uit (zie cirkel in Figuur 6-23 (linksonder)). Ook noordelijk, binnen het plangebied is er een heel lichte vermindering van de uitstralingseffecten op de GLG te zien.

De verschilkaart van de inrichting met mitigerende maatregelen t.o.v. de inrichting zonder mitigerende maatregelen toont alleen verschillen in het gebied waar de buisdrainage is toegepast is. Hier is er een lichte afname van de grondwaterstand van ca. 2 tot 5 cm zichtbaar.

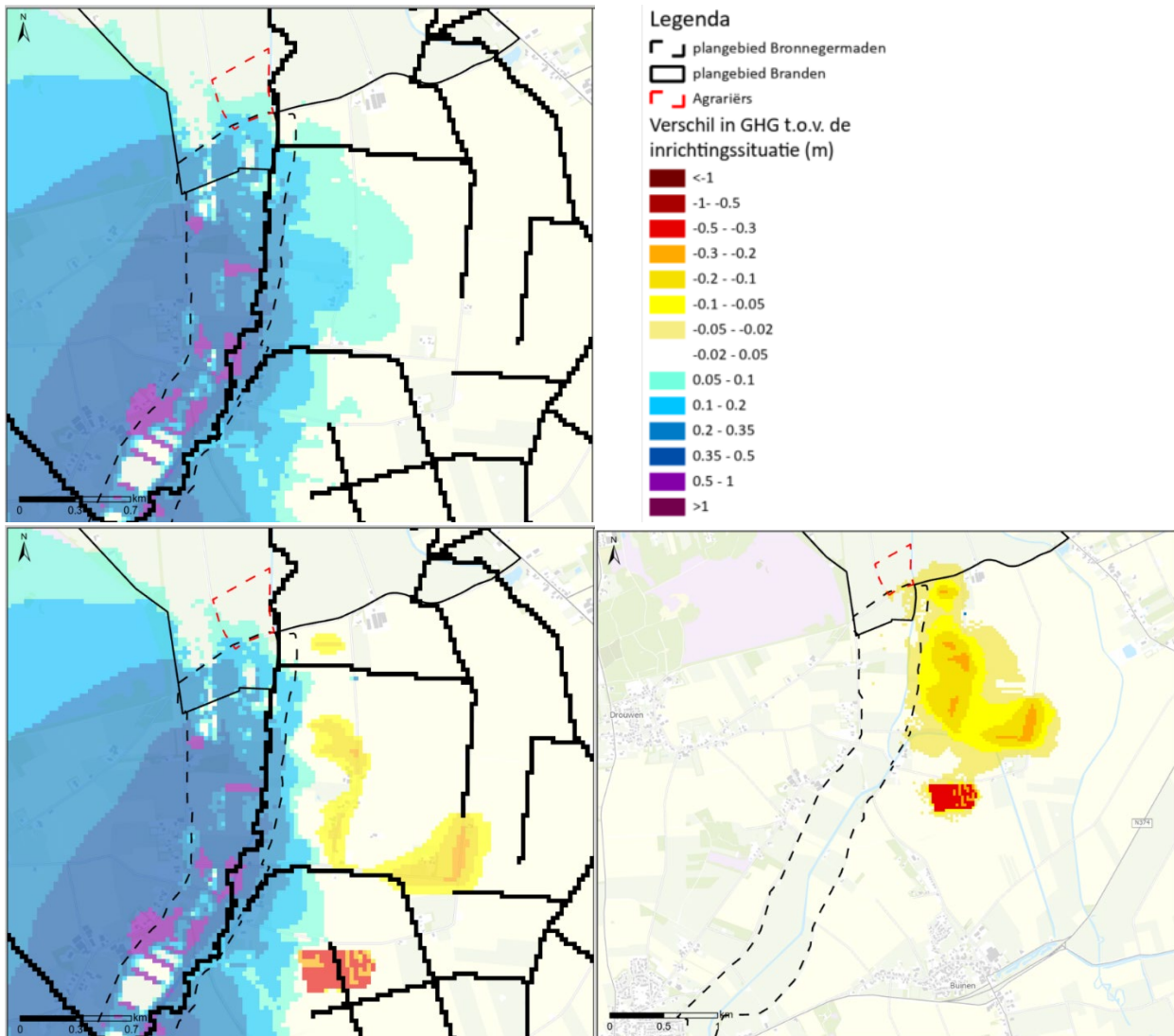


Figuur 6-23: Effecten op het GLG (linksboven inrichting zonder mitigerende maatregelen t.o.v. referentiesituatie, linksonder: inrichting met mitigerende maatregelen t.o.v. referentiesituatie, rechtsonder: inrichting met mitigerende maatregelen t.o.v. inrichting zonder mitigerende maatregelen)

De grootste verschillen van de effecten op de grondwaterstanden zijn vast te stellen in de wintersituatie. De vergelijking van verschilkaarten van inrichting met mitigerende maatregelen t.o.v. referentiesituatie tonen een sterke vermindering van de uitstralingseffecten in de omgeving van de Dorpsstraat. Het effect van de buisdrainage het duidelijkst te zien in de wintersituatie, met een grondwaterstandsverlaging van maximaal 50 cm. De effecten van de het implementeren van de buisdrainage zijn echter heel lokaal, waardoor de effecten in de nabije omgeving van de buisdrainage worden verminderd. Door de aanpassing van het watersysteem neemt de grondwaterstand met ongeveer 5 tot maximaal 30 cm af.

Te zien is dat door de mitigerende maatregelen de effecten op de plangebiedsgrens richting het beekdal niet helemaal kunnen worden gemitigeerd. Het is zeer waarschijnlijk dat de grondwaterstandsverhogingen in dit gebied worden veroorzaakt door de inrichtingsmaatregelen in de hoofdwatgang. Ten opzichte van de referentiesituatie wordt hier het peil in dit gebied verhoogd met ca. 50 tot 60 cm (zie Tabel 5-1 overzicht belangrijkste resultaten oppervlaktewatermodellering kolom C).

Om de effecten op de grondwaterstand te verminderen zou het waterpeil in de hoofdwatgang verlaagd kunnen worden of zou de bodem ten het oosten van het plangebied door het aanbrengen van bodemmateriaal kunnen worden verhoogd.



Figuur 6-24: Effecten op het GHG (linksboven: inrichting zonder mitigerende maatregelen t.o.v. referentiesituatie, linksonder: inrichting met mitigerende maatregelen t.o.v. referentiesituatie, rechtsonder: inrichting met mitigerende maatregelen t.o.v. inrichting zonder mitigerende maatregelen)

In Figuur 6-25 zijn de berekende grondwaterstanden (gemiddelde over het hele perceel) voor het zuidelijke perceel waarop nog agrarisch gebruik mogelijk moet blijven. Hierop is te zien dat de GHG met 1 cm afneemt door de mitigerende maatregelen, maar dat deze nog altijd met 4 centimeter stijgt ten opzichte van de referentiesituatie.



Figuur 6-25 zuidelijk perceel de Branden waar nog agrarisch gebruik mogelijk moet blijven. In rood de grondwaterstanden met de mitigerende maatregelen.

7 Conclusies en aanbevelingen

Uit de gepresenteerde resultaten van de hydrologische modellering voor de inrichting van Bronnegermaden blijkt dat met de voorgestelde inrichting de peilen in de beek fors worden verhoogd en er wordt voldaan aan de stroomsnelheidsdoelen voor de zomersituatie. Voor de wintersituatie wordt net niet voldaan aan de gestelde doelen voor stroomsnelheid, deze blijft wat aan de lage kant, maar is er wel een goede diversiteit aan stroomsnelheden binnen het beektraject.

Met de inrichting treden er in de beek zelf geen peilverhogingen (of verlagingen) op buiten het plangebied. Hiervoor moet in het inrichtingsplan wel worden vastgelegd dat er enkele zones ten zuiden van stuw 15690 moeten worden afgeplagd (en verbonden met de beek) zodat in tijden met hoge afvoer hier water kan worden geborgen. Ook moet het fietspad ten noorden van de dorpsstraat verhoogd worden aangelegd zodat in tijde van hoge afvoer er geen water oppervlakkig buiten het plangebied stroomt.

Met de inrichtingsmaatregelen worden de grondwaterstanden in het plangebied fors hoger, doordat de waterstand in het Voorste Diep fors zijn verhoogd en doordat er veel watergangen zijn gedempt binnen het plangebied. Hiermee wordt de ontwikkeling van natte natuur mogelijk gemaakt. Ook de kwel neemt fors toe door de inrichtingsmaatregelen, waardoor ook zones met kwelafhankelijke vegetaties ontstaan.

Naast een verhoging van de grondwaterstand binnen het plangebied zijn er ook uitstralingseffecten buiten het plangebied. Ten westen van het plangebied zijn deze uitstralingseffecten naar verwachting niet problematisch, omdat in de huidige situatie de grondwaterstand hier diep ligt (De flank van de Hondsrug). Voor enkele delen, voornamelijk ten oosten van het noordelijk deel van het plangebied, kunnen de uitstralingseffecten wel negatief zijn. Hier is namelijk de grondwaterstand huidig al ondiep en zal deze door de inrichting nog ondieper komen te liggen.

Om deze effecten tegen te gaan zijn enkele mitigerende maatregelen (verdiepen lokale afwatering, veranderen afwateringsrichting en lokaal toepassen van drainage) voorgesteld en doorgerekend. Deze mitigerende maatregelen hebben deels het gewenste effect (de uitstralingseffecten worden minder, maar zijn nog niet geheel gemitigeerd). Te zien is, dat door de mitigerende maatregelen de uitstralingseffecten in het noorden en oosten van het plangebied echter niet volledig worden beheerst.

In een volgende fase moet gezamenlijk met de eigenaren van de gronden waar uitstralingseffecten zichtbaar zijn worden gekeken naar eventueel te treffen mitigerende maatregelen. Opties kunnen zijn om de bodem in het gebied waar de grondwaterstandseffecten optreden te verhogen of de lokale afwatering te verbeteren. Mocht dit niet mogelijk blijken dan zou het waterpeil in de Voorste diep verlaagd kunnen worden in de inrichtingssituatie, door bijvoorbeeld een drempel op de plangrens bij met de Branden niet aan te leggen of lager aan te leggen. De mate waarin mitigerende maatregelen of eventueel aanpassingen aan het ontwerp doorgevoerd moeten worden hangt ook sterk samen met de mate waarin de gronden binnen het plangebied verkregen kunnen worden, dit bepaald namelijk in hoeverre de voorziene inrichting uitgevoerd kan worden.