

RAPPORT

Hydrologisch onderzoek Turfkoelen en Flinke Ven

Fase 2: Doorrekenen, analyseren en beoordelen
varianten

Klant: Provincie Limburg

Referentie: BH3329-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: S0/P01.01

Datum: 10 november 2022

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Larixplein 1
5616 VB Eindhoven
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 42 50 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Hydrologisch onderzoek Turfkoelen en Flinke Ven

Sub titel: Fase 2: Doorrekenen, analyseren en beoordelen varianten
Referentie: BH3329-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001
Status: P01.01/S0
Datum: 10 november 2022
Projectnaam: BH3329
Projectnummer: BH3329
Auteur(s): Anouk Horn, Hank Vermulst

Opgesteld door: Anouk Horn, Hank Vermulst

Gecontroleerd door: Wouter Swierstra

Datum: 10 november 2022

Goedgekeurd door: Paul Aalders

Datum: 10 november 2022

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd 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	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Probleem- en doelstelling	3
1.3	Leeswijzer	4
2	Modelaanpak en effectbepaling	5
2.1	Algemeen	5
2.2	Grondwatermodellering	5
2.3	Effectbepaling natuur en landbouw	5
2.3.1	Toetsing aan natuurdoelen	5
2.3.2	Bepaling risico natschade landbouw	6
3	Resultaten doorgerekende varianten	8
3.1	Doorgerekende varianten	8
3.2	Analyse huidige situatie	8
3.3	Analyse maatregelen Natura2000-beheerplan	11
3.4	Doorrekening en analyse verkennende varianten	17
3.4.1	Algemeen	17
3.4.2	Variant 1: Berekening stopzetten in huidige situatie	17
3.4.3	Variant 2: Natura2000-maatregelen met berekening deel Flinke Ven	21
3.4.4	Variant 3: Natura2000-maatregelen met subirrigatie i.p.v. berekening in deel Flinke Ven	24
3.4.5	Variant 4: Natura2000-maatregelen met extra waterconservering in beperkt deel Herkenboscherbroek	27
3.4.6	Variant 5: Natura2000-maatregelen met extra waterconservering in ruimer deel Herkenboscherbroek	31
3.4.7	Variant 6: Natura2000-maatregelen met extra waterconservering in ruimer deel Herkenboscherbroek. Subirrigatie Flinke Ven met wateraanvoer van elders	35
3.5	Voorkeursvariant	39
3.5.1	Onderbouwing keuze voorkeursvariant	39
3.5.2	Aanpassing referentiesituatie	41
3.5.3	Maatregelen voorkeursvariant	42
3.5.4	Effecten voorkeursvariant	42
4	Conclusies en aanbevelingen	47
4.1	Conclusies	47
4.2	Aanbevelingen	47
5	Referenties	48

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Flinke Ven ligt in de gemeente Roerdalen ten noorden van de Keulsebaan en bestaat nu uit intensief gebruikte landbouwpercelen. Het ligt tussen twee Natura2000-gebieden in, te weten Roerdal in het zuiden en de Meinweg in het noorden. Aan de oostkant wordt de grens gevormd door de bossen van de Meinweg aan de westkant ligt het Roerdal met de Turfkoelen. De Turfkoelen maakt deel uit van het Natura2000-gebied Roerdal en is daarbij ook door de Provincie aangewezen als TOP-gebied, tegenwoordig aangeduid als Natte Natuurparel. Rondom de Natte Natuurparels zijn hydrologische bufferzones begrensd, waar aanvullende regels van toepassing zijn, bijvoorbeeld ten aanzien van beregening.

In het deelgebied Flinke Ven, gelegen in de hydrologische bufferzone van het Natura2000-gebied Roerdal, is het huidig gebruik in de vorm van onttrekkingen ten behoeve van haspelberegening, niet meer vrijgesteld van een Passende Beoordeling in het kader van Natura2000. De reden hiervoor is dat de effecten van beregening op de staat van instandhouding van de habitattypen binnen de Turfkoelen voorsnog onvoldoende zijn te kwantificeren en dat significant negatieve effecten op voorhand niet zijn uit te sluiten. Inmiddels heeft de LLTB tijdens een bestuurlijk overleg aan de Provincie Limburg en Waterschap Limburg gevraagd om in het Flinke Ven subirrigatie toe te passen als alternatief voor haspelberegening. Omdat ook de effecten van eventuele subirrigatie voorsnog onvoldoende bekend zijn en er daardoor geen besluit over kan worden genomen, vraagt de Provincie Limburg een nader onderzoek uit.

1.2 Probleem- en doelstelling

In het verleden zijn verschillende grondwatermodellen ontwikkeld voor het gebied van de Turfkoelen en het Flinke Ven. Te noemen zijn onder meer IBRAHYM versies 1.0, 2.0 en 2.1. In 2014 is op basis van IBRAHYM 2.0 een detailmodel ontwikkeld ten behoeve van het uitvoeringsproject “Vernattingsproject Schuttecampsgraaf / Turfkoelen” (Grontmij, 2014). Dit detailmodel is verder verbeterd en gekalibreerd in het kader van de studie “Effectbepaling Vernattingsmaatregelen Herkenbosscherbroek” (Sweco, 2018). In 2019 is het “Hydrologisch onderzoek Flinke Ven en Turfkoelen” (Arcadis, 2019) uitgevoerd. Voor dit onderzoek is het IBRAHYM 2.1 model verfijnd, verbeterd met lokale informatie en opnieuw gekalibreerd.

Geen van deze grondwatermodellen blijkt voldoende nauwkeurig te zijn voor de onderbouwing van een Passende Beoordeling voor het Natura2000-gebied de Turfkoelen voor wat betreft de effecten van haspelberegening en eventuele subirrigatie in het deelgebied Flinke Ven.

Om deze reden bestaat het gevraagde nadere onderzoek uit twee fasen:

1. Opstellen hydrologisch model.
Opzetten en kalibreren van een hydrologisch model waarmee de effecten van haspelberegening en subirrigatie op het Natura 2000-gebied Turfkoelen kunnen worden gekwantificeerd met de nauwkeurigheid die noodzakelijk is voor de onderbouwing van een Passende Beoordeling in het kader van Natura 2000.
2. Doorrekenen, analyseren en beoordelen varianten.
Met het in fase 1 ontwikkelde hydrologische model zijn de effecten van verschillende varianten op de habitattypen in de Turfkoelen gekwantificeerd. Op basis van een aantal verkennende varianten is een voorkeursscenario vastgesteld.

Fase 1 is inmiddels afgerond en heeft geresulteerd in een hydrologisch model, dat aan de gestelde eisen voldoet (Royal HaskoningDHV, 2021b). Dit rapport heeft betrekking op fase 2, het doorrekenen, analyseren en beoordelen van varianten.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van dit rapport volgt een samenvattende toelichting op de modelaanpak en de wijze waarop de effecten voor landbouw en natuur zijn berekend. Een uitgebreide toelichting is opgenomen in de rapportage van fase 1 (Royal HaskoningDHV, 2021b).

Hoofdstuk 3 gaat in op de resultaten van de doorgerekende varianten. Op basis van de doorgerekende, geanalyseerde en beoordeelde varianten is een voorkeursvariant vastgesteld en gepresenteerd.

Tot slot volgen in hoofdstuk 4 de conclusies en aanbevelingen.

2 Modelaanpak en effectbepaling

2.1 Algemeen

In paragraaf 2.2 wordt een samenvattende toelichting gegeven op de modelaanpak. Voor een uitgebreide beschrijving van de opzet, kalibratie en validatie van het grondwatermodel voor Turfkoelen en Flinke Ven wordt verwezen naar de rapportage van fase 1 (Royal HaskoningDHV, 2021b).

Paragraaf 2.3 geeft een korte toelichting op de wijze waarop per variant de effecten voor natuur en landbouw zijn berekend.

2.2 Grondwatermodellering

In fase 1 van het hydrologisch onderzoek Turfkoelen is een grondwatermodel opgezet voor de gebieden Turfkoelen en Flinke Ven en de wijdere omgeving (Royal HaskoningDHV, 2021b). Dit grondwatermodel is zodanig opgezet, gekalibreerd en gevalideerd, dat de effecten van ingrepen in het grondwatersysteem (zoals aanpassen van beregening en subirrigatie) op het natuurgebied Turfkoelen kunnen worden gekwantificeerd met de nauwkeurigheid die noodzakelijk is voor de onderbouwing van een Passende Beoordeling in het kader van Natura2000.

Aansluitend op de opzet en ijking van het grondwatermodel is een betrouwbaarheidsanalyse uitgevoerd. Met Monte Carlo Analyse zijn aanvullend op het gekalibreerde hydrologische model twee alternatieve hydrologische modellen afgeleid, die allebei een vergelijkbaar kalibratieresultaat hebben:

- Een model waarmee -naar verwachting- de sterkste verbreiding van effecten wordt berekend (grootste doorlatendheid Peelrandbreuk en/of hoogste doorlatendheid Formatie van Beegden).
- Een model met -naar verwachting- de geringste verbreiding van effecten (geringste doorlatendheid Peelrandbreuk en/of laagste doorlatendheid Formatie van Beegden).

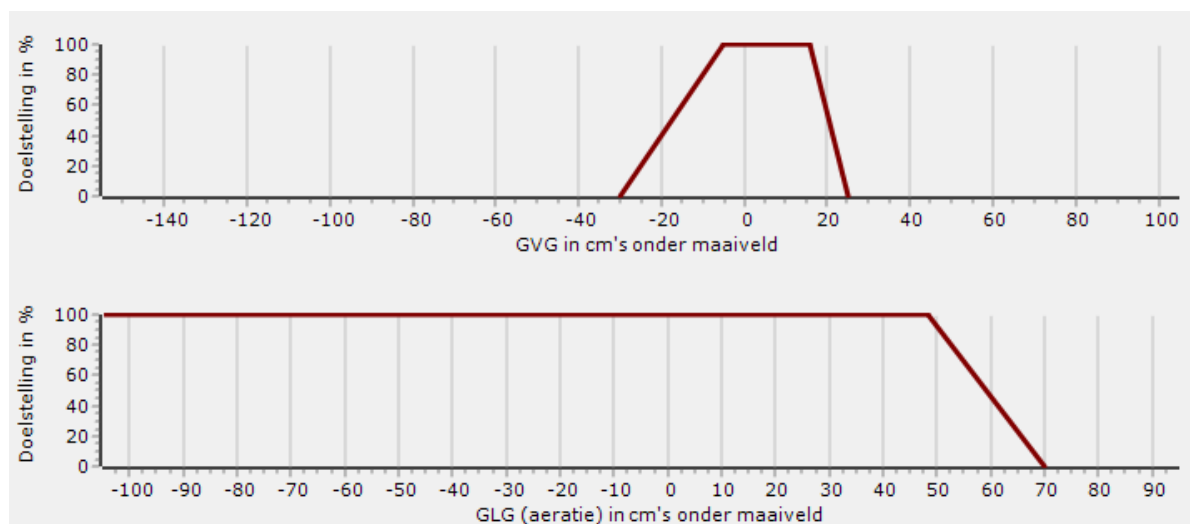
2.3 Effectbepaling natuur en landbouw

2.3.1 Toetsing aan natuurdoelen

Het gebied Turfkoelen maakt deel uit van het Natura2000-gebied Roerdal. Binnen het gebied Turfkoelen zijn instandhoudingsdoelen geformuleerd voor de habitattypes Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen, H91E0C) en Hoogveenbossen (H91D0). Delen van het gebied zijn ook aangewezen als zoekgebied voor Hoogveenbossen (ZGH91D0). In deze zoekgebieden komt momenteel geen hoogveenbos voor, maar het doel is om hier uitbreiding van het bestaande areaal te realiseren. Om deze reden is in de zoekgebieden het berekende grondwaterregime per variant eveneens getoetst aan de hydrologische randvoorwaarden van het habitatype Hoogveenbos.

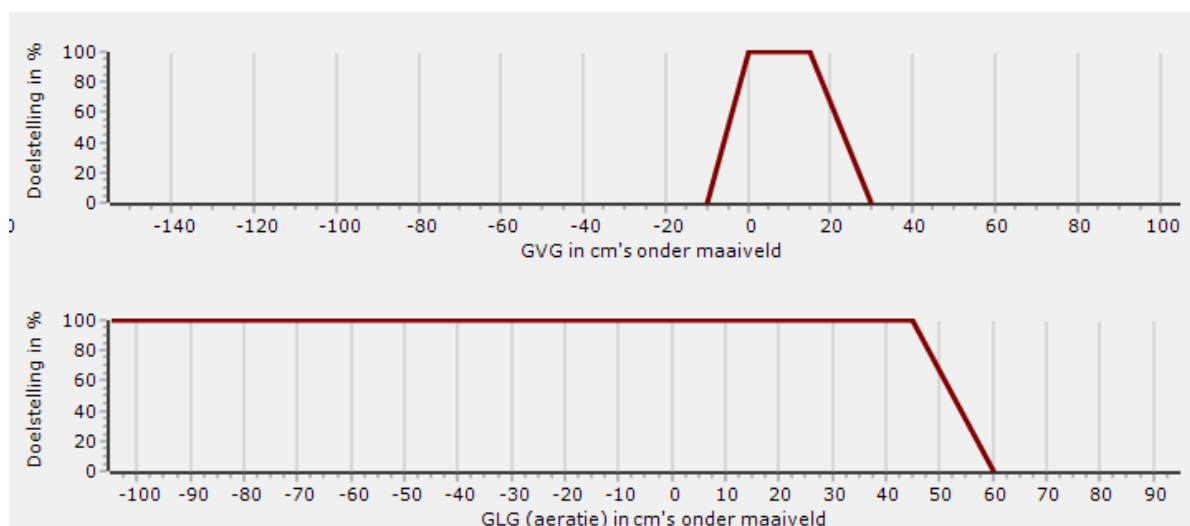
Figuur 2.1 geeft de toetsingswaardes weer voor het habitatype Vochtige alluviale bossen. De bovenste grafiek geeft het verband weer tussen de doelrealisatie en de Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Bij een GVG tussen 5 cm onder maaiveld en 15 cm boven maaiveld kan het habitatype zich optimaal ontwikkelen (doelrealisatie 100%). Bij een GVG tussen 5 en 30 cm onder maaiveld en tussen 15 en 25 cm boven maaiveld is de doelrealisatie suboptimaal (tussen 0 en 100%). Bij een GVG dieper dan 30 cm onder maaiveld en hoger dan 25 cm boven maaiveld kan het habitatype zich niet duurzaam ontwikkelen (doelrealisatie 0%). De onderste grafiek geeft op dezelfde manier de relatie weer tussen het percentage doelrealisatie en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Het habitatype Vochtige alluviale bossen kan bestaan uit verschillende vegetatietypen; zowel drogere bostypen, zoals het Vogelkers-Essenbos als nattere bostypen, zoals Elzenbroekbos. Binnen de Turfkoelen komt van nature

het nattere bostype voor, namelijk het Elzenbroekbos. In deze studie is daarom getoetst aan de hydrologische randvoorwaarden voor Elzenbroekbos (deze zijn weergegeven in Figuur 2.1).



Figuur 2.1: Toetsingscriteria habitattype Vochtige alluviale bossen (Elzenbroekbos)

Figuur 2.2 geeft de gehanteerde toetsingscriteria weer voor het habitattype Hoogveenbossen. De grafieken zijn op dezelfde manier opgebouwd als die voor Vochtige alluviale bossen (Figuur 2.1) en geven de relaties tussen het percentage doelrealisatie weer voor de GVG (boven) en GLG (onder).



Figuur 1.2: Toetsingscriteria habitattype Hoogveenbos

2.3.2 Bepaling risico natschade landbouw

Voor de bepaling van de effecten van de verschillende varianten voor de landbouw in de omgeving van de Turfkoelen is de risicobenadering gevolgd, die eerder is toegepast voor de onderbouwing van de hydrologische herstelmaatregelen voor het Natura2000-gebied Leudal (Royal HaskoningDHV, 2021a). Deze risicobenadering is gevolgd omdat (ten tijde van dit onderzoek) de Waterwijzer Landbouw nog onvoldoende plausibele resultaten gaf.

In deze risicobenadering is op basis van de berekende GHG in de referentiesituatie en de variant

beoordeeld waar mogelijk natschade aan landbouw is te verwachten. Hiervoor is een selectie gemaakt van alle percelen met:

- Landbouwkundig grondgebruik (conform de Basisregistratie Percelen, BRP);
- Een berekende verhoging van de GHG ten opzichte van de referentiesituatie meer dan 5 cm;
- Een GHG na uitvoering van de maatregelen in de variant ondieper dan 50 cm.

Als deze voorwaarden niet van toepassing zijn, is het risico op natschade als verwaarloosbaar te beschouwen.

3 Resultaten doorgerekende varianten

3.1 Doorgerekende varianten

Als eerste stap is de huidige situatie doorgerekend; paragraaf 3.2 gaat hier verder op in. Vervolgens is de situatie na uitvoering van de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan doorgerekend en geanalyseerd. De resultaten voor deze situatie zijn nader toegelicht in paragraaf 3.3.

Na het doorrekenen en analyseren van de huidige situatie en de situatie met maatregelen conform Natura2000-beheerplan zijn de volgende 6 verkennende varianten met maatregelen doorgerekend en geanalyseerd:

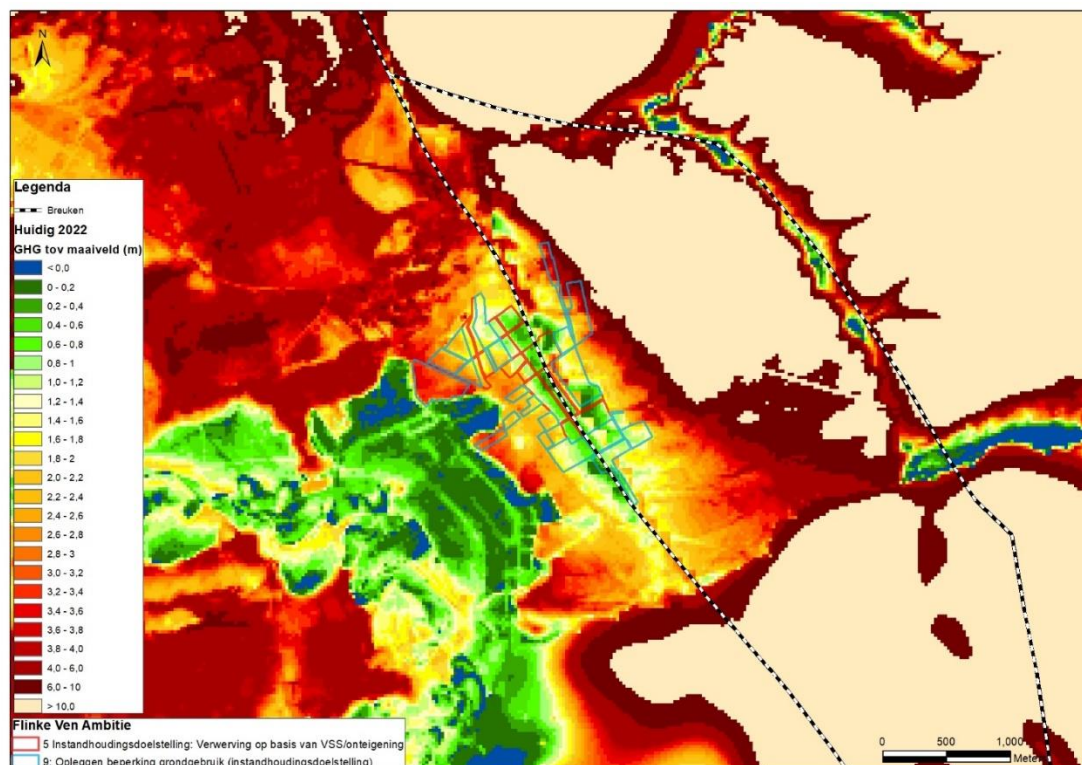
1. Berekening stopzetten in huidige situatie;
2. Maatregelen Natura2000-beheerplan met berekening in deel van het Flinke Ven;
3. Maatregelen Natura2000-beheerplan met subirrigatie in plaats van berekening in deel Flinke Ven;
4. Maatregelen Natura2000-beheerplan met aanvullende waterconserveringsmaatregelen in een beperkt deel van het Herkenbosscherbroek;
5. Maatregelen Natura2000-beheerplan met aanvullende waterconserveringsmaatregelen in een ruimer deel van het Herkenbosscherbroek;
6. Maatregelen Natura2000-beheerplan met aanvullende waterconserveringsmaatregelen in een ruimer deel van het Herkenbosscherbroek. Aanvullend subirrigatie in een deel van het Flinke Ven met extern aangevoerd oppervlaktewater.

De resultaten van deze verkennende varianten zijn nader toegelicht in paragraaf 3.4.

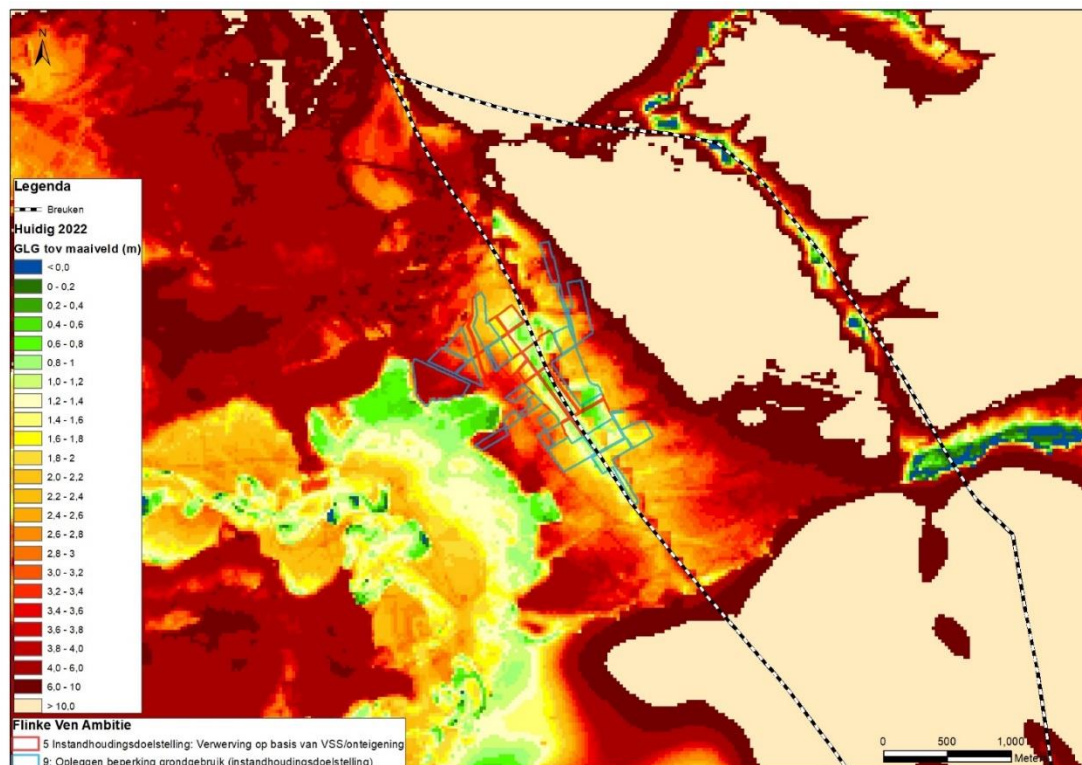
Op basis van de analyse en beoordeling van de 6 verkennende varianten is een voorkeursscenario vastgesteld. De keuze voor dit voorkeursscenario is nader toegelicht in paragraaf 3.5.

3.2 Analyse huidige situatie

Figuren 3.1 en 3.2 geven voor de huidige situatie de berekende GHG en GLG weer, uitgedrukt in meters onder maaiveld. Oostelijk van de Peelrandbreuk liggen de grondwaterstanden veelal dieper dan 10 meter onder maaiveld, met uitzondering van de dalen van de Roode Beek en de Bosbeek en de zones langs de Meinwegstoring en de Peelrandbreuk. In het Flinke Ven, aan weerszijden van de Peelrandbreuk, varieert de GHG veelal tussen 0,2 en 1,2 m onder maaiveld en de GLG tussen 0,4 en 1,6 m onder maaiveld. In en rondom de Turfkoelen liggen de grondwaterstanden nog hoger. In de GHG-situatie zijn de grondwaterstanden in een groot gebied in en rond de Turfkoelen ondieper dan 0,2 m onder maaiveld. In de GLG-situatie zakken de grondwaterstanden sterk uit. De GLG varieert in en rondom de Turfkoelen veelal tussen 0,4 en 1,4 m onder maaiveld.



Figuur 3.1: Berekende GHG huidige situatie (in meters onder maaiveld)



Figuur 3.2: Berekende GLG huidige situatie (in meters onder maaiveld)

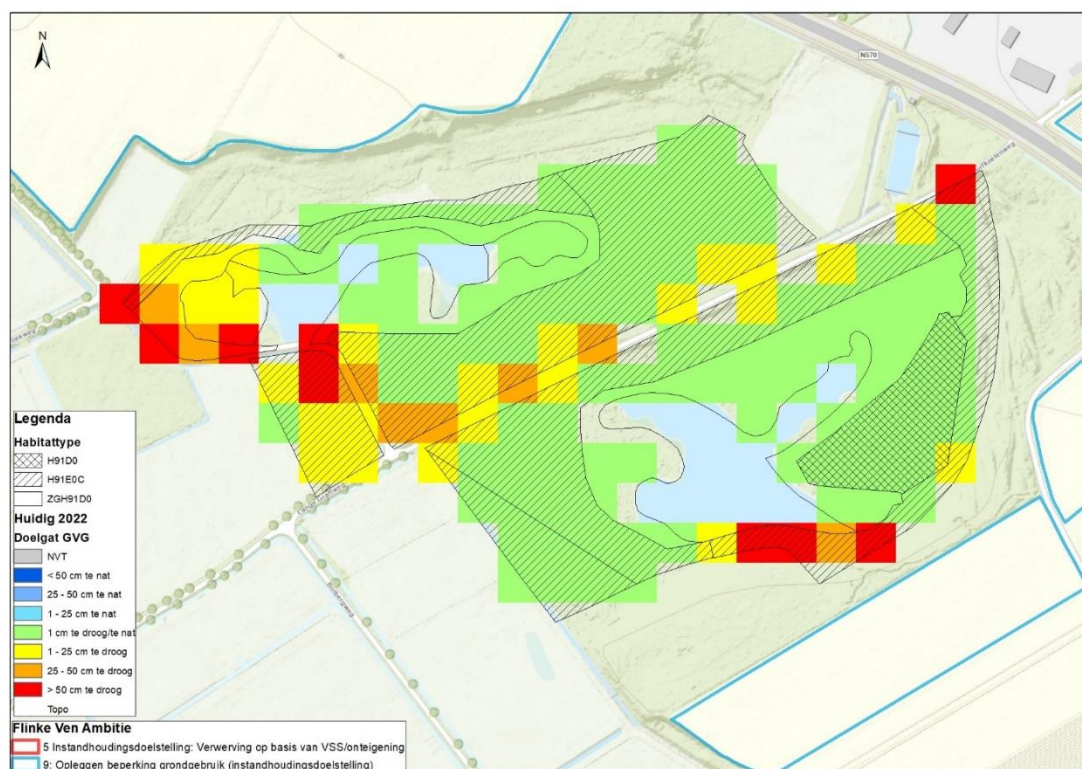
Figuren 3.3 en 3.4 geven voor de huidige situatie het berekende doelgat VVG en doelgat GLG weer. Het doelgat VVG of GLG is gedefinieerd als het verschil (in centimeters) tussen de actuele VVG of GLG en

het optimale bereik van de GVG en GLG voor het betreffende habitatype (het bereik waar in Figuren 2.1 en 2.2 de berekende doelrealisatie 100% is).

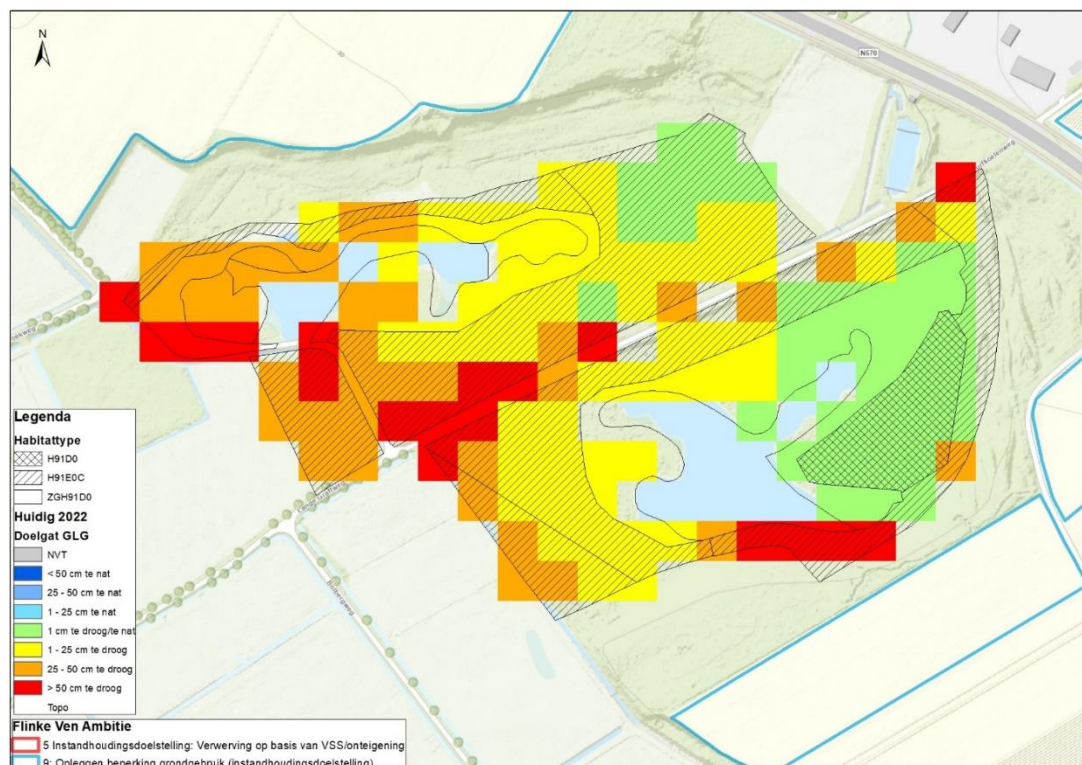
Het bestaande areaal Hoogveenbossen (H91D0) in de Turfkoelen is in beide figuren met een dubbele arcering weergegeven. Voor dit areaal wordt in de huidige situatie vrijwel volledig voldaan aan de eisen ten aanzien van GVG en GLG. Slechts in één rekenpixel van 25x25 m wordt een doelgat berekend, maar dit is voornamelijk het gevolg van schaalverschillen tussen de maaiveldhoogtekaart, het grondwatermodel en de habitatkartering.

Het bestaande areaal Vochtige Alluviale bossen (H91E0C, Elzenbroekbos) is weergegeven met een enkele diagonale arcering. Voor wat betreft de GVG wordt over het grootste deel van dit areaal voldaan aan de eisen van het habitatype. Lokaal ligt de GVG in de huidige situatie duidelijk te laag; dit is met name het geval aan weerszijden van de zandweg die van oost naar west door de Turfkoelen loopt en het meest westelijke en zuidelijke deel van de Turfkoelen. De GLG ligt in de huidige situatie veelal te laag. Alleen in het meest oostelijke deel van het gekarteerde areaal Vochtige Alluviale bossen wordt voldaan aan de eisen ten aanzien van GLG. In de rest van het gebied ligt de GLG in de huidige situatie enkele centimeters tot meer dan 50 cm te laag.

Het niet gearceerd weergegeven deel van de Turfkoelen vormt het zoekgebied voor het habitatype Hoogveenbossen (ZGFH91D0). In het grootste deel van dit zoekgebied wordt in de huidige situatie voldaan aan de eisen van het habitatype ten aanzien van de GVG. Alleen in het meest westelijke deel van het zoekgebied ligt deze te laag (doelgat GVG enkele centimeters tot meer dan 50 cm). De GLG voldoet in de huidige situatie aanzienlijk minder. Alleen in het meest oostelijke deel van het zoekgebied wordt voldaan aan de eisen ten aanzien van GLG. In de rest van het zoekgebied ligt de GLG in de huidige situatie te laag (doelgat enkele centimeters tot meer dan 50 cm).



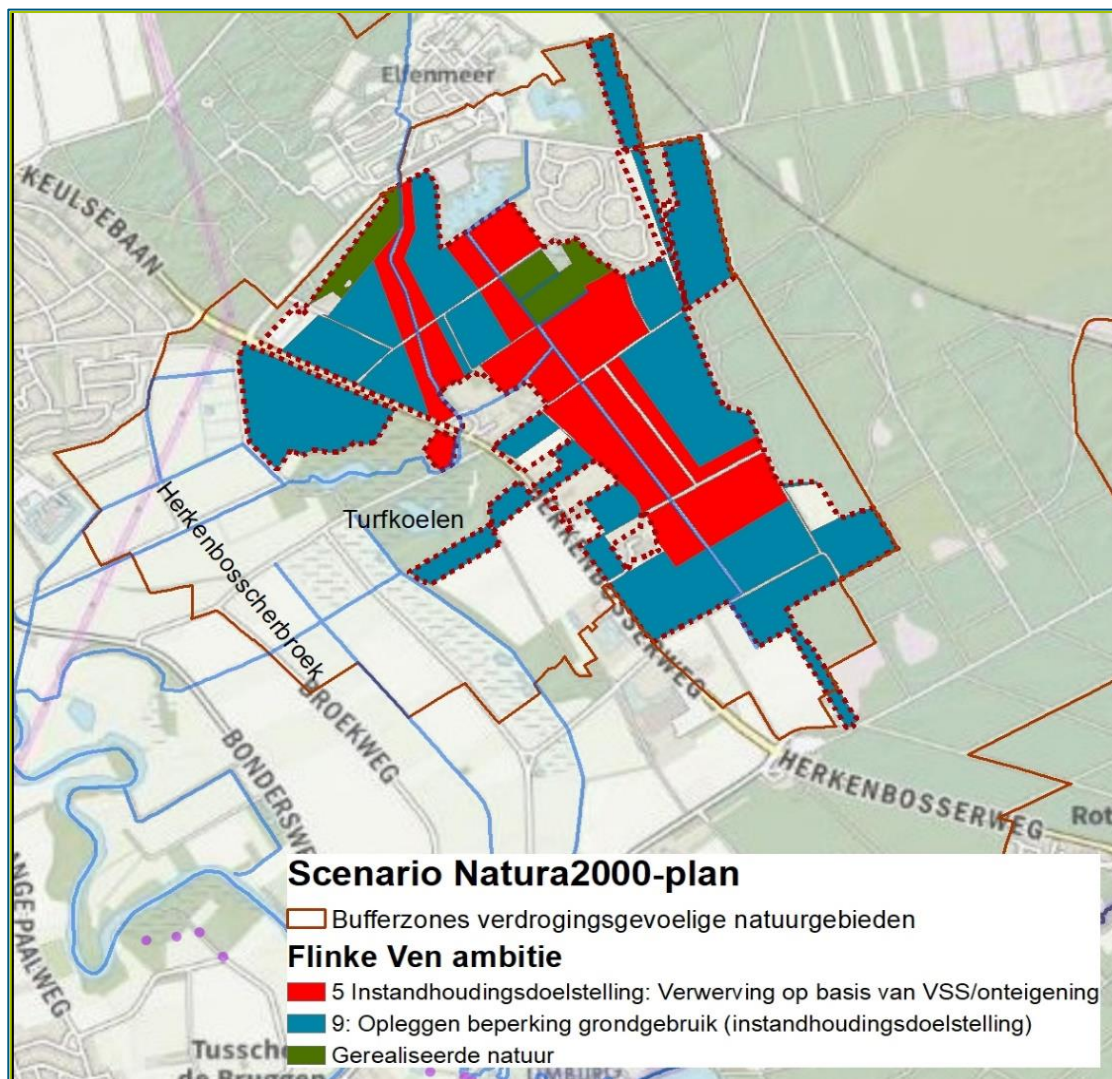
Figuur 3.3: Berekend doelgat GVG voor de huidige situatie



Figuur 3.4: Berekend doelgat GLG voor de huidige situatie

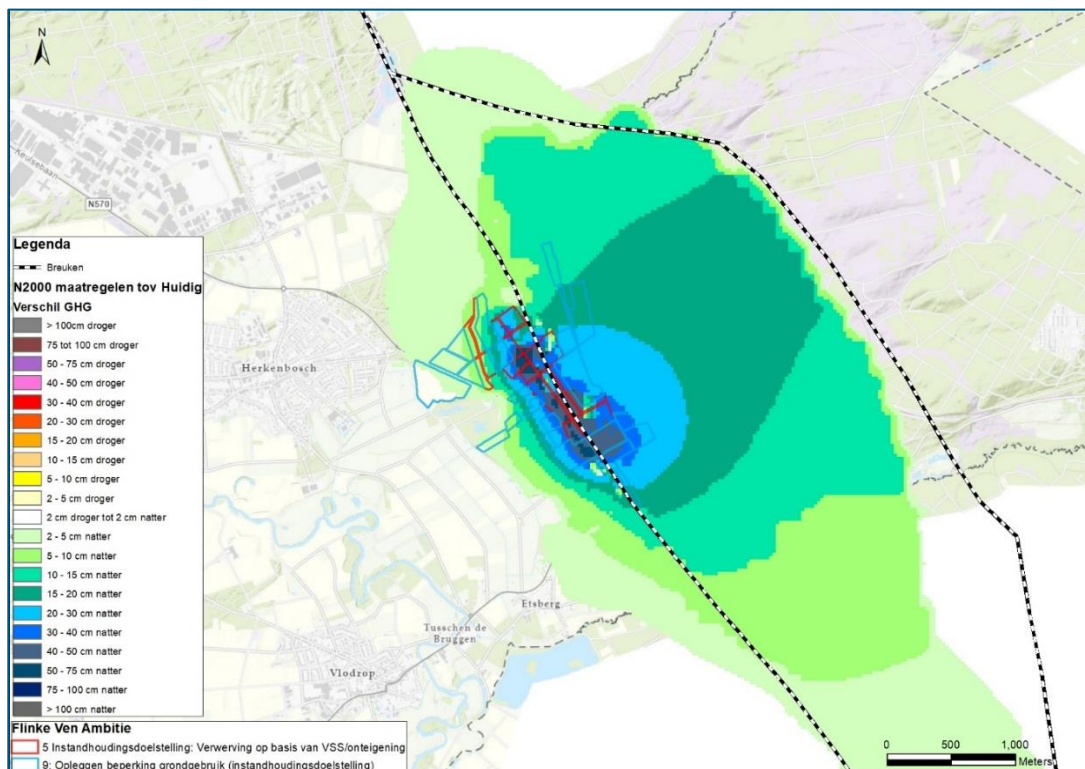
3.3 Analyse maatregelen Natura2000-beheerplan

Figuur 3.5 geeft voor de gebieden Turfkoelen en Flinke Ven de maatregelen weer, die zijn opgenomen in het Natura2000-beheerplan (Provincie Limburg, 2019). De rood weergegeven percelen in het Flinke Ven zullen worden verworven en worden ingericht als natuur; drainage en beregening worden verwijderd en er vindt geen bemesting meer plaats. De blauw weergegeven percelen behouden een landbouwkundige functie, maar ook hier zullen aanzienlijke beperkingen worden opgelegd aan het grondgebruik; drainage, beregening en eventuele subirrigatie worden verwijderd en er vindt geen bemesting meer plaats. Alle watergangen in het Flinke Ven worden verondiept tot maximaal 30 cm onder maaiveld. In overleg met het waterschap worden tevens aanpassingen doorgevoerd in de Bosbeek. In de modelberekeningen zijn we voor het traject van de Bosbeek door het Flinke Ven uitgegaan van een maximale drooglegging van 30 cm onder maaiveld.

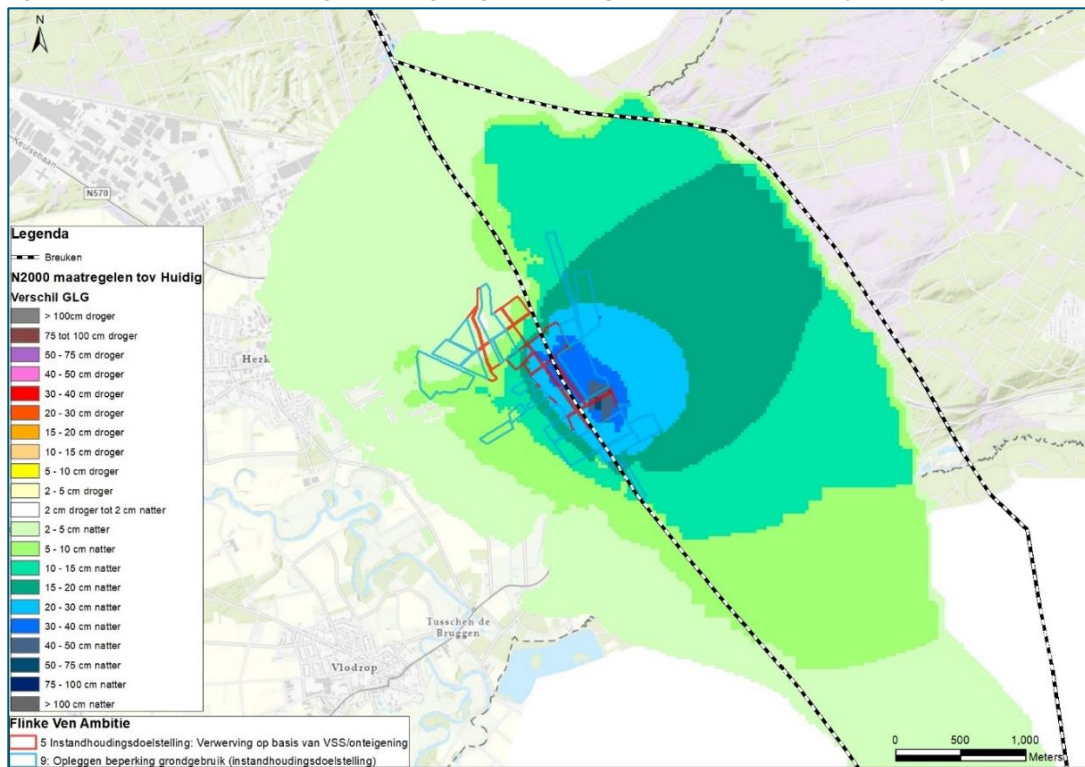


Figuur 3.5: Maatregelen Natura2000-beheerplan in deelgebieden Turfkoelen en Flinker Ven

Figuren 3.6 en 3.7 geven de berekende veranderingen in GHG en GLG weer als gevolg van de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan, ten opzichte van de huidige situatie. In het Flinker Ven worden verhogingen van de GHG berekend van 20 cm tot meer dan één meter. Ook de stijgingen van de GLG variëren van 20 cm tot meer dan één meter, maar deze zijn ruimtelijk minder uitgebreid dan die van de GHG. In het gebied Turfkoelen zorgen de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan voor stijgingen van de GHG en GLG van enkele centimeters tot ongeveer 15 cm in het oostelijke deel van het gebied. De GLG stijgt duidelijk meer dan de GHG. Dit komt omdat de GHG in de Turfkoelen in de huidige situatie al grotendeels aan maaiveld staat. Dit voorkomt verdere stijging.



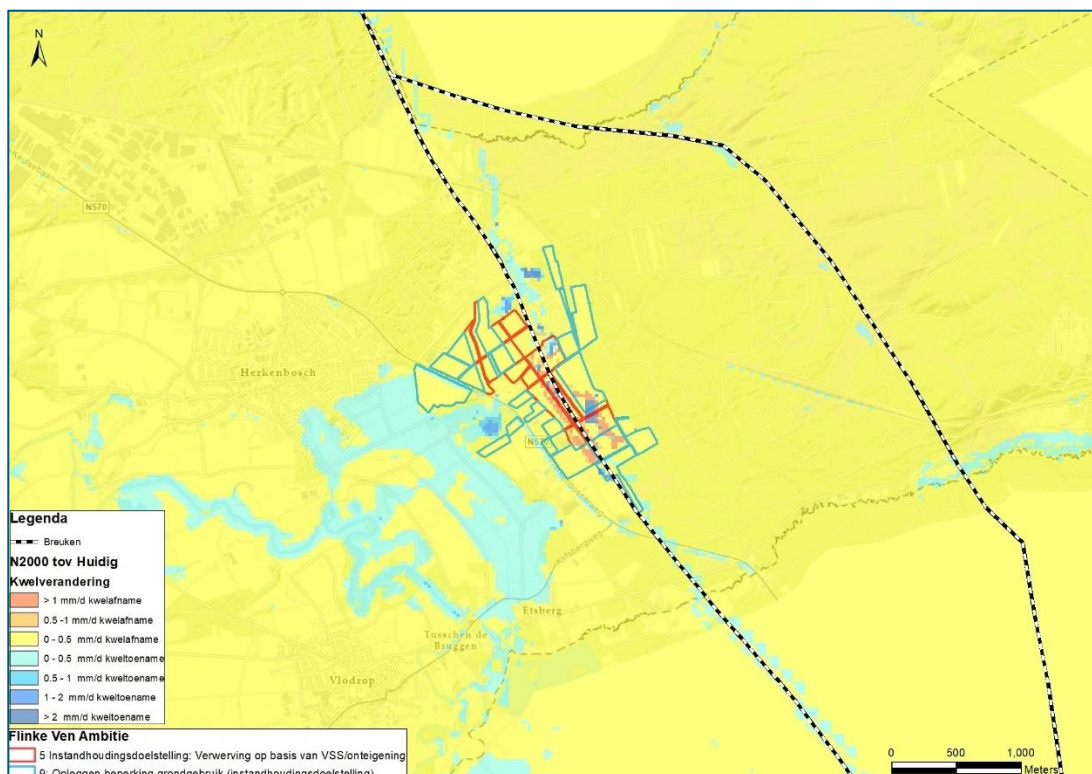
Figuur 3.6: Berekende verandering GHG als gevolg van maatregelen Natura2000-beheerplan ten opzichte van huidige situatie



Figuur 3.7: Berekende verandering GLG als gevolg van maatregelen Natura2000-beheerplan ten opzichte van huidige situatie

Figuur 3.8 geeft de berekende veranderingen in kwel weer. In het Flinke Ven neemt door de vernattingsmaatregelen de kwel af. In de zone bij de Peelrandbreuk blijft ook na maatregelen een

kwelsituatie bestaan. Verder van de breuk af ontstaat door de Natura2000-maatregelen een versterkte wegzijging naar de ondergrond. In de Turfkoelen is een aanzienlijke toename van kwel te verwachten van 0,1 mm/d tot lokaal meer dan 1 mm/d. Deze kweltoename is met name gunstig voor de ontwikkeling van het habitattype Vochtige alluviale bossen (Elzenbroekbos), die afhankelijk zijn van de aanvoer van aangerijkt grondwater. In de delen van het gebied met habitattype Hoogveenbos werkt het eveneens gunstig uit; door de toegenomen lokale kwel vanuit het Flinke Ven zakt de GLG minder ver uit dan in de huidige situatie (zie ook Figuur 3.7).

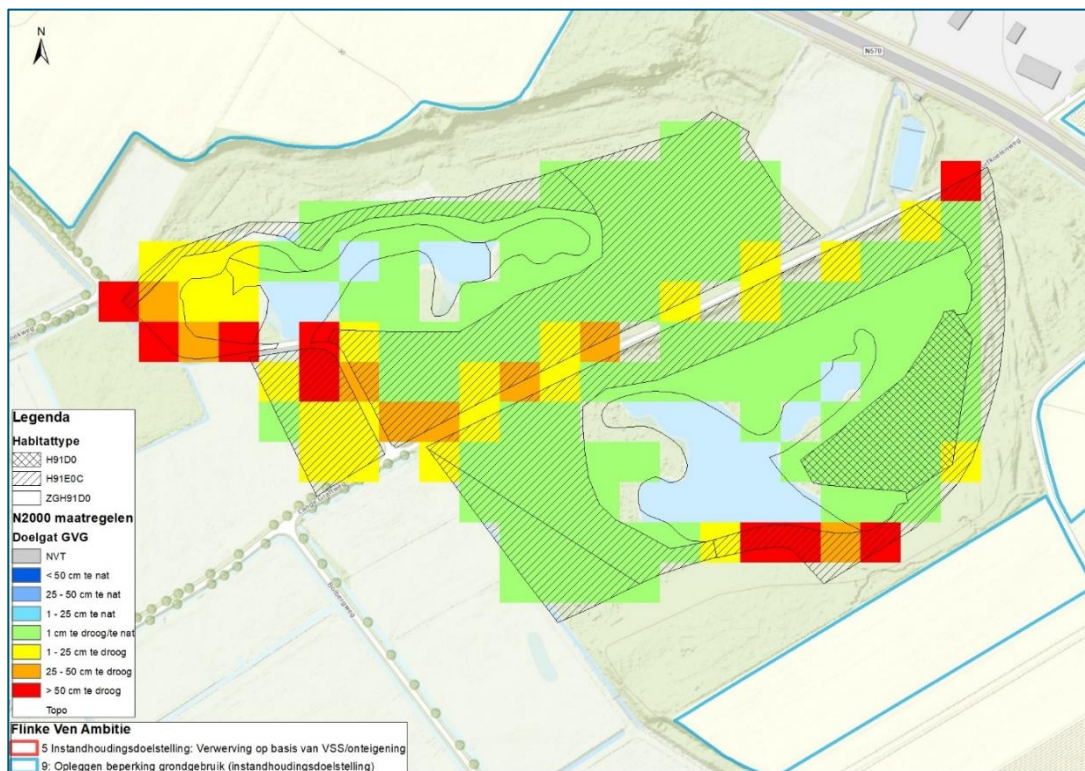


Figuur 3.8: Berekende veranderingen kwel. Natura2000-beheerplan ten opzichte van huidige situatie

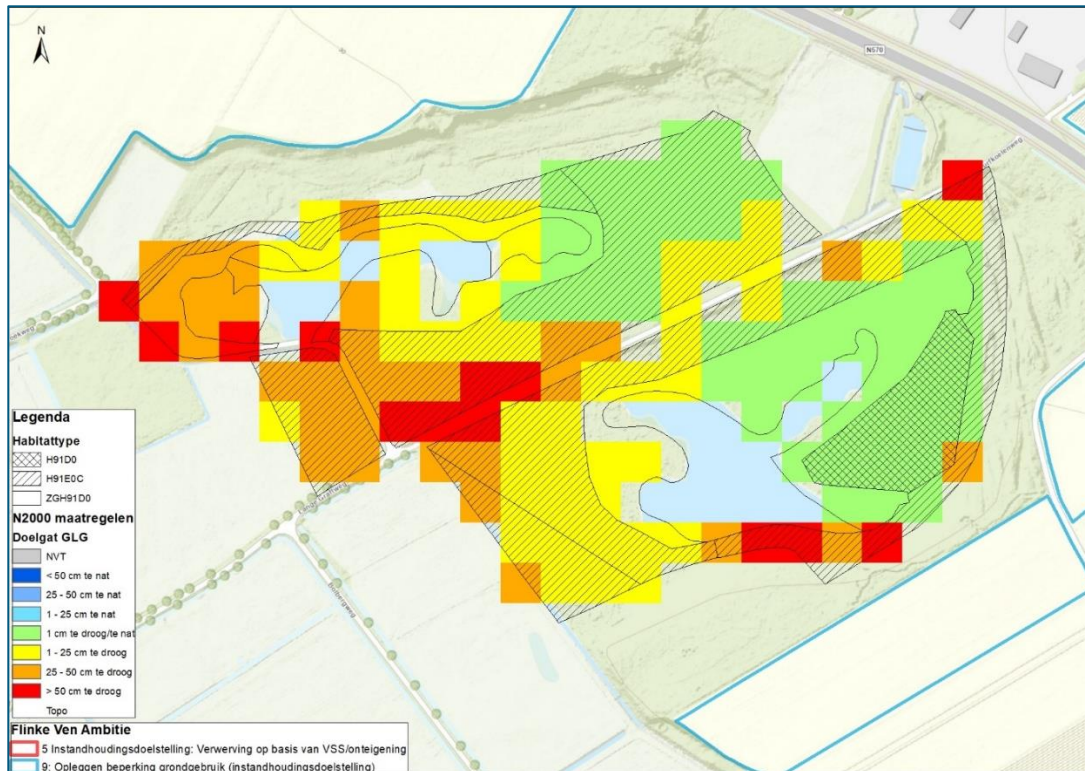
Figuren 3.9 en 3.10 geven voor de situatie na uitvoering van de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan het berekende doelgat GVG en doelgat GLG weer.

In het bestaande areaal Hoogveenbossen (H91D0) in de Turfkoelen (weergegeven met dubbele arcering) wordt -net als in de huidige situatie- vrijwel volledig voldaan aan de eisen ten aanzien van GVG en GLG. Slechts in één rekenpixel van 25x25 m wordt een doelgat berekend (voornamelijk het gevolg van schaalverschillen). Het doelgat neemt hier zowel voor de GVG als de GLG af t.o.v. de huidige situatie.

In het bestaande areaal Vochtige Alluviale bossen (H91E0C, Elzenbroekbos) (weergegeven met een enkele diagonale arcering) neemt het berekende doelgat af ten opzichte van de huidige situatie, vooral voor de GLG-situatie. Voor wat betreft de GVG wordt over het grootste deel van het areaal voldaan aan de eisen van het habitattype. Lokaal ligt de GVG -net als in de huidige situatie- duidelijk te laag; dit is met name het geval aan weerszijden van de zandweg die van oost naar west door de Turfkoelen loopt en het meest westelijke en zuidelijke deel van de Turfkoelen. Hoewel het doelgat GLG afneemt ten opzichte van de huidige situatie, ligt de GLG ook na uitvoering van de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan nog veelal te laag. In het oostelijke deel van het gekarteerde areaal Vochtige Alluviale bossen wordt voldaan aan de eisen ten aanzien van GLG. In de rest van het gebied ligt de GLG ook na uitvoering van de Natura2000-maatregelen enkele centimeters tot lokaal meer dan 50 cm te laag.



Figuur 3.9: Berekend doelgat GVG voor de situatie na uitvoering van de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan



Figuur 3.10: Berekend doelgat GLG voor de situatie na uitvoering van de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan

Het niet gearceerd weergegeven deel van de Turfkoelen vormt het zoekgebied voor het habitattype Hoogveenbossen (ZGFH91D0). In het grootste deel van dit zoekgebied wordt -net als in de huidige

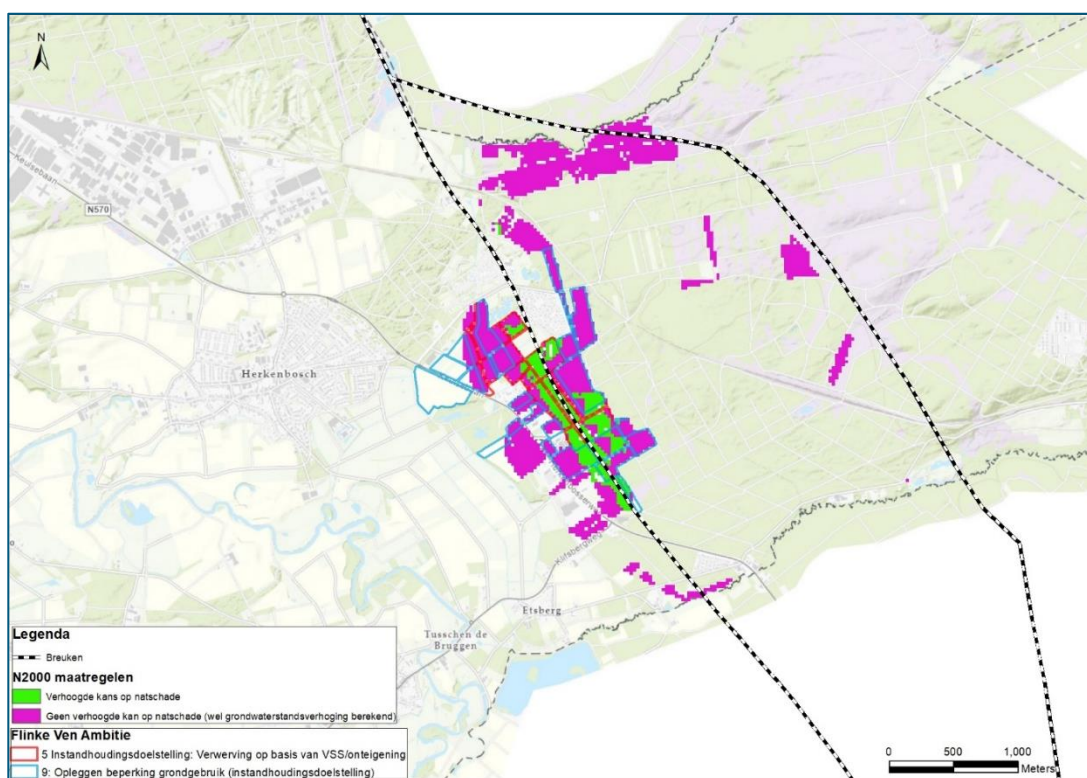
situatie- voldaan aan de eisen van het habitatype ten aanzien van de GVG. Alleen in het meest westelijke deel van het zoekgebied ligt deze te laag (doelgat GVG enkele centimeters tot meer dan 50 cm). Na uitvoering van de Natura2000-maatregelen wordt in het meest oostelijke deel van het zoekgebied voldaan aan de eisen ten aanzien van GLG. In de rest van het zoekgebied ligt de GLG ook na uitvoering van de Natura2000-maatregelen nog steeds te laag (doelgat enkele centimeters tot meer dan 50 cm).

De effecten voor de landbouw zijn bepaald met de risicobenadering, die eerder is toegepast voor de onderbouwing van de hydrologische herstelmaatregelen voor het Natura2000-gebied Leudal (Royal HaskoningDHV, 2021a). Deze risicobenadering gaat er van uit dat er risico op natschade is te verwachten als aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- Landbouwkundig grondgebruik (conform de Basisregistratie Percelen, BRP);
- Een berekende verhoging van de GHG ten opzichte van de referentiesituatie meer dan 5 cm;
- Een GHG na uitvoering van de maatregelen in de variant ondieper dan 50 cm.

Als deze voorwaarden niet van toepassing zijn, is het risico op natschade als verwaarloosbaar te beschouwen.

Figuur 3.11 geeft de resultaten van deze risicobenadering weer voor de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan.



Figuur 3.11: Mogelijke natschade als gevolg van de maatregelen uit het beheerplan Natura2000

De ingekleurde vlakken geven alle percelen met functie landbouw weer (conform BRP), met een stijging van de GHG van meer dan 5 cm. In de paarse vlakken is de GHG na uitvoering van de Natura2000-maatregelen nog steeds dieper dan 50 cm onder maaiveld. Ondanks de grondwaterstandsstijging is hier geen significante toename van natschade te verwachten. In de groen weergegeven percelen bedraagt de

GHG-stijging meer dan 5 cm én is de GHG na uitvoering van de Natura2000-maatregelen ondieper dan 50 cm onder maaiveld. Hier is toename van natschade niet uit te sluiten.

Het betreft uitsluitend een aantal percelen centraal gelegen in het Flinke Ven. Een deel van deze percelen staat op de nominatie om aangekocht te worden, zie Figuur 3.5. De overige percelen met mogelijke natschade zijn aangemerkt als toekomstige landbouw met gebruiksbeperkingen (zie eveneens Figuur 3.5).

3.4 Doorrekening en analyse verkennende varianten

3.4.1 Algemeen

De volgende 6 verkennende varianten zijn doorgerekend en geanalyseerd:

1. Berekening stopzetten in huidige situatie;
2. Maatregelen Natura2000-beheerplan met berekening in deel van het Flinke Ven;
3. Maatregelen Natura2000-beheerplan met subirrigatie in plaats van berekening in deel Flinke Ven;
4. Maatregelen Natura2000-beheerplan met aanvullende waterconserveringsmaatregelen in een beperkt deel van het Herkenbosscherbroek;
5. Maatregelen Natura2000-beheerplan met aanvullende waterconserveringsmaatregelen in een ruimer deel van het Herkenbosscherbroek;
6. Maatregelen Natura2000-beheerplan met aanvullende waterconserveringsmaatregelen in een ruimer deel van het Herkenbosscherbroek. Aanvullend subirrigatie in een deel van het Flinke Ven met extern aangevoerd oppervlaktewater.

Hieronder volgen de resultaten per verkennende variant.

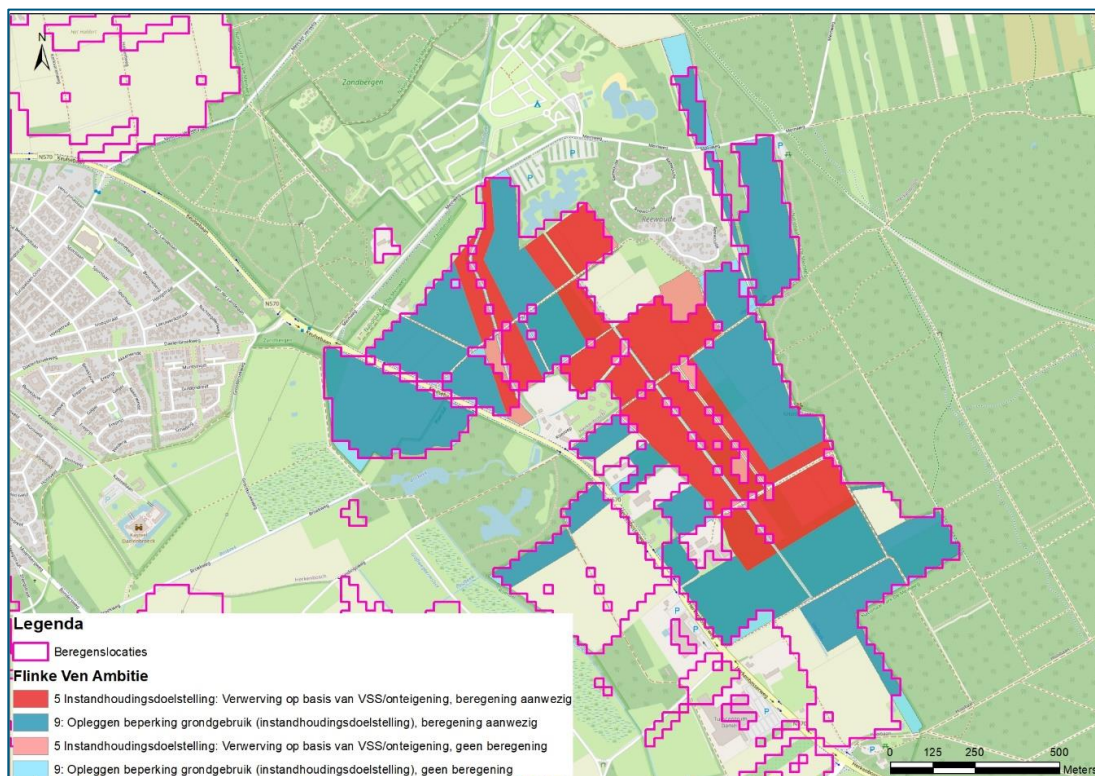
3.4.2 Variant 1: Berekening stopzetten in huidige situatie

Doel van deze variant is om het effect te analyseren van het volledig stopzetten van berekening (uit grondwater) in en rondom het Flinke Ven en de Turfkoelen. Figuur 3.12 geeft de percelen weer, waar in de huidige situatie berekening plaatsvindt; dit zijn de paars omlijnde percelen.

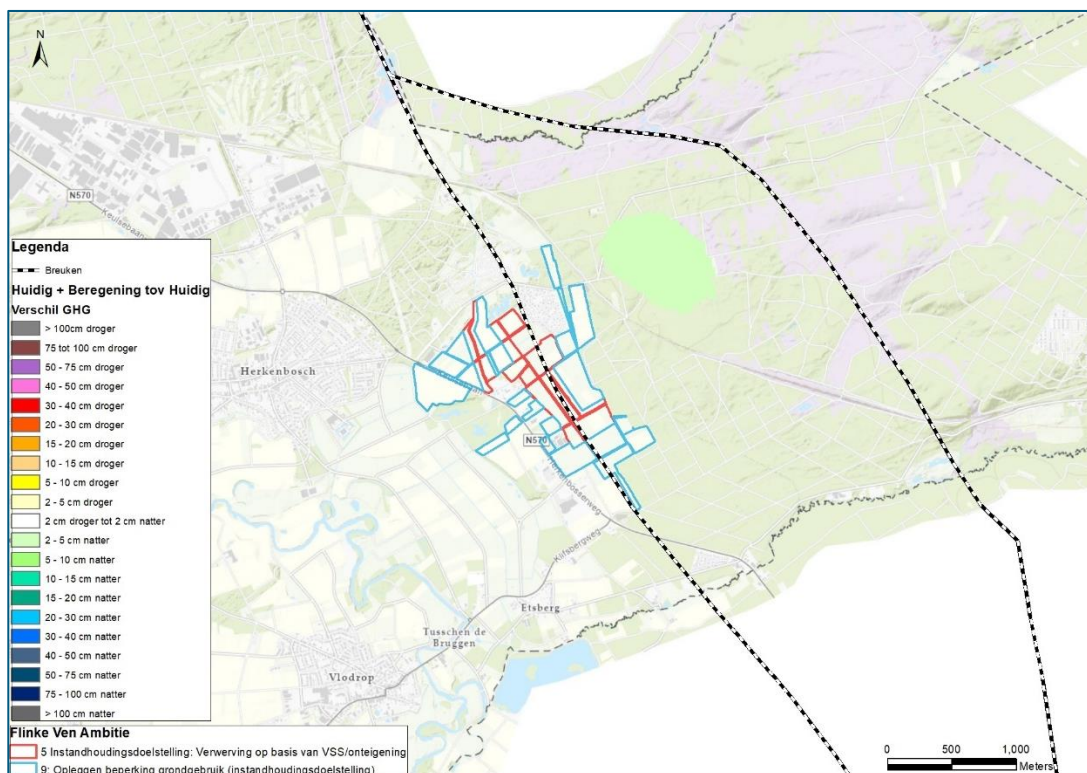
Figuren 3.13 en 3.14 geven de berekende veranderingen in GHG en GLG weer als gevolg van de de verkennende variant stopzetten berekening, ten opzichte van de huidige situatie.

Het stopzetten van berekening beïnvloedt vooral de GLG (zie Figuur 3.14). In het centrale deel van het Flinke Ven zorgt het stopzetten van berekening voor een stijging van de GLG met maximaal 20 tot 30 cm. In een wijdere omtrek rond Flinke Ven en Turfkoelen zijn GLG-stijgingen van 2 cm en meer te verwachten. Dit zijn de gemiddelde effecten over een 8-jarige periode met zowel natte, gemiddelde als droge jaren (2012 t/m 2019). De effecten in droge jaren, zoals 2018 en 2019, zijn aanzienlijk groter dan die in gemiddelde of natte jaren.

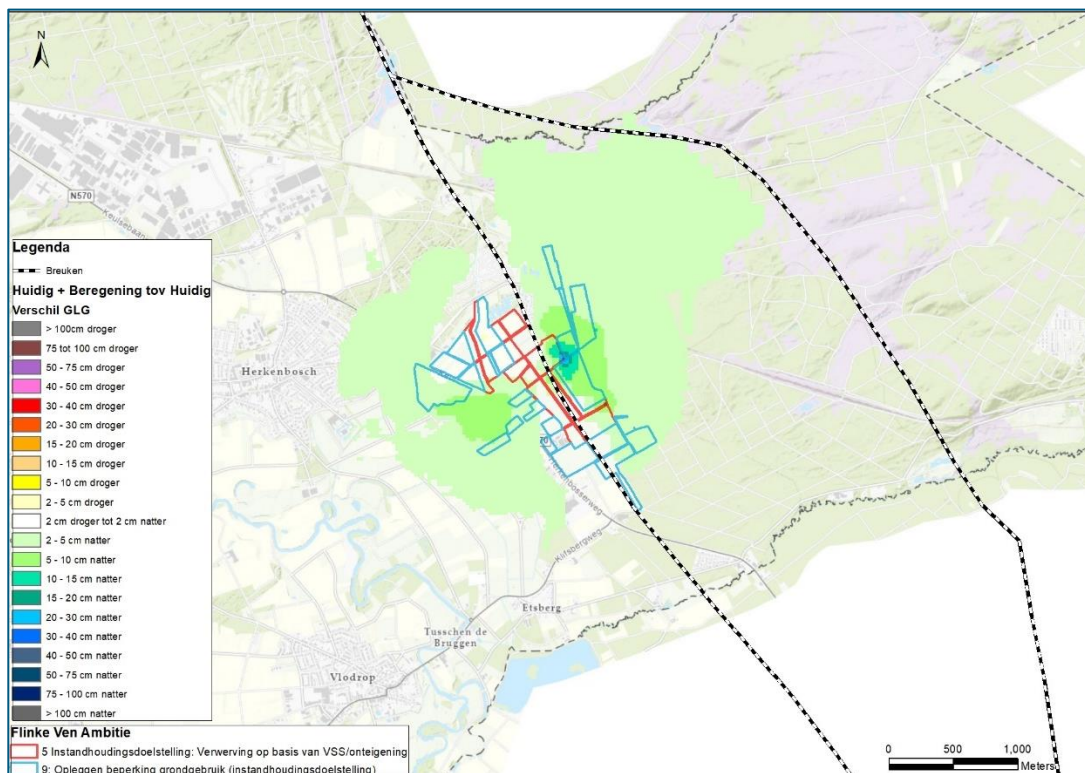
De effecten op de GHG (Figuur 3.13) zijn zeer beperkt. Alleen in een gebied ten noordoosten van het Flinke Ven worden GHG-verhogingen berekend van 2 tot 5 cm. Dit is een resteffect van de verhoging van de GLG. In sterk ontwaterde gebieden zoals het Flinke Ven en de directe omgeving van de Turfkoelen, worden de GLG-verhogingen relatief snel ongedaan gemaakt door de aanwezige sloten, greppels en drainagesystemen. Het gebied met resteffecten op de GHG ligt ten oosten van de Peelrandbreuk, ongeveer halverwege de Bosbeek en de Roode Beek, in een gebied met nauwelijks ontwatering. Dit zorgt voor traagheid in het systeem.



Figuur 3.12: Percelen met beregening uit grondwater in de huidige situatie (paars omliggende percelen)



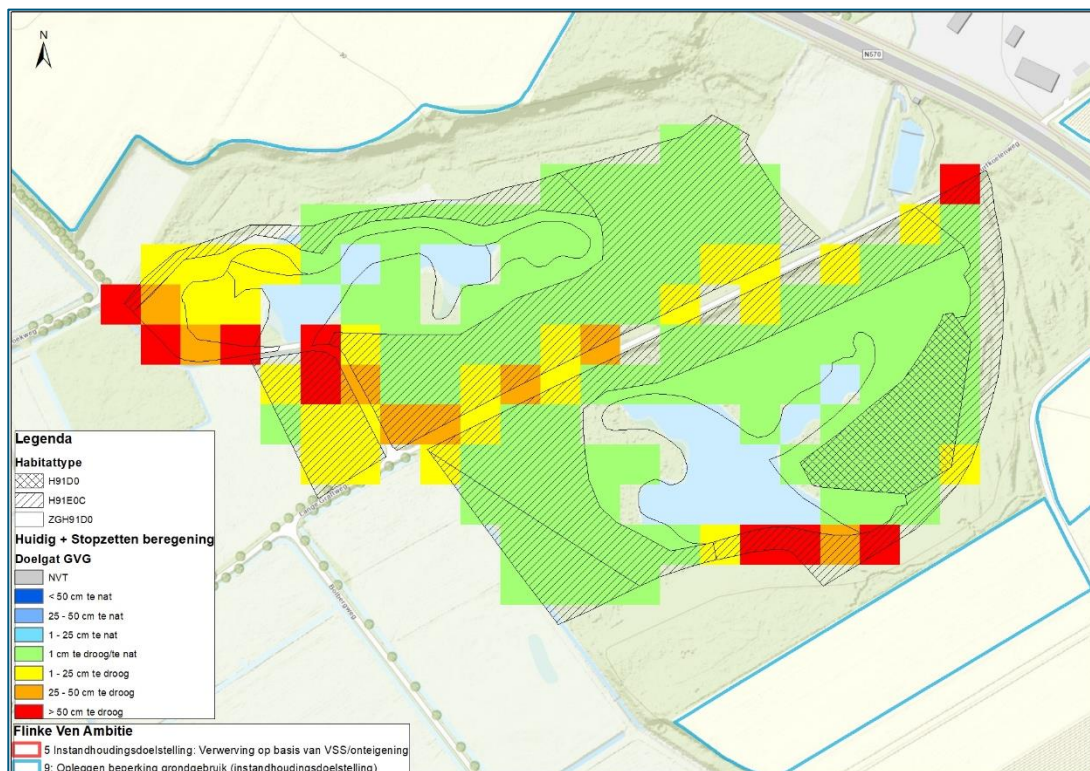
Figuur 3.13: Verandering GHG als gevolg van verkennende variant 1 (stopzetten beregening), t.o.v. huidige situatie



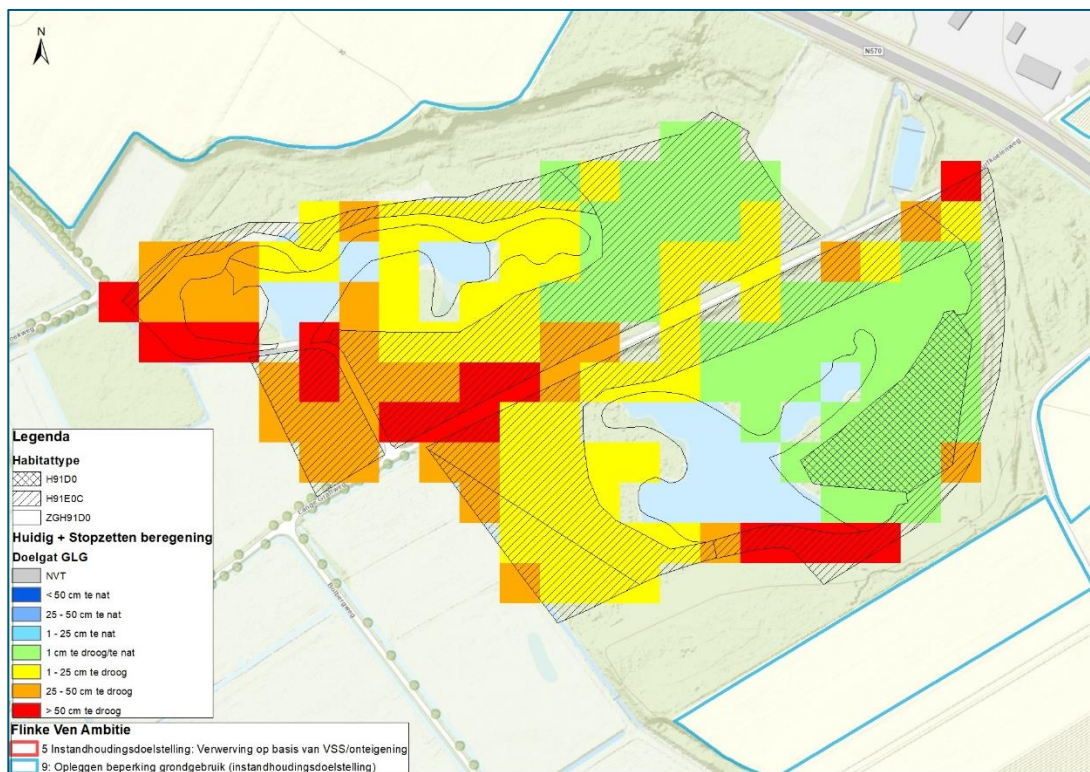
Figuur 3.14: Verandering GLG als gevolg van verkennende variant 1 (stopzetten berekening), t.o.v. huidige situatie

Figuren 3.15 en 3.16 geven voor de verkennende variant 1 het berekende doelgat GVG en doelgat GLG weer.

Het doelgat GVG (Figuur 3.15) is vrijwel identiek aan dat in de huidige situatie. Het doelgat GLG (Figuur 3.16) neemt duidelijk af ten opzichte van de huidige situatie, vooral in het oostelijk deel van de Turfkoelen. Met name in het westelijk deel van de Turfkoelen ligt de GLG ook na stopzetten van berekening nog steeds enkele centimeters tot lokaal meer dan 50 cm te laag.

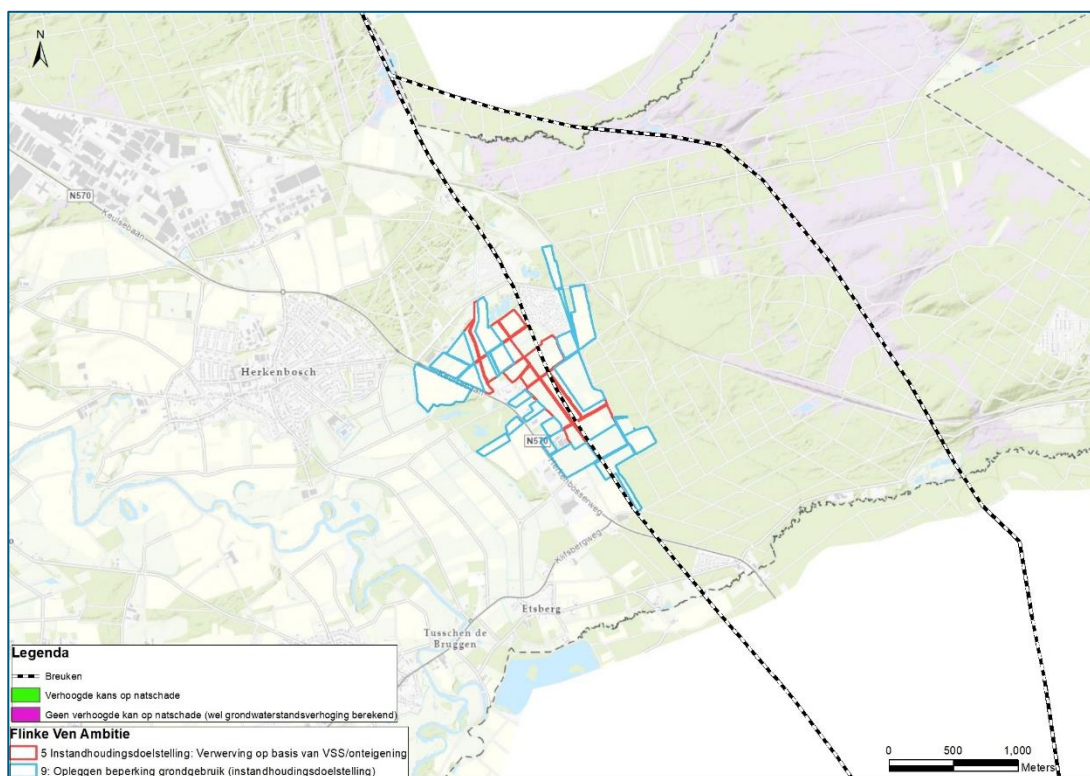


Figuur 3.15: Berekend doelgat GVG voor verkennende variant 1 (stopzetten berekening)



Figuur 3.16: Berekend doelgat GLG voor verkennende variant 1 (stopzetten berekening)

Het stopzetten van beregening heeft geen significante effecten op natschade voor de landbouw, zie Figuur 3.17. Dit komt omdat er nauwelijks verhogingen van de GHG zijn te verwachten, alleen in een hoger gelegen gebied ten oosten van de Peelrandbreuk, dat bovendien geen landbouwkundig gebruik heeft.



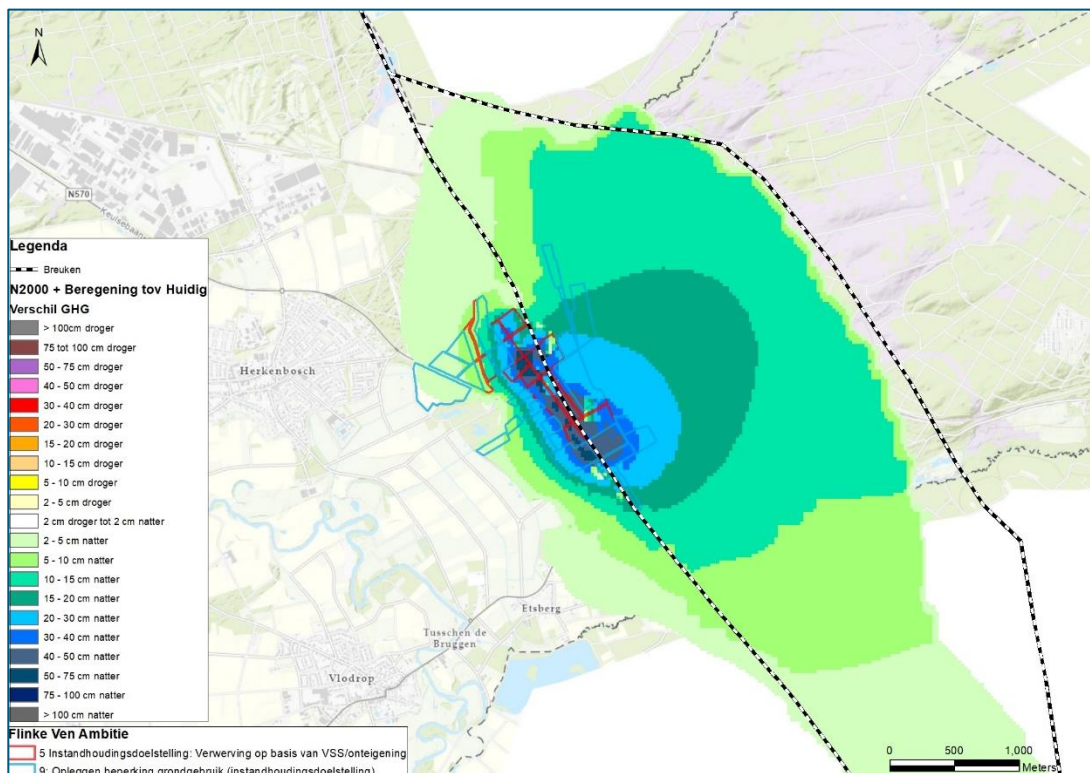
Figuur 3.17: Mogelijke natschade als gevolg van het stopzetten van beregening uit grondwater

3.4.3 Variant 2: Natura2000-maatregelen met beregening deel Flinke Ven

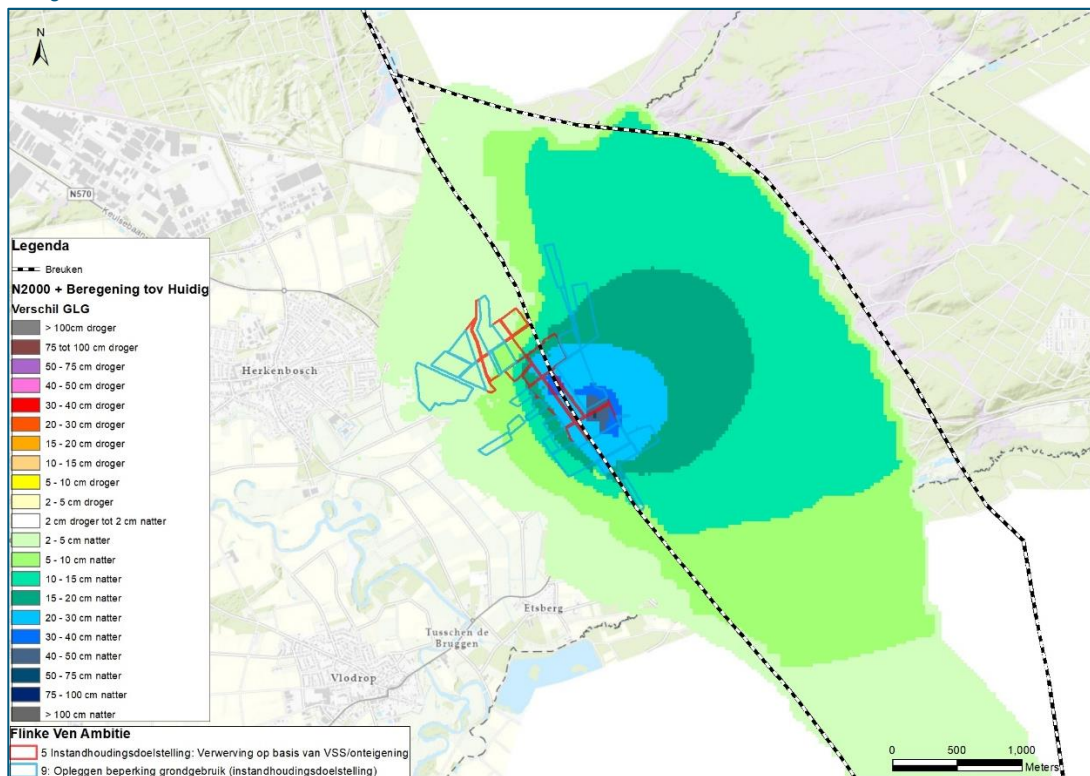
In deze variant zijn de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan opnieuw doorgerekend en geanalyseerd, maar nu met het uitgangspunt dat in de percelen met landbouwkundig gebruik met beperking de bestaande beregening gehandhaafd blijft. Dit zijn de staalblauw weergegeven percelen in de Figuren 3.5 en 3.12.

Figuren 3.18 en 3.19 geven voor deze variant de berekende veranderingen in GHG en GLG weer, ten opzichte van de huidige situatie. In en rondom het Flinke Ven en de Turfkoelen komen de berekende veranderingen in GHG vrijwel overeen met die van het beheerplan Natura2000 (zie Figuur 3.6). Ten oosten van het Flinke Ven worden de GHG-verhogingen iets minder. De verhogingen van de GLG worden in het gehele gebied iets minder dan die van het beheerplan Natura2000 (zie Figuur 3.7), ook in en rondom het Flinke Ven en de Turfkoelen.

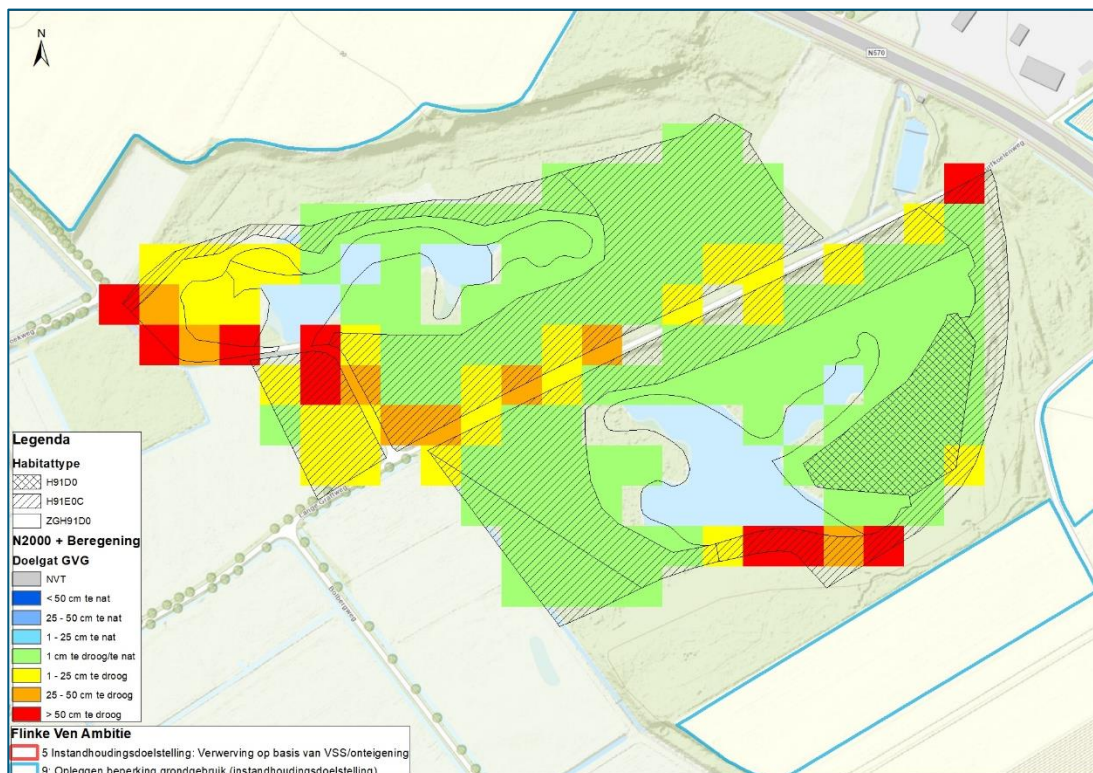
Figuren 3.20 en 3.21 geven voor de verkennende variant 2 het berekende doelgat GVG en doelgat GLG weer. Het doelgat GVG (Figuur 3.20) is vrijwel identiek aan dat na uitvoering van de Natura2000-maatregelen (Figuur 3.9). Ook het beeld van het doelgat GLG komt grotendeels overeen met dat van de Natura2000-maatregelen (Figuur 3.10). Door het handhaven van de beregening in het Flinke Ven blijft het doelgat GLG in de Turfkoelen iets groter.



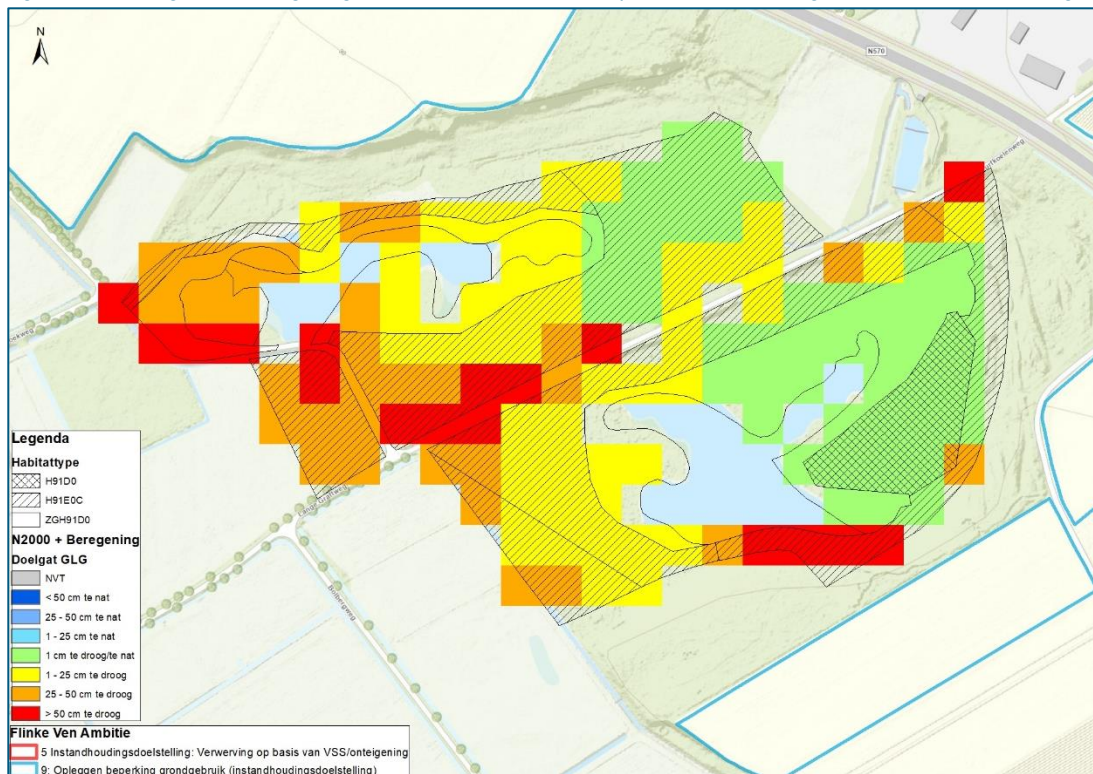
Figuur 3.18: Verandering GHG als gevolg van verkennende variant 2 (Natura2000-maatregelen met handhaven berekening), t.o.v. huidige situatie



Figuur 3.19: Verandering GLG als gevolg van verkennende variant 2 (Natura2000-maatregelen met handhaven berekening), t.o.v. huidige situatie



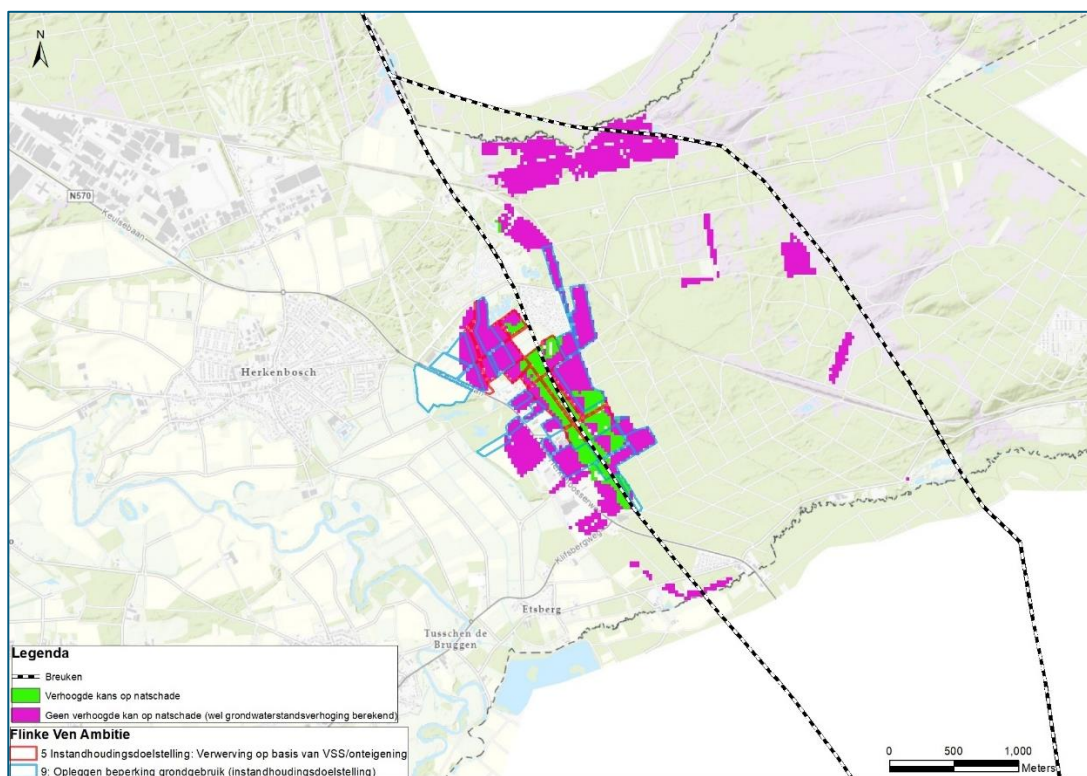
Figuur 3.20: Doelgat GVG als gevolg van verkennende variant 2 (Natura2000-maatregelen met handhaven berekening)



Figuur 3.21: Doelgat GLG als gevolg van verkennende variant 2 (Natura2000-maatregelen met handhaven berekening)

Figuur 3.22 geeft de verwachte effecten van verkennende variant 2 op natschade in en rondom het Flinke Ven en de Turfkoelen weer. De effecten komen vrijwel exact overeen met die als gevolg van de

Natura2000-maatregelen (Figuur 3.11). De ingekleurde vlakken geven alle percelen met functie landbouw weer (conform BRP), met een stijging van de GHG van meer dan 5 cm. In de groen weergegeven percelen bedraagt de GHG-stijging meer dan 5 cm én is de GHG na uitvoering van de maatregelen ondieper dan 50 cm onder maaiveld. Hier is toename van natschade niet uit te sluiten.



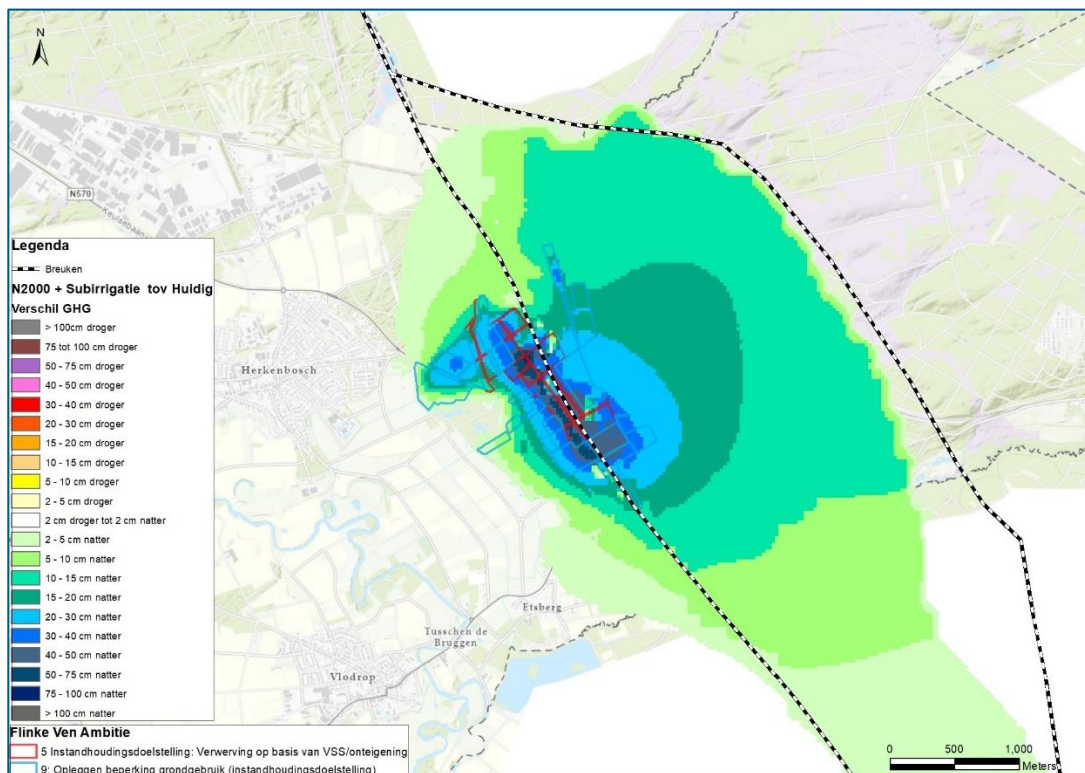
Figuur 3.22: Mogelijke natschade als gevolg van verkennende variant 2 (Natura2000-maatregelen met handhaven berekening)

3.4.4 Variant 3: Natura2000-maatregelen met subirrigatie i.p.v. berekening in deel Flinker Ven

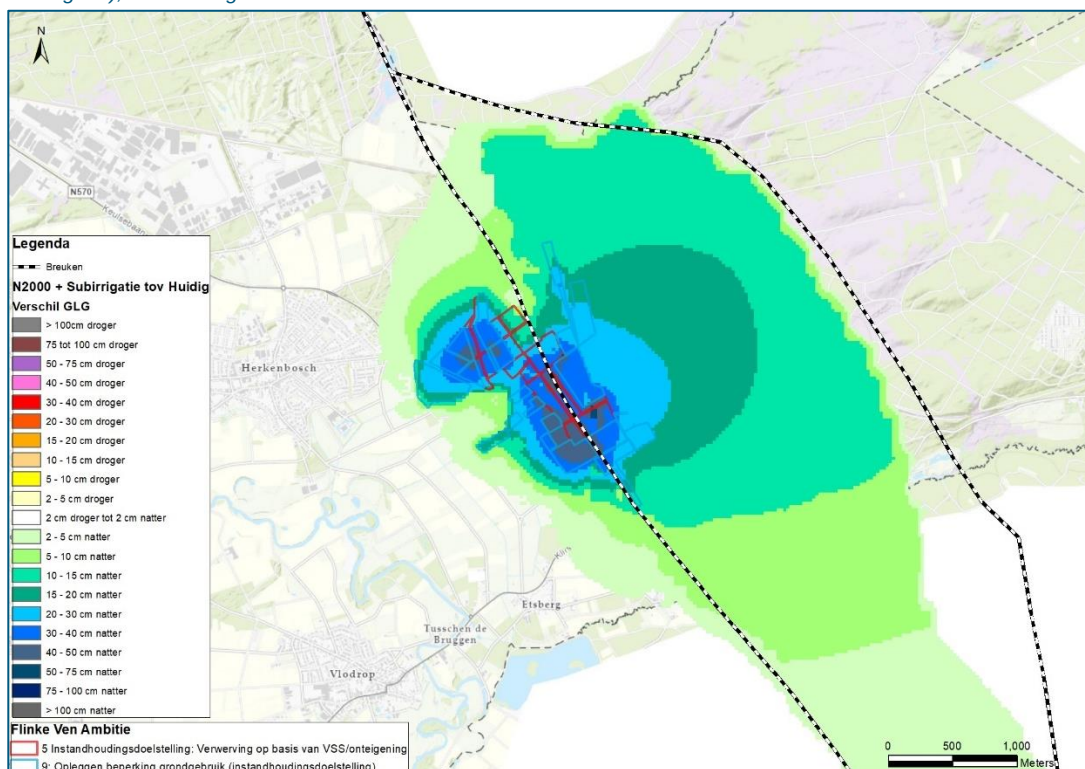
In deze variant zijn de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan opnieuw doorgerekend en geanalyseerd, maar nu met het uitgangspunt dat in de percelen met landbouwkundig gebruik met beperking de bestaande berekening wordt vervangen door subirrigatie uit grondwater. Dit betreft de staalblauw weergegeven percelen in de Figuren 3.5 en 3.12.

Figuren 3.23 en 3.24 geven voor deze variant de berekende veranderingen in GHG en GLG weer, ten opzichte van de huidige situatie. Ten opzichte van de Natura2000-maatregelen (Figuren 3.6 en 3.7) nemen de verhogingen van de GHG en GLG toe, zowel in en rondom het Flinker Ven en de Turfkoelen als in het gebied ten oosten van het Flinker Ven.

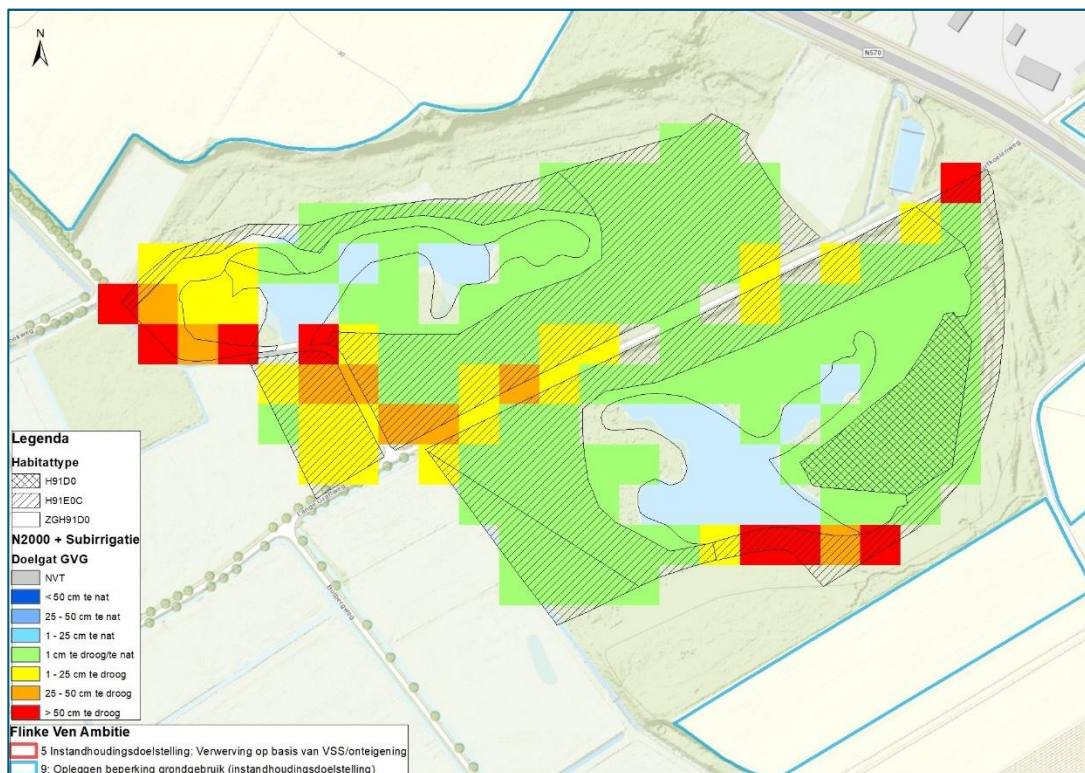
Figuren 3.25 en 3.26 geven voor de verkennende variant 3 het berekende doelgat GVG en doelgat GLG weer. Zowel het doelgat GVG als het doelgat GLG nemen ten opzichte de Natura2000-maatregelen iets af. Het algemene beeld blijft hetzelfde als dat van de Natura2000-maatregelen. Voor de GVG wordt in het meest westelijke deel en het zuidelijk deel van de Turfkoelen niet voldaan. Het doelbereik voor de GLG is nog minder; in vrijwel de gehele westelijke helft van de Turfkoelen wordt niet voldaan aan de eisen ten aanzien van de GLG.



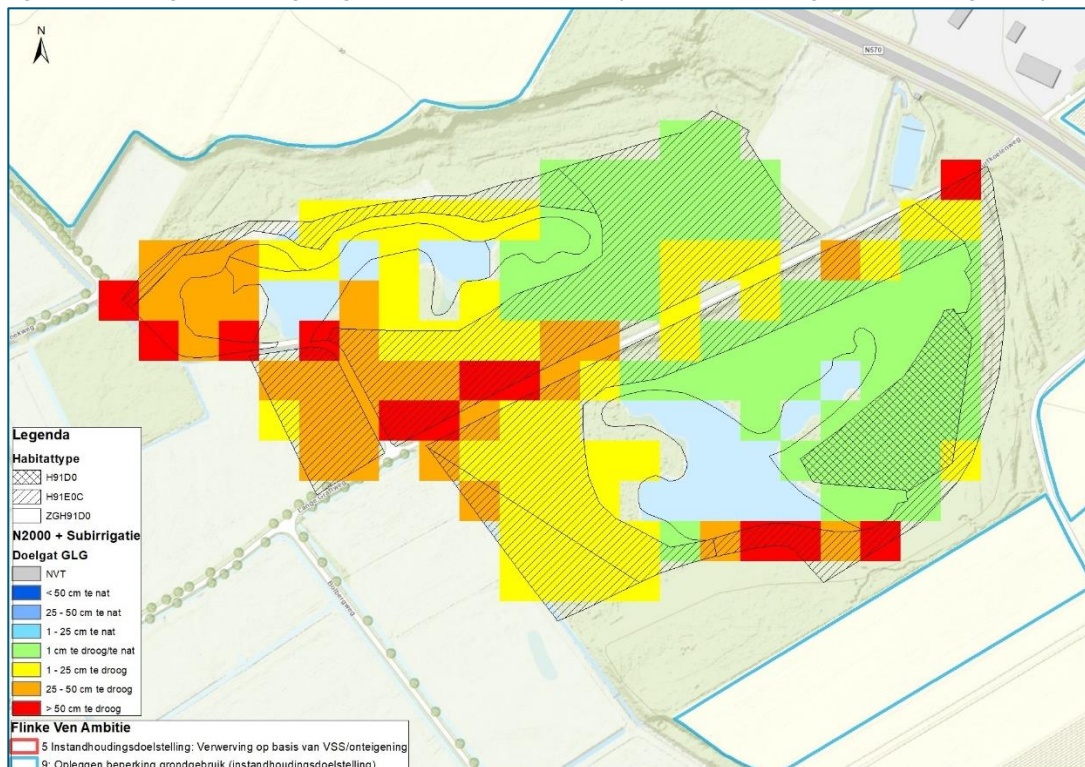
Figuur 3.23: Verandering GHG als gevolg van verkennende variant 3 (Natura2000-maatregelen met vervangen berekening door subirrigatie), t.o.v. huidige situatie



Figuur 3.24: Verandering GLG als gevolg van verkennende variant 3 (Natura2000-maatregelen met vervangen berekening door subirrigatie), t.o.v. huidige situatie



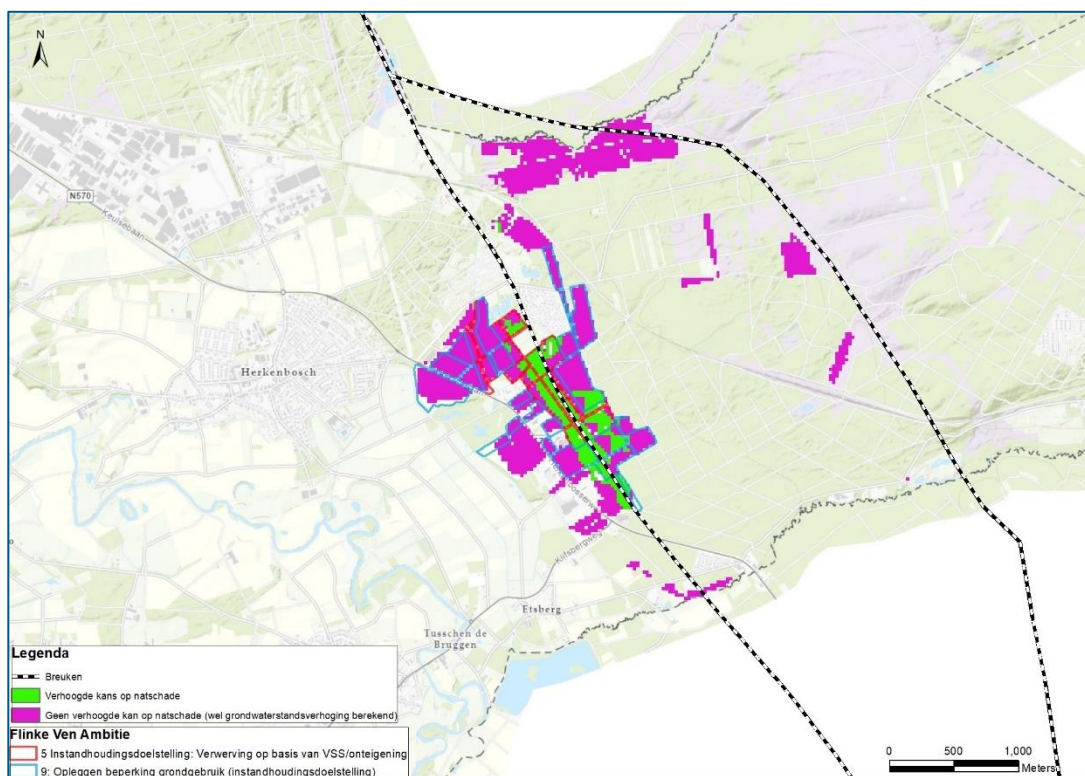
Figuur 3.25: Doelgat GVG als gevolg van verkennende variant 3 (Natura2000-maatregelen met subirrigatie in plaats van beregning)



Figuur 3.26: Doelgat GLG als gevolg van verkennende variant 3 (Natura2000-maatregelen met subirrigatie in plaats van beregning)

Figuur 3.27 geeft de verwachte effecten van verkennende variant 3 op natschade in en rondom het Flinke Ven en de Turfkoelen weer. De effecten komen vrijwel exact overeen met die als gevolg van de

Natura2000-maatregelen (Figuur 3.11). De ingekleurde vlakken geven alle percelen met functie landbouw weer (conform BRP), met een stijging van de GHG van meer dan 5 cm. In de groen weergegeven percelen bedraagt de GHG-stijging meer dan 5 cm én is de GHG na uitvoering van de maatregelen ondieper dan 50 cm onder maaiveld. Hier is toename van natschade niet uit te sluiten.



Figuur 3.27: Mogelijke natschade als gevolg van verkennende variant 3 (Natura2000-maatregelen met subirrigatie i.p.v. beregening)

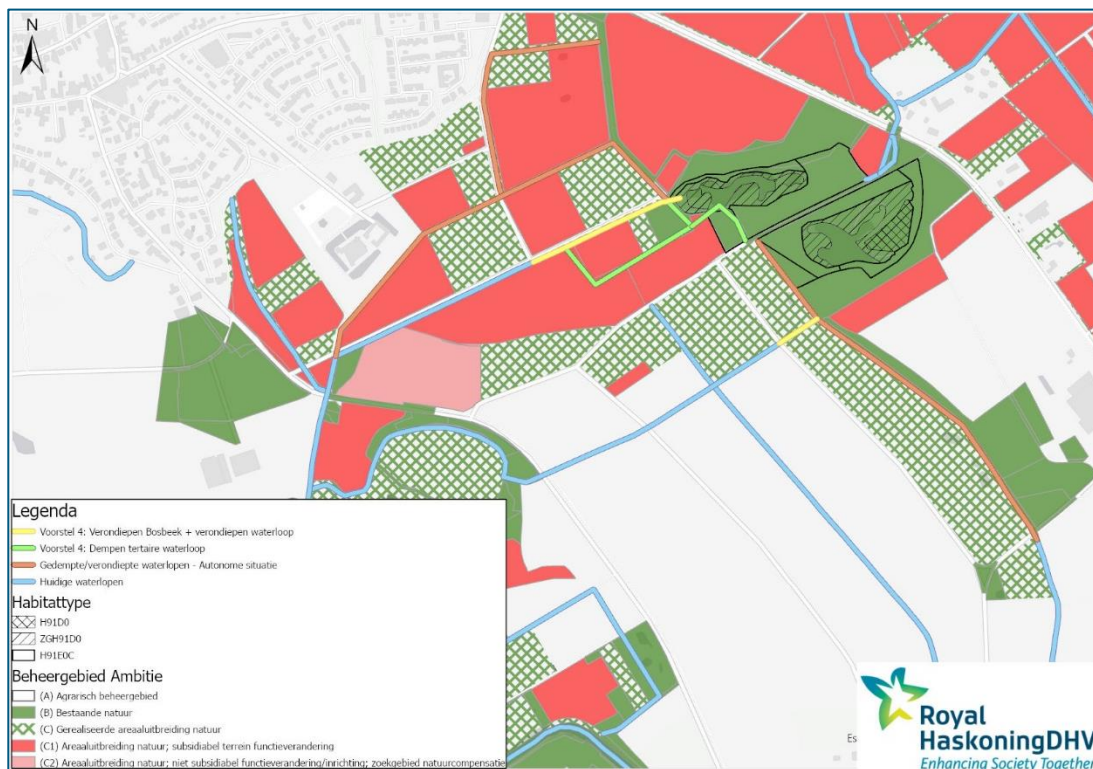
3.4.5 Variant 4: Natura2000-maatregelen met extra waterconservering in beperkt deel Herkenbosscherbroek

De maatregelen uit het beheerplan Natura2000 zorgen ten opzichte van de huidige situatie voor een verbetering van de doelrealisatie natuur (vermindering van het doelgat GVG en GLG). Met name in het westelijke deel van de Turfkoelen blijven de grondwaterstanden -ook na uitvoering van de Natura2000-maatregelen te laag voor de aanwezige habitattypen. Dit geldt voor de GVG en met name voor de GLG.

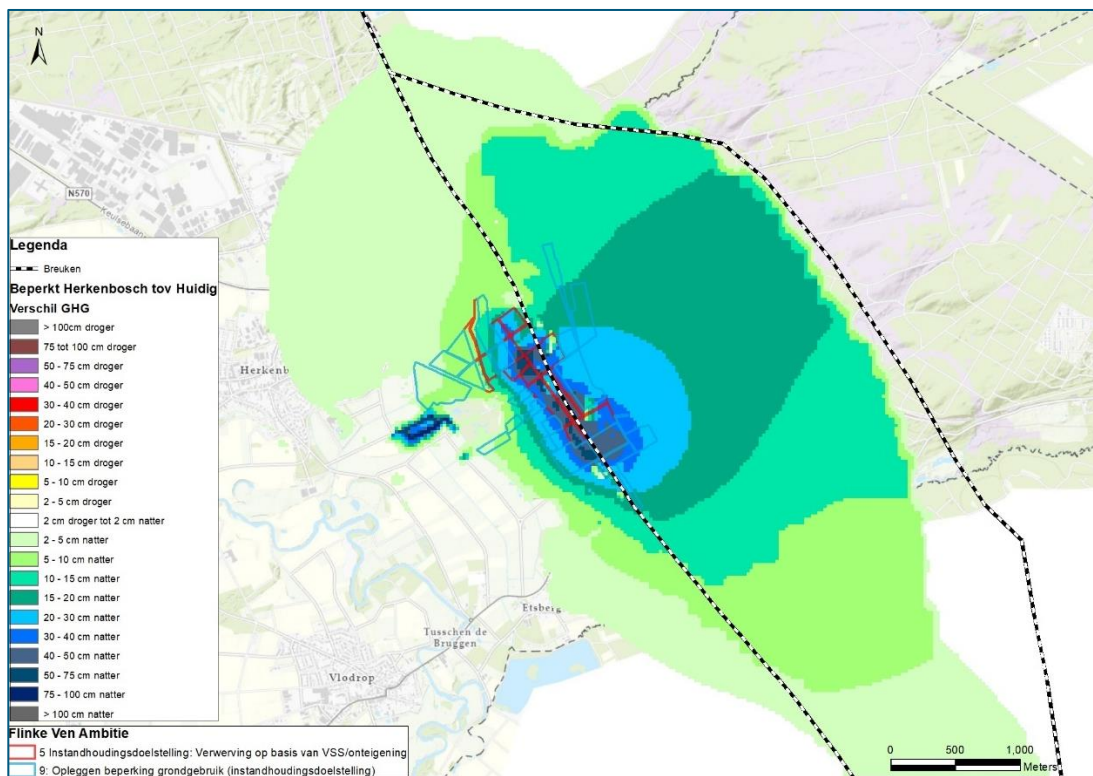
Om deze reden is in verkennende variant 4 het pakket Natura2000-maatregelen aangevuld met extra waterconserverende maatregelen in het Herkenbosscherbroek. Figuur 3.28 geeft de aanvullende maatregelen van variant 4 in het Herkenbosscherbroek weer. In verkennende variant 4 zijn *aanvullend op de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan* (zie paragraaf 3.3 en Figuur 3.6) de volgende waterconserverende maatregelen in het Herkenbosscherbroek doorgerekend en geanalyseerd:

- Verondiepen van een deel van de Bosbeek ten westen van de Turfkoelen;
- Dempen van een aantal tertiaire watergangen ten westen van de Turfkoelen.

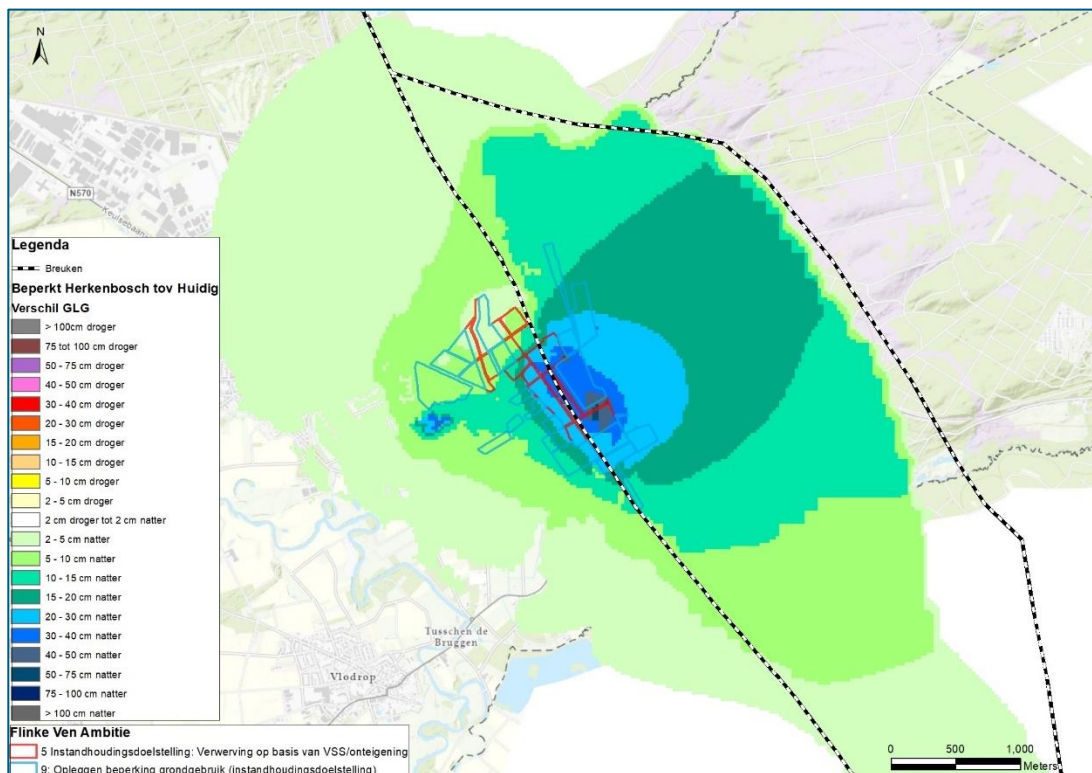
Figuren 3.29 en 3.30 geven voor deze variant de berekende veranderingen in GHG en GLG weer, ten opzichte van de huidige situatie. Ten oosten van de Peelrandbreuk en ten zuiden van de Turfkoelen komen de GHG- en GLG-verhogingen vrijwel overeen met de Natura2000-maatregelen. In de Turfkoelen en ten westen en noorden van de Turfkoelen zorgen de aanvullende maatregelen in het Herkenbosscherbroek voor extra stijging van de GHG en GLG.



Figuur 3.28: Verkennende variant 4: aanvullende waterconserverende maaregelen in beperkt deel Herkenboscherbroek



Figuur 3.29: Verandering GHG als gevolg van verkennende variant 4 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen in beperkt deel Herkenboscherbroek), t.o.v. huidige situatie



Figuur 3.30: Verandering GLG als gevolg van verkennende variant 4 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen in beperkt deel Herkenboscherbroek), t.o.v. huidige situatie

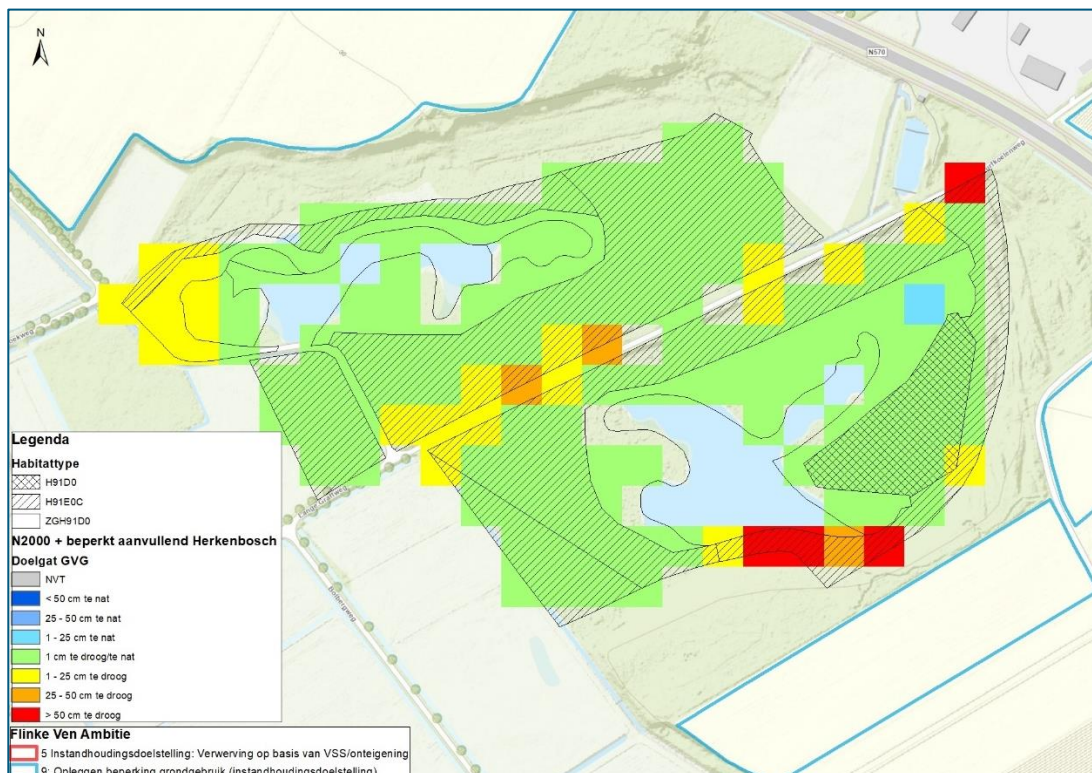
Figuren 3.31 en 3.32 geven voor de verkennende variant 4 het berekende doelgat GVG en doelgat GLG weer.

De aanvullende waterconserverende maatregelen in het Herkenboscherbroek zorgen ten opzichte van de Natura2000-maatregelen voor een flinke vermindering van het doelgat GVG in het westelijk deel van de Turfkoelen. In het oostelijk deel van de Turfkoelen blijft het doelgat GVG vrijwel gelijk.

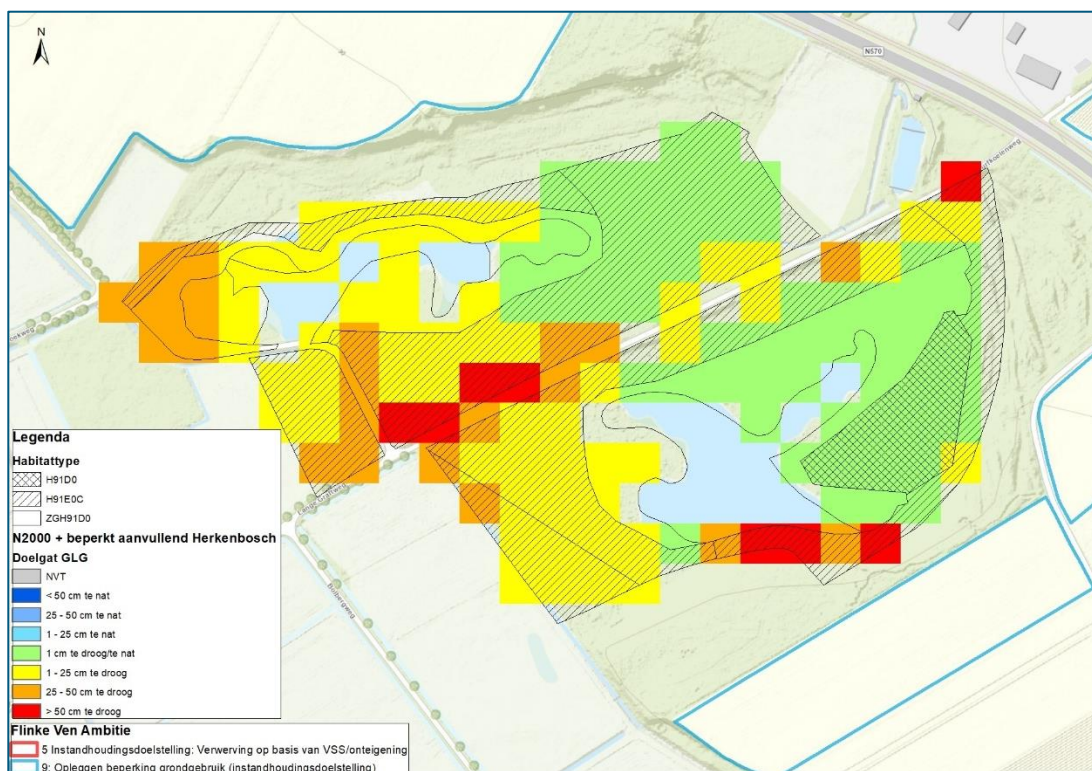
Het doelgat GLG geeft hetzelfde beeld: een flinke vermindering van het doelgat GLG in het westelijk deel van de Turfkoelen en vrijwel hetzelfde doelgat GLG in het oostelijk deel van de Turfkoelen. Desondanks blijft het doelgat GLG in het westelijk deel van de Turfkoelen substantieel; ook na aanvullende waterconserverende maatregelen ligt de GLG enkele centimeters tot lokaal meer dan 50 cm te laag voor de beoogde habitattypen.

Figuur 3.33 geeft de verwachte effecten van verkennende variant 4 op natschade in en rondom het Flinke Ven en de Turfkoelen weer. De ingekleurde vlakken geven alle percelen met functie landbouw weer (conform BRP), met een stijging van de GHG van meer dan 5 cm. In de groen weergegeven percelen bedraagt de GHG-stijging meer dan 5 cm én is de GHG na uitvoering van de maatregelen ondieper dan 50 cm onder maaiveld. Hier is toename van natschade niet uit te sluiten.

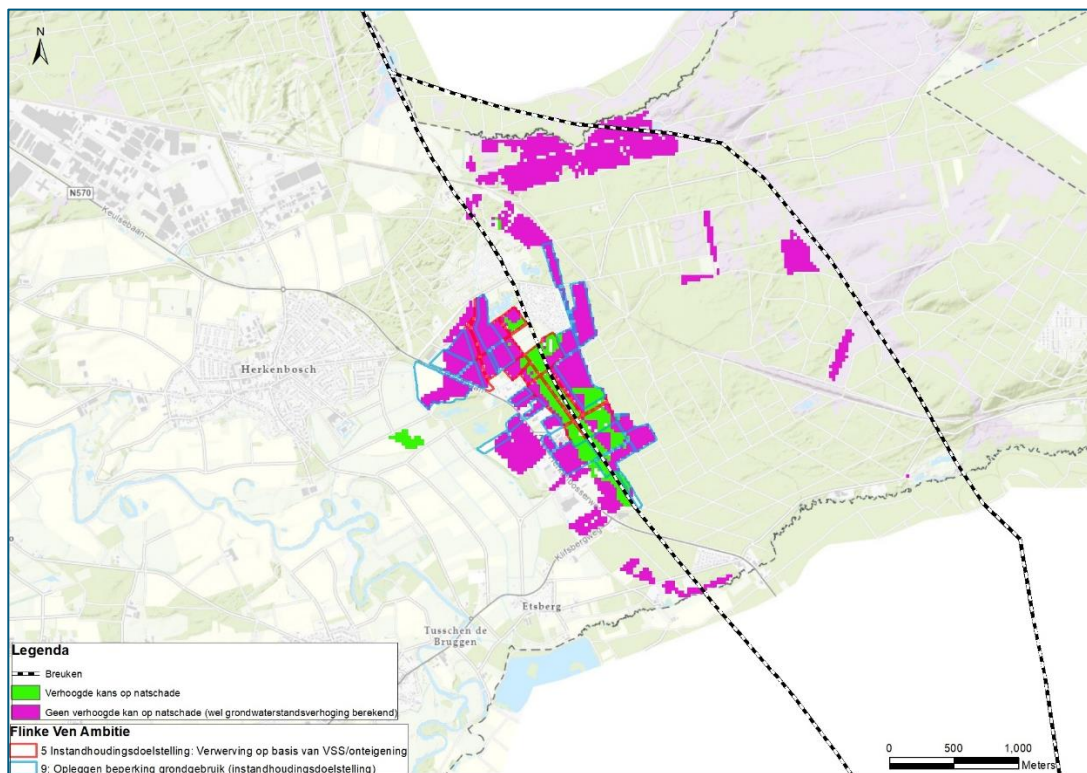
De effecten komen vrijwel exact overeen met die als gevolg van de Natura2000-maatregelen (Figuur 3.11). Alleen ten westen van de Turfkoelen is over een beperkt extra areaal toename van natschade te verwachten.



Figuur 3.31: Doelgat GVG als gevolg van verkennende variant 4 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen in beperkt deel Herkenboscherbroek)



Figuur 3.32: Doelgat GLG als gevolg van verkennende variant 4 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen in beperkt deel Herkenboscherbroek)



Figuur 3.33: Mogelijke natschade als gevolg van verkennende variant 4 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen in beperkt deel Herkenboscherbroek)

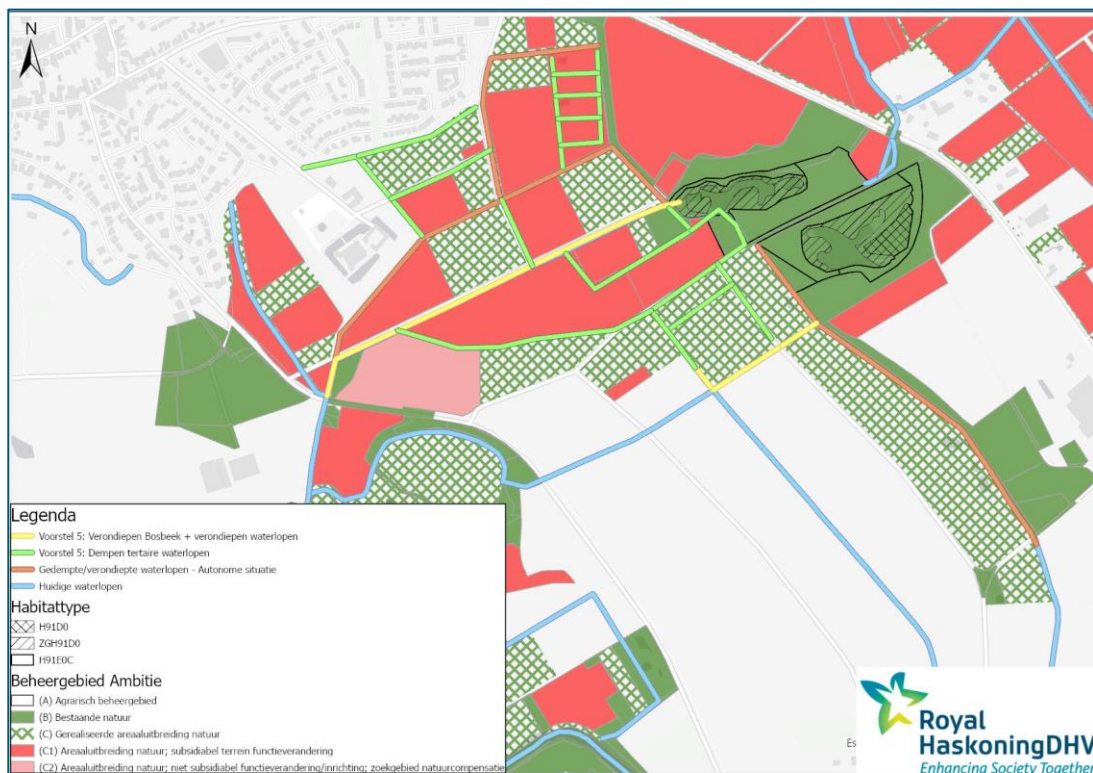
3.4.6 Variant 5: Natura2000-maatregelen met extra waterconservering in ruimer deel Herkenboscherbroek

De maatregelen uit het beheerplan Natura2000 zorgen ten opzichte van de huidige situatie voor een verbetering van de doelrealisatie natuur (vermindering van het doelgat GVG en GLG). Met name in het westelijke deel van de Turfkoelen blijven de grondwaterstanden -ook na uitvoering van de Natura2000-maatregelen te laag voor de aanwezige habitattypen. Dit geldt voor de GVG en met name voor de GLG. In variant 4 zijn aanvullend extra waterconserverende maatregelen opgenomen in het Herkenboscherbroek. Deze maatregelen zorgen voor een verbetering van de doelrealisatie natuur in het westelijk deel van De Turfkoelen (zie paragraaf 3.4.5), maar nog steeds is op veel plaatsen sprake van een doelgat GVG en GLG.

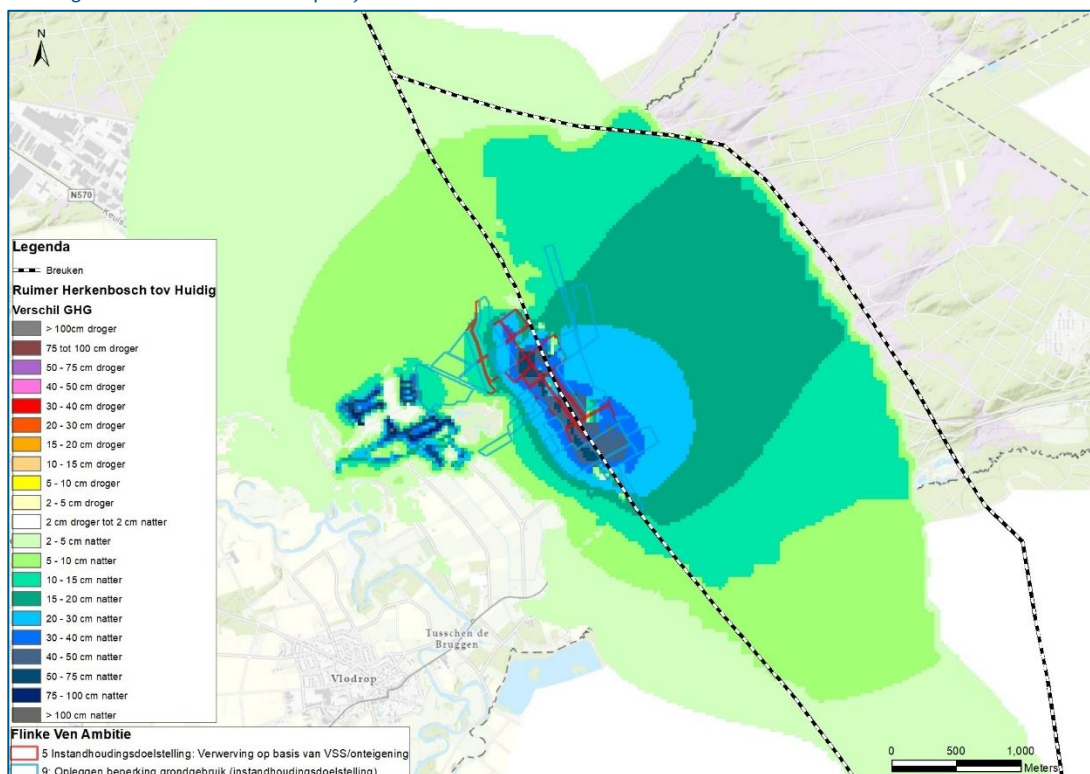
In verkennende variant 5 is het pakket Natura2000-maatregelen aangevuld met extra waterconserverende maatregelen in een ruimer deel van het Herkenboscherbroek (aanzienlijk ruimer dan variant 4). Aanvullend op de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan (zie paragraaf 3.3 en Figuur 3.6) zijn in variant 5 de volgende waterconserverende maatregelen in het Herkenboscherbroek doorgerekend en geanalyseerd:

- Verondiepen van de Bosbeek ten westen van de Turfkoelen, tot aan de kruising met de Bondersweg;
- Verondiepen van het bovenstroomse deel van de Postbeek, ten zuiden en westen van de Turfkoelen;
- Dempden van een aantal tertiaire watergangen ten westen van de Turfkoelen.

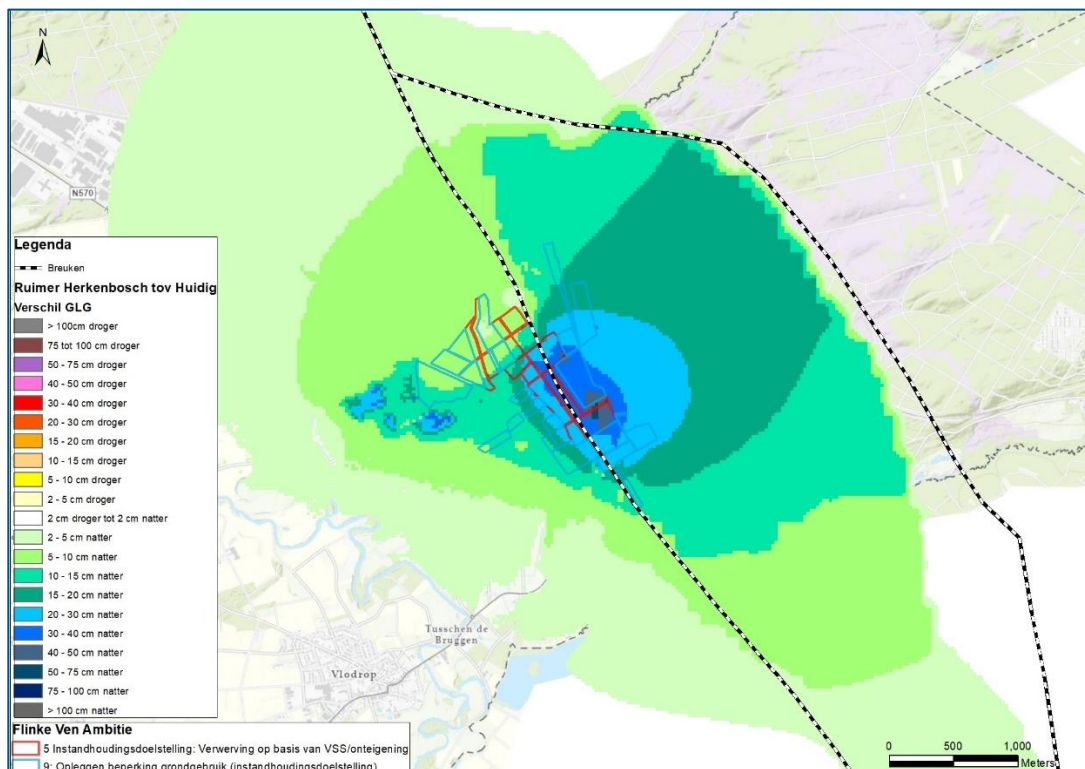
Figuur 3.34 geeft de aanvullende maatregelen van variant 5 in het Herkenboscherbroek weer.



Figuur 3.34: Verkennende variant 5: aanvullende waterconserverende maatregelen Herkenboscherbroek (aanvullend op maatregelen Natura2000-beheerplan)



Figuur 3.35: Verandering GHG als gevolg van verkennende variant 5 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen in ruimer deel Herkenboscherbroek), t.o.v. huidige situatie



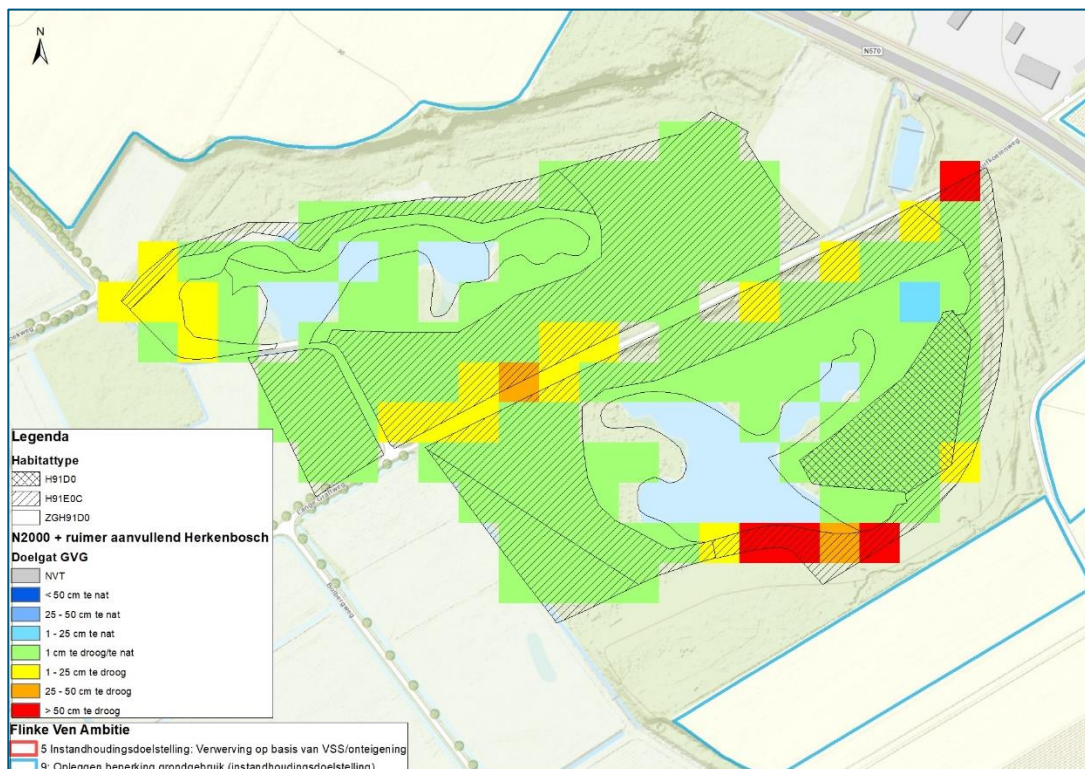
Figuur 3.36: Verandering GLG als gevolg van verkennende variant 5 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen in ruimer deel Herkenboscherbroek), t.o.v. huidige situatie

Figuren 3.35 en 3.36 geven voor variant 5 de berekende veranderingen in GHG en GLG weer, ten opzichte van de huidige situatie. Ten oosten van de Peelrandbreuk en ten zuiden van de Turfkoelen komen de GHG- en GLG-verhogingen vrijwel overeen met de Natura2000-maatregelen. In de Turfkoelen en ten westen en noorden van de Turfkoelen zorgen de aanvullende maatregelen in het Herkenboscherbroek voor extra stijging van de GHG en GLG, ook ten opzichte van variant 4.

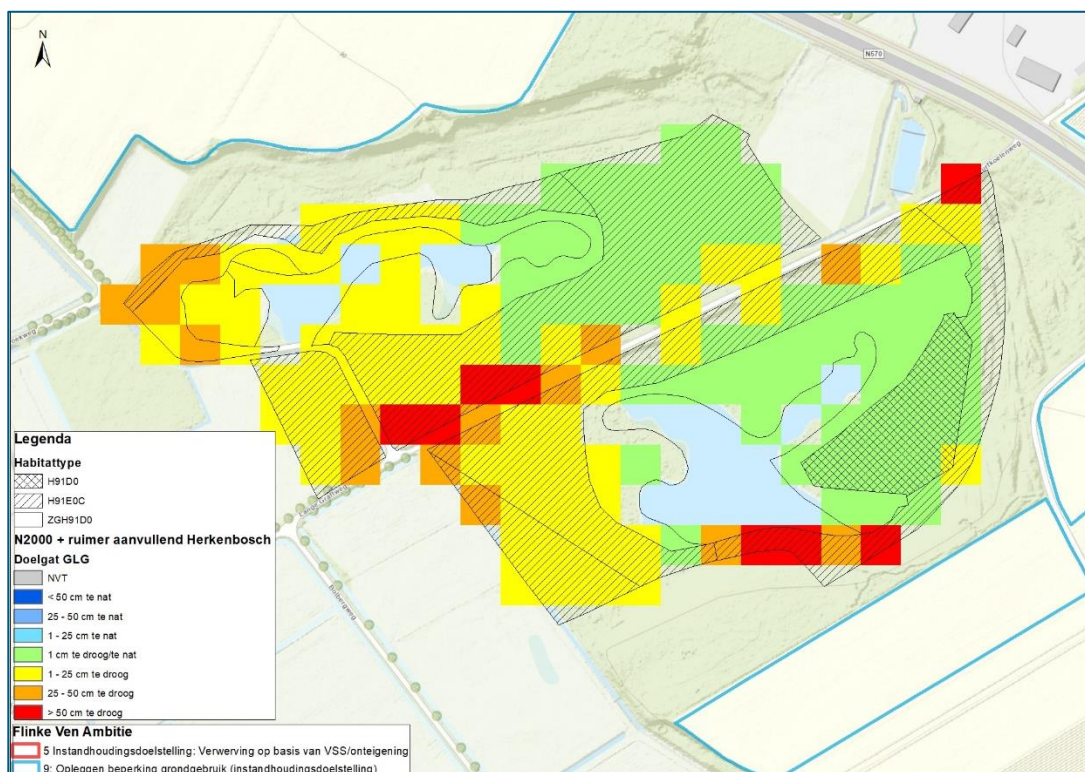
Figuren 3.37 en 3.38 geven voor de verkennende variant 5 het berekende doelgat GVG en doelgat GLG weer.

De aanvullende waterconserverende maatregelen in het Herkenboscherbroek zorgen ten opzichte van de Natura2000-maatregelen (en variant 4) voor een flinke vermindering van het doelgat GVG in het westelijk deel van de Turfkoelen. In het oostelijk deel van de Turfkoelen blijft het doelgat GVG vrijwel gelijk.

Het doelgat GLG geeft hetzelfde beeld: een flinke vermindering van het doelgat GLG in het westelijk deel van de Turfkoelen en vrijwel hetzelfde doelgat GLG in het oostelijk deel van de Turfkoelen. Desondanks blijft op veel locaties in het westelijk deel van de Turfkoelen sprake van een doelgat GLG. Op de meeste plaatsen in het westelijk deel van de Turfkoelen ligt het doelgat GLG (na uitvoering van de maatregelen van variant 5) tussen enkele centimeters en 25 cm. Op enkele plekken ligt de GLG meer dan 25 cm (en lokaal zelfs meer dan 50 cm) te laag voor de beoogde habitattypen.



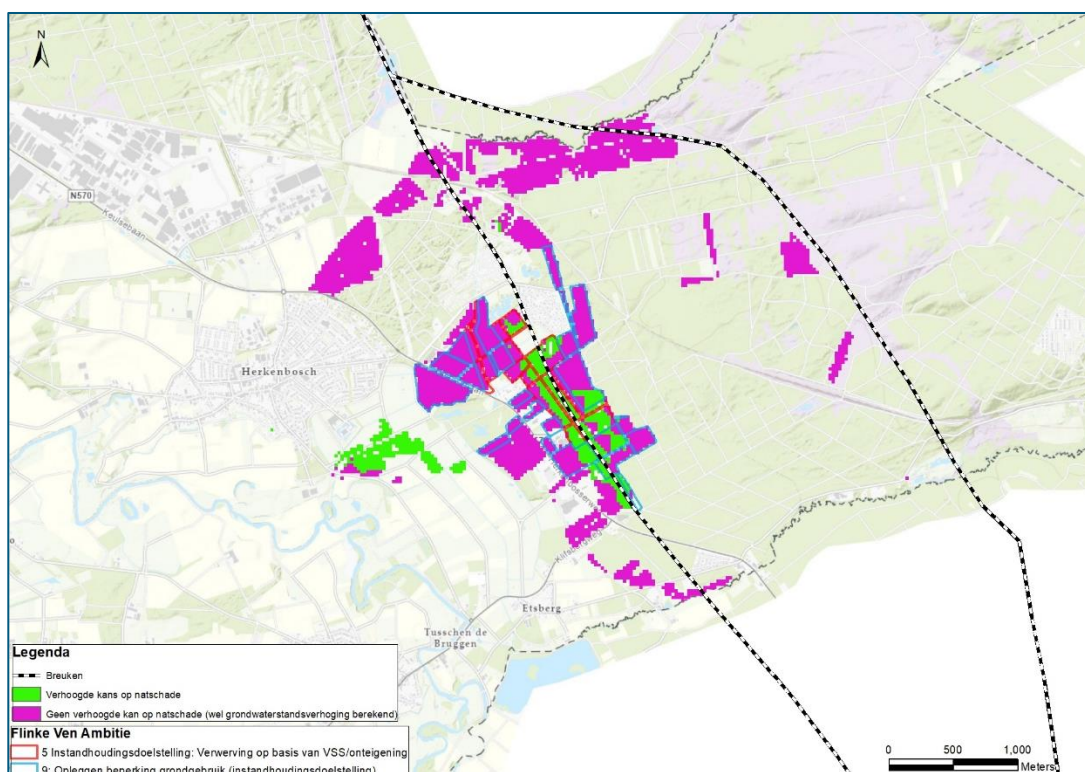
Figuur 3.37: Doelgat GVG als gevolg van verkennende variant 5 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen in ruimer deel Herkenboscherbroek)



Figuur 3.38: Doelgat GLG als gevolg van verkennende variant 5 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen in ruimer deel Herkenboscherbroek)

Figuur 3.39 geeft de verwachte effecten van verkennende variant 5 op natschade in en rondom het Flinke Ven en de Turfkoelen weer. De ingekleurde vlakken geven alle percelen met functie landbouw weer (conform BRP), met een stijging van de GHG van meer dan 5 cm. In de groen weergegeven percelen bedraagt de GHG-stijging meer dan 5 cm én is de GHG na uitvoering van de maatregelen ondieper dan 50 cm onder maaiveld. Hier is toename van natschade niet uit te sluiten.

Ten oosten van de Turfkoelen komen de effecten vrijwel exact overeen met die als gevolg van de Natura2000-maatregelen (Figuur 3.11). Ten westen van de Turfkoelen is over een aanzienlijk extra areaal toename van natschade te verwachten. Een flink deel van dit landbouwareaal met mogelijke natschade is momenteel al aangekocht en omgezet naar nieuwe natuur of zal op korte termijn worden verworven.



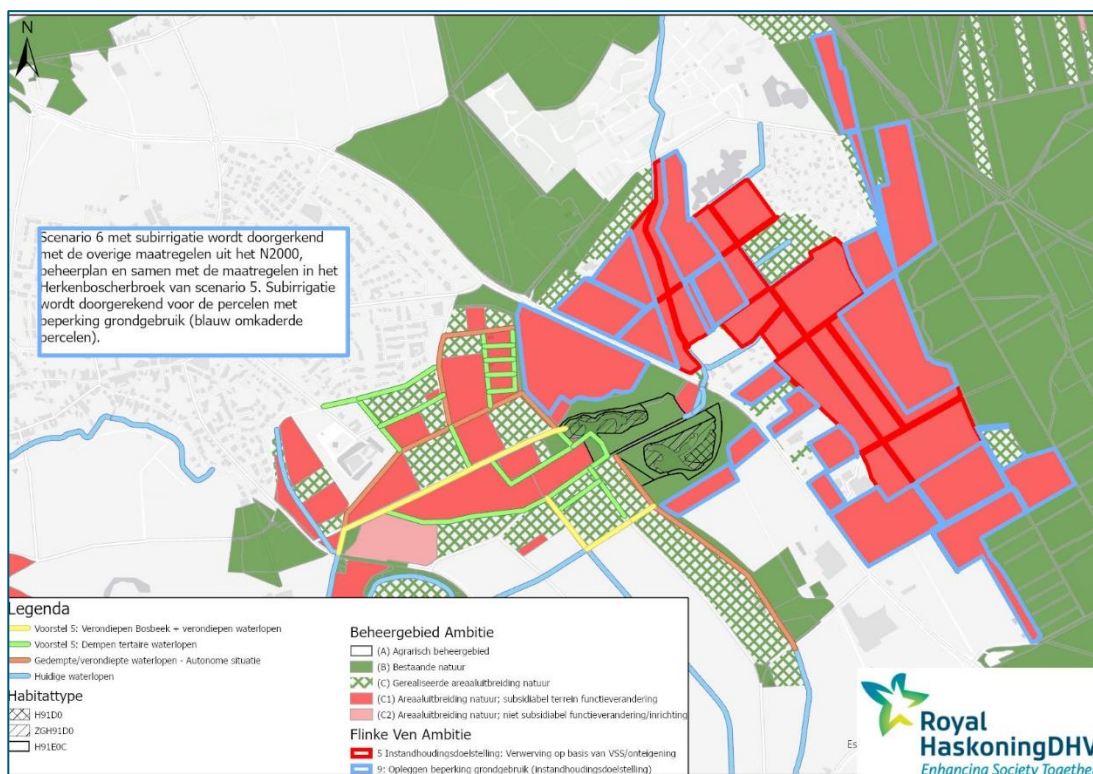
Figuur 3.39: Mogelijke natschade als gevolg van verkennende variant 5 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen in ruimer deel Herkenboscherbroek)

3.4.7 Variant 6: Natura2000-maatregelen met extra waterconservering in ruimer deel Herkenboscherbroek. Subirrigatie Flinke Ven met wateraanvoer van elders

Om de doelrealisatie natuur in de Turfkoelen verder te verbeteren, is in deze variant aanvullend het effect onderzocht van subirrigatie met extern aangevoerd water in delen van het Flinke Ven. Variant 6 bestaat uit de volgende maatregelen:

- Maatregelen zoals opgenomen in het Natura2000-beheerplan (zie paragraaf 3.3 en Figuur 3.6);
- Aanvullende waterconserverende maatregelen in een ruimer deel van het Herkenboscherbroek, zoals opgenomen in variant 5 (zie paragraaf 3.4.6 en Figuur 3.34);
- Subirrigatie met extern aangevoerd water in delen van het Flinke Ven. Uitgangspunt is dat alle delen van het Flinke Ven, die conform het Natura2000-beheerplan een landbouwfunctie behouden (al dan niet in aangepaste of beperkte vorm) voorzien worden van peilgestuurde drainage met subirrigatie. Peilgestuurde drainage en subirrigatie zijn toegepast voor de blauw omlijnde percelen in het Flinke

Ven, zoals weergegeven in Figuur 3.40. Aangenomen is dat de subirrigatie plaatsvindt met water, dat van elders wordt aangevoerd. Mogelijke bronnen zijn water uit de Roer, water uit de Effelder Waldsee of bemalingswater vanuit de bruinkoolgroeves in Duitsland, dat momenteel ter plaatse van de Nederlands-Duitse grens in het dal van de Bosbeek wordt geïnfiltreerd.

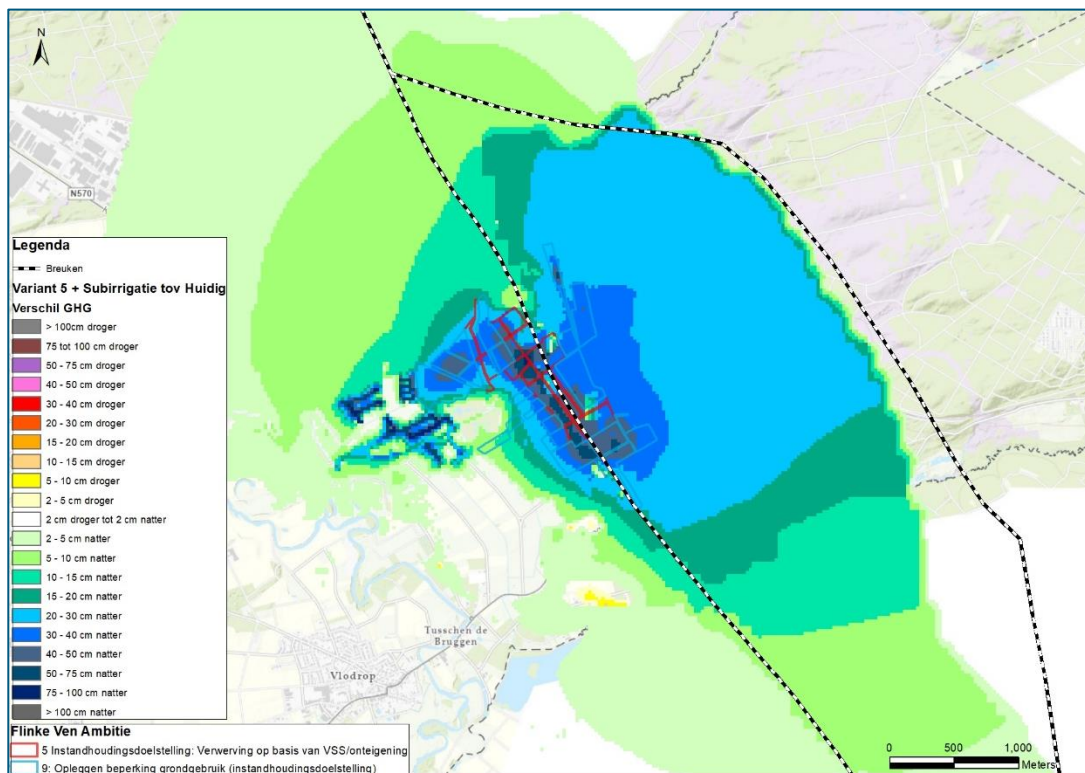


Figuur 3.40: Verkennende variant 6: maatregelen Natura2000-beheerplan met aanvullende waterconserverende maatregelen Herkenboscherbroek (ruimer gebied conform variant 5) en subirrigatie met extern aangevoerd water in delen van het Flinke Ven (blauw omlijnde percelen)

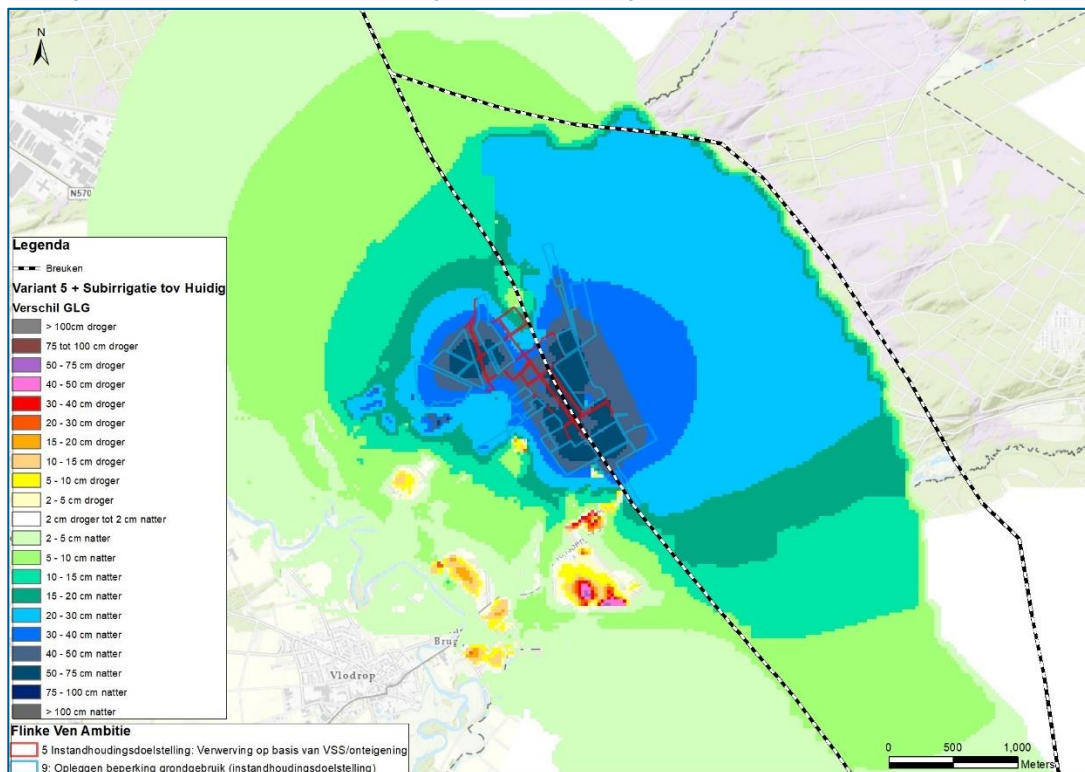
Figuren 3.41 en 3.42 geven voor variant 6 de berekende veranderingen in GHG en GLG weer, ten opzichte van de huidige situatie. De subirrigatie in het Flinke Ven zorgt ten opzichte van variant 5 voor sterkere verhogingen van de GHG en de GLG, zowel in het gebied ten oosten van de Peelrandbreuk als het gebied ten noorden en ten zuiden van de Turfkoelen. In de Turfkoelen zelf blijft de GHG vrijwel gelijk aan die in variant 5. Dit komt omdat de GHG hier in de huidige situatie al praktisch aan maaiveld ligt; verdere stijging van de GHG is daardoor niet of nauwelijks mogelijk. De subirrigatie in variant 6 leidt in de Turfkoelen (ten opzichte van variant 5) wel tot aanzienlijke stijging van de GLG.

Figuren 3.43 en 3.44 geven voor de verkennende variant 6 het berekende doelgat GVG en doelgat GLG weer.

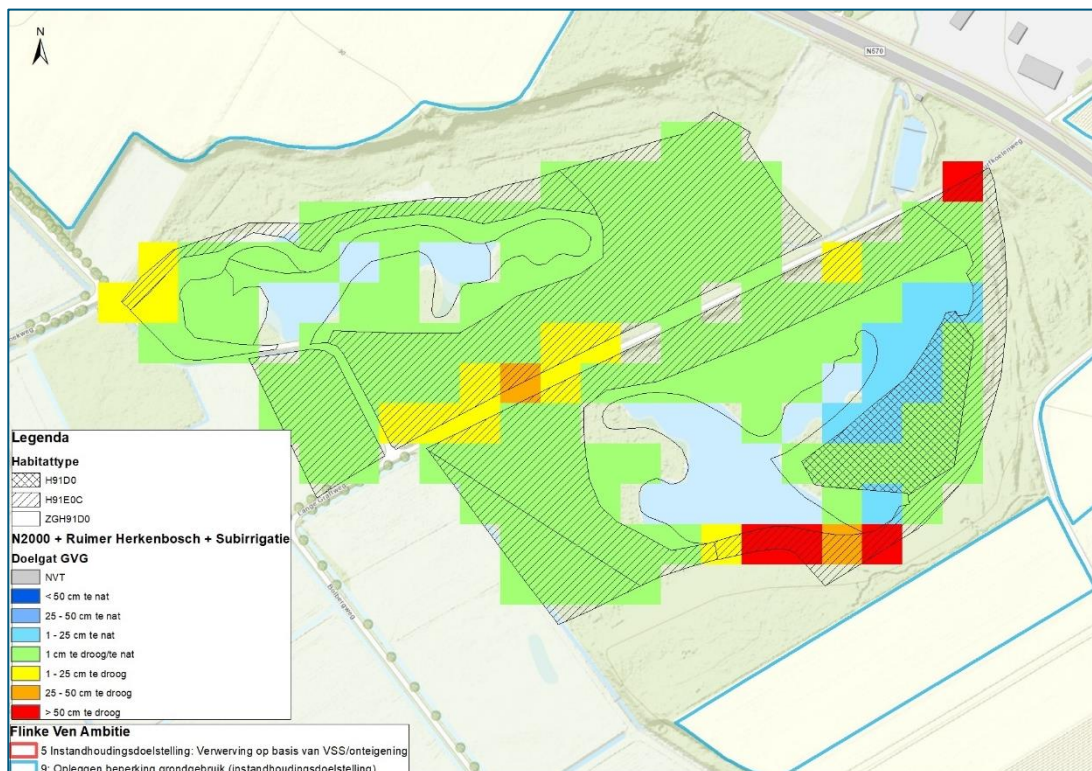
De subirrigatie in delen van het Flinke Ven zorgt ten opzichte van variant 5 in een verdere vermindering van het doelgat GVG in het westelijk deel van de Turfkoelen. In het oostelijk deel van de Turfkoelen wordt de GVG zelfs te hoog voor het beoogde habitattypen (Hoogveenbos). Ook het doelgat GLG neemt in het westelijk deel van de Turfkoelen flink af ten opzichte van variant 5; over het algemeen wordt het doelgat GLG hier kleiner dan 25 cm. In het oostelijk deel van de Turfkoelen blijft het doelgat GLG vrijwel gelijk.



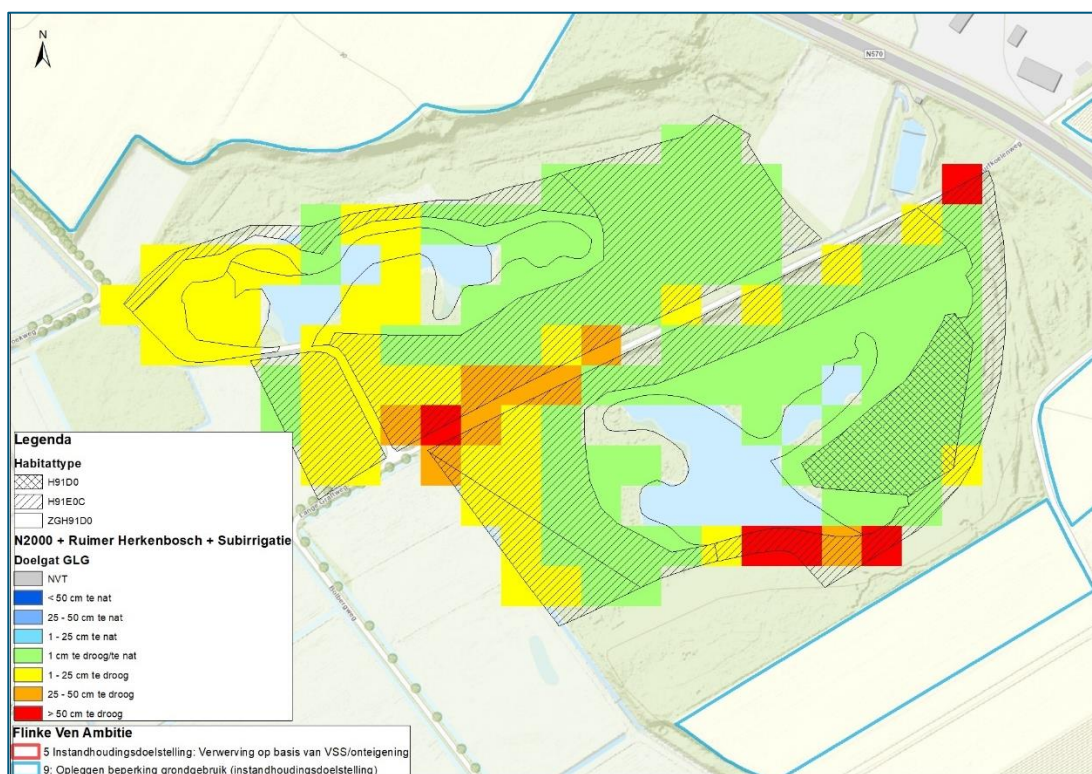
Figuur 3.41: Verandering GHG a.g.v. verkennende variant 6 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen Herkenboscherbroek en subirrigatie met extern aangevoerd water in delen van het Flinke Ven), t.o.v. huidige situatie



Figuur 3.42: Verandering GLG a.g.v. verkennende variant 6 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen Herkenboscherbroek en subirrigatie met extern aangevoerd water in delen van het Flinke Ven), t.o.v. huidige situatie



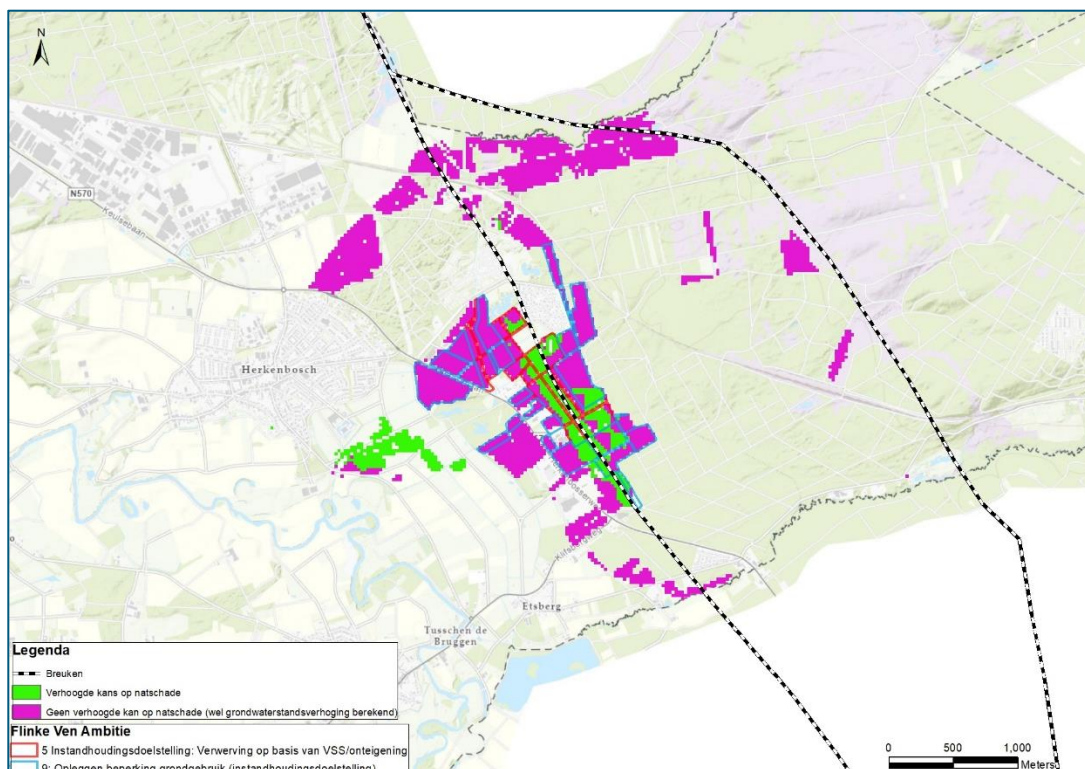
Figuur 3.43: Doelgat GVG a.g.v. verkennende variant 6 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen Herkenboscherbroek en subirrigatie met extern aangevoerd water in delen van het Flinke Ven)



Figuur 3.44: Doelgat GLG a.g.v. verkennende variant 6 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen Herkenboscherbroek en subirrigatie met extern aangevoerd water in delen van het Flinke Ven)

Figuur 3.45 geeft de verwachte effecten van verkennende variant 6 op natschade in en rondom het Flinke Ven en de Turfkoelen weer. De ingekleurde vlakken geven alle percelen met functie landbouw weer (conform BRP), met een stijging van de GHG van meer dan 5 cm. In de groen weergegeven percelen bedraagt de GHG-stijging meer dan 5 cm én is de GHG na uitvoering van de maatregelen ondieper dan 50 cm onder maaiveld. Hier is toename van natschade niet uit te sluiten.

De berekende natschade komt vrijwel overeen met die van variant 5. Dit komt omdat de berekende verhogingen van de GHG ten opzichte van variant 5 voornamelijk optreden in gebieden met natuurfunctie.



Figuur 3.45: Mogelijke natschade als gevolg van verkennende variant 6 (Natura2000-maatregelen met aanvullende waterconserverende maatregelen in ruimer deel Herkenboscherbroek en subirrigatie met extern aangevoerd water in delen van het Flinke Ven)

3.5 Voorkeursvariant

3.5.1 Onderbouwing keuze voorkeursvariant

Op basis van de analyse en beoordeling van de 6 verkennende varianten is een voorkeursscenario vastgesteld. Van de doorgerekende verkennende varianten zorgen varianten 5 en 6 voor de hoogste doelrealisatie voor de Natura2000-habitattypen in de Turfkoelen.

Door de subirrigatie met van elders aangevoerd water zorgt variant 6 voor extra grondwaterstandsverhoging en een hogere doelrealisatie natuur ten opzichte van variant 5. Voor de subirrigatie van delen van het Flinke Ven zoals aangenomen in variant 6 is jaarlijks een debiet van ruim 300.000 m³ aan extern aangevoerd water nodig. Het jaarlijks benodigde debiet varieert met ongeveer 10% afhankelijk van het neerslagtekort per jaar.

Variant 6 is alleen als reëel te beschouwen als het extern aan te voeren debiet van ruim 300.000 m³/jaar ook daadwerkelijk beschikbaar is, van voldoende en passende kwaliteit is en op een haalbare en

betaalbare wijze naar het Flinke Ven kan worden geleid. De volgende 3 bronnen van extern aan te voeren water zijn beoordeeld:

- Bemalingswater uit de bruinkoolgroeve Garzweiler in Duitsland, dat momenteel door RWE in een rij putten net over de Nederlands-Duitse grens wordt geïnfilteerd;
- Water uit de Roer;
- Water uit de Effelder Waldsee, een waterplas net over de grens, ten oosten van Vlodrop.

Hieronder volgt de beoordeling van de geschiktheid van deze bronnen.

Bemalingswater van de bruinkoolgroeve Garzweiler

Uit rapportages van RWE blijkt dat het infiltratiewater vanuit de bruinkoolgroeve Garzweiler ca. 320 mg/l bicarbonaat bevat, ca. 25 mg/l chloride, 50 mg/l sulfaat en een verwaarloosbare concentratie nitraat (RWE, 2019). Conform het OGOR-meetnet bedragen de standplaatseisen t.p.v. de Turfkoelen maximaal 50 mg/l bicarbonaat (HCO_3^-), maximaal 35 mg/l chloride, maximaal 35 mg/l sulfaat en maximaal 1 mg/l nitraat. Het infiltratiewater van Garzweiler voldoet aan de kwaliteitseisen voor chloride en nitraat. Sulfaat ligt iets hoger dan de standplaatseis (50 mg/l vs. < 35 mg/l). Bicarbonaat ligt veel te hoog (320 mg/l vs. < 50 mg/l), meer dan 6x te hoog. De te hoge concentraties sulfaat en de veel te hoge concentraties bicarbonaat zorgen ervoor dat het infiltratiewater vanuit Garzweiler **ongeschikt** is om in te zetten voor subirrigatie in het Flinke Ven. Omdat een substantieel deel van dit water via lokale kwel in de Turfkoelen terecht komt, zal de waterkwaliteit in de Turfkoelen in ongunstige zin worden beïnvloed, met name door de veel te hoge concentraties bicarbonaat.

Water uit de Roer

De geschiktheid van deze bron is beoordeeld op basis van recente waterkwaliteitsmetingen van Waterschap Limburg. Er is gefocust op EGV, pH, Cl SO_4 . Uit de gegevens van Waterschap Limburg blijkt dat de waterkwaliteit van de Roer de laatste 25 jaar sterk is verbeterd, maar:

- EGV / mineraalrijkdom is hoog (gemiddeld 565 uS/cm).
- Gelet op de zeer hoge pH gaat het om basisch water (pH gem. 7,9).
- De concentraties Chloride wijzen op vervuiling, hetgeen op zich niet vreemd is; de gemiddelde concentratie Cl bedraagt 49 mg/l.
- Het gemeten Sulfaatgehalte is vrij hoog, gemiddeld ca. 85 mg/l.

Samenvattend is het water van de Roer te karakteriseren als licht vervuild, gebufferd water, met een vrij hoge sulfaatbelasting. Voor de ecologische ontwikkeling van de Roer als laaglandrivier is de huidige waterkwaliteit zeer acceptabel (de huidige soortensamenstelling aan waterplanten in de Roer wijst ook in deze richting). Als aanvulling van het van nature basenarmere lokale grondwater in het Flinke Ven en de Turfkoelen is het water uit de Roer echter **ongeschikt**. Het staat er kwalitatief te ver vandaan. De pH van 7,9 ligt ver buiten de gewenste bandbreedte (pH 3,5 - 6,5), het sulfaatgehalte van ca. 85 mg/l ligt ver boven de gewenste waarde van ca. 45 mg/l en de EGV ligt met gemiddeld 565 uS/cm ongeveer tweemaal hoger dan de gewenste waarde van 250 à 300 uS/cm. Bovengenoemde grenswaarden en bandbreedtes zijn gebaseerd op de Referentiewaarden van het OGOR-meetnet voor hoogveenbos, veenmosrijke heide en veldrus-schraalland.

Water uit de Effelder Waldsee

Hiervan hebben we geen waterkwaliteitsgegevens kunnen achterhalen. Mogelijk ligt de samenstelling van het water van de Effelder Waldsee -van de drie beschouwde bronnen- het 'dichtst' bij het gewenste watertype in het Flinke Ven en de Turfkoelen. Navraag bij de Kreis Heinsberg wijst uit dat de beheerders van de Effelder Waldsee de inzet van water uit de Effelder Waldsee ten behoeve van subirrigatie in het Flinke Ven onder geen voorwaarde acceptabel achten, dit vanwege de natuurfunctie van het meer en de functie als zwemwater. De toestroom van water naar de Effelder Waldsee is in de huidige situatie al suboptimaal, wat zich in warme droge zomerperioden uit in beperkte problemen met algenbloei. Op basis

van deze motivatie is ook het water uit de Effelder Waldsee als ongeschikt te beschouwen als externe bron voor subirrigatie in het Flinke Ven.

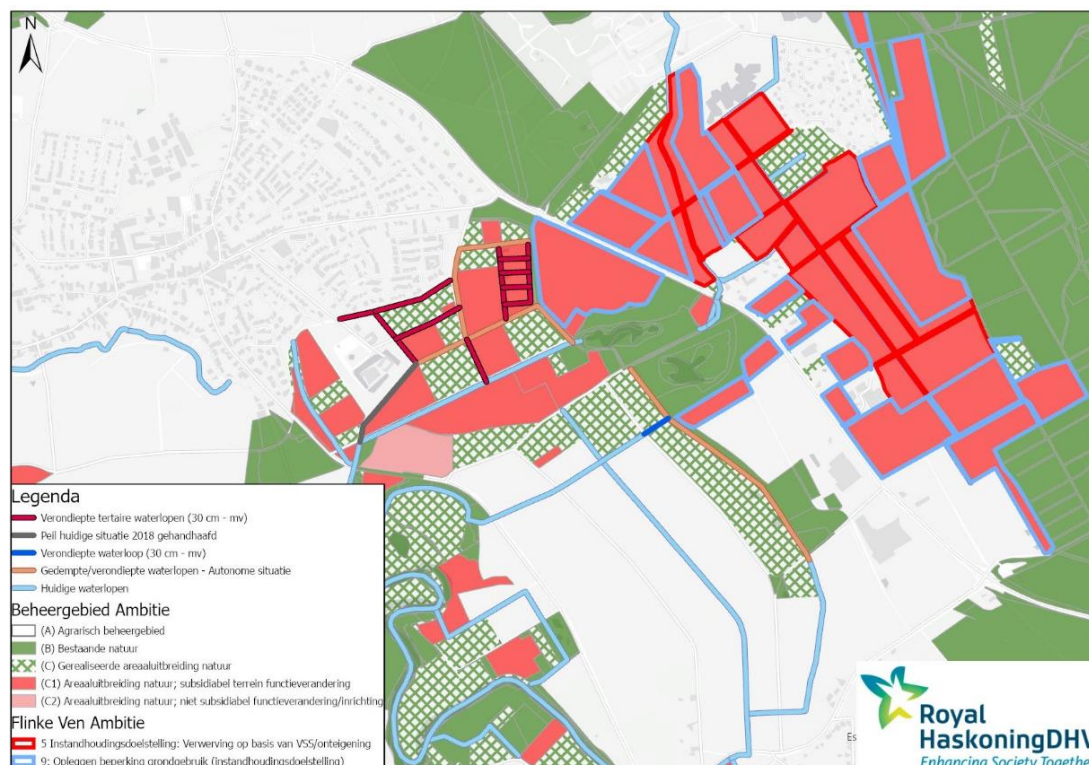
Omdat de drie onderzochte bronnen van extern aan te voeren water als ongeschikt zijn beschouwd om in te zetten voor subirrigatie in het Flinke Ven, beoordelen we de kennende variant 6 als niet haalbaar. Om deze reden is verkennende variant 5 uitgewerkt naar een voorkeursvariant.

3.5.2 Aanpassing referentiesituatie

De effecten van het maatregelen uit het Natura2000-beheerplan en de 6 verkennende varianten zijn afgezet tegen de referentiesituatie van de periode 2010 tot en met 2019, die is gebruikt voor de kalibratie van het grondwatermodel in fase 1 van dit onderzoek (Royal HaskoningDHV, 2021b). Tijdens de vaststelling van de voorkeursvariant bleek dat de volgende waterconserverende maatregelen recentelijk, tussen 2019 en 2022 al zijn uitgevoerd:

- Een aantal tertiaire watergangen ten noorden van de Bosbeek is verondiept tot ongeveer 30 cm onder maaiveld (rode lijnen in Figuur 3.46).
- In een waterloop ten zuiden van kasteel Daelenbroeck, tot aan de Bondersweg, zijn de peilen gelijkgebleven aan die in 2018 (grijze lijn in Figuur 3.46).
- Een waterloop ten zuiden van de Turfkoelen is verondiept tot 30 cm onder maaiveld (blauwe lijn in Figuur 3.46).

Figuur 3.46 geeft het watersysteem weer in de referentiesituatie 2022, inclusief de recentelijk doorgevoerde maatregelen en aanpassingen.



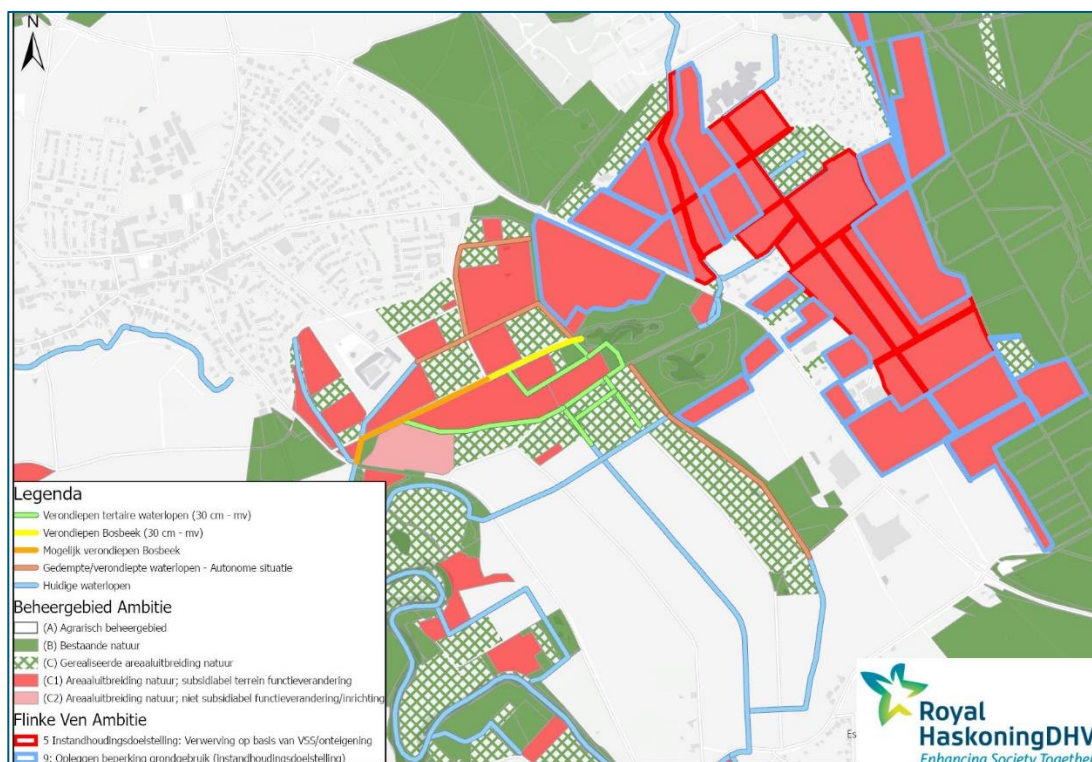
Figuur 2.46: Referentiesituatie 2022

De effecten van de voorkeursvariant zijn bepaald ten opzichte van de referentiesituatie 2022 (Huidig 2022).

3.5.3 Maatregelen voorkeursvariant

De voorkeursvariant is gebaseerd op verkennende variant 5, waarbij een aantal kleine wijzigingen in de maatregelen zijn doorgevoerd. De maatregelen van de voorkeursvariant zijn weergegeven in Figuur 3.47. Ten opzichte van verkennende variant 5 zijn in de voorkeursvariant de volgende wijzigingen doorgevoerd:

- De Bosbeek vanaf de Turfkoelen tot aan de samenloop met de kasteelafwatering is verondiept tot 30 cm onder maaiveld (de gele en oranje lijn in Figuur 3.47).
- Een aantal tertiaire watergangen ten zuiden van de Bosbeek en ten westen van de Turfkoelen wordt niet gedempt maar verondiept tot 30 cm onder maaiveld (groene lijnen in Figuur 3.47).



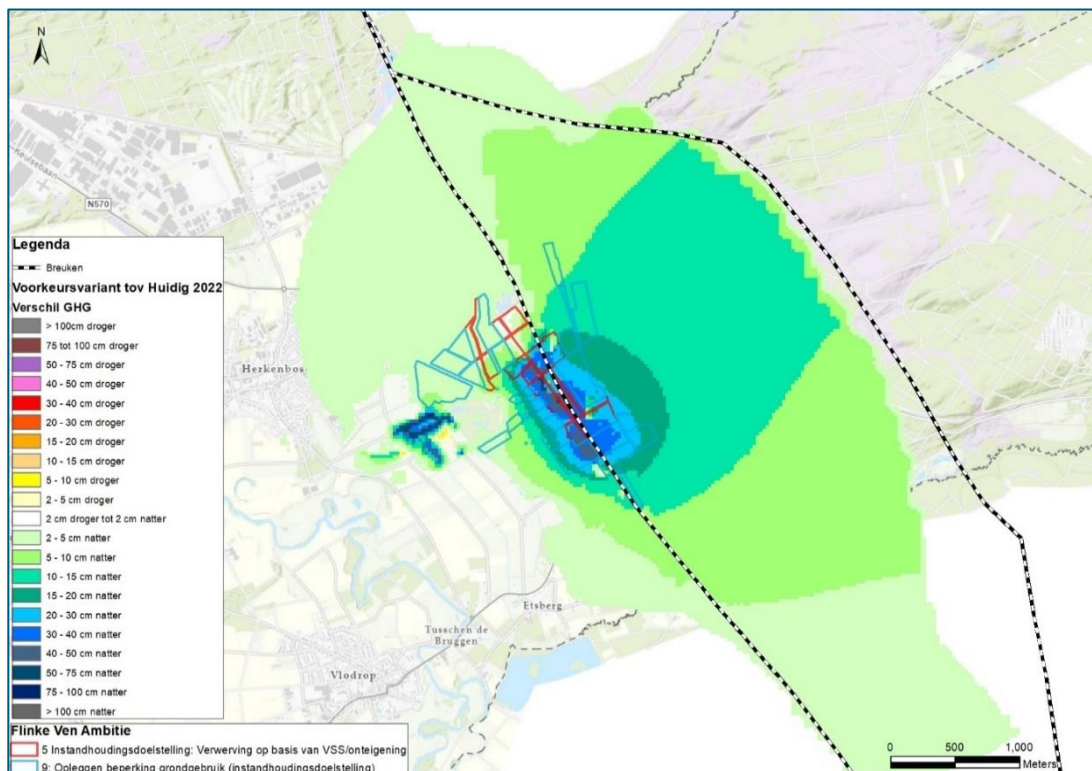
Figuur 3.47: Maatregelen voorkeursvariant

3.5.4 Effecten voorkeursvariant

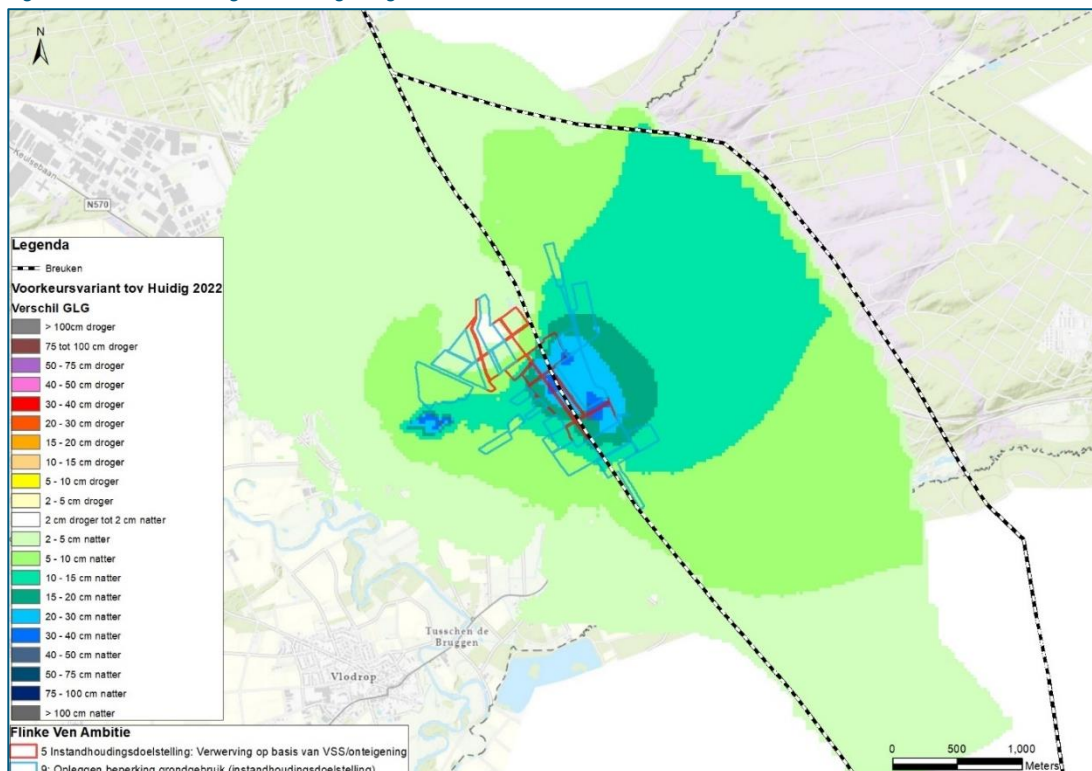
Figuren 3.48 en 3.49 geven voor de voorkeursvariant de berekende veranderingen in GHG en GLG weer, ten opzichte van de referentiesituatie 2022 (Huidig 2022). Ten oosten van de Peelrandbreuk en ten zuiden van de Turfkoelen komen de GHG- en GLG-verhogingen vrijwel overeen met de Natura2000-maatregelen. In de Turfkoelen en ten westen en noorden van de Turfkoelen zorgen de aanvullende maatregelen in het Herkenbosscherbroek voor extra stijging van de GHG en GLG.

Figuur 3.50 geeft voor de voorkeursvariant de berekende verandering in kwel weer. In het Flinke Ven neemt door de vernattingsmaatregelen de kwel af. In de zone bij de Peelrandbreuk blijft ook na maatregelen een kwelsituatie bestaan. Verder van de breuk af ontstaat door de maatregelen in de voorkeursvariant een versterkte wegzijging naar de ondergrond. Ook in het Herkenbosscherbroek ten westen en noordwesten van de Turfkoelen leidt het verondiepen en dempen van watergangen voor een vermindering van de kwel. In de Turfkoelen is een aanzienlijke toename van kwel te verwachten van 0,1 mm/d tot lokaal meer dan 1 mm/d. Deze kweltoename is met name gunstig voor de ontwikkeling van het habitatype Vochtige alluviale bossen (Elzenbroekbos), die afhankelijk zijn van de aanvoer van aangerijkt grondwater. In de delen van het gebied met habitatype Hoogveenbos werkt het eveneens gunstig uit;

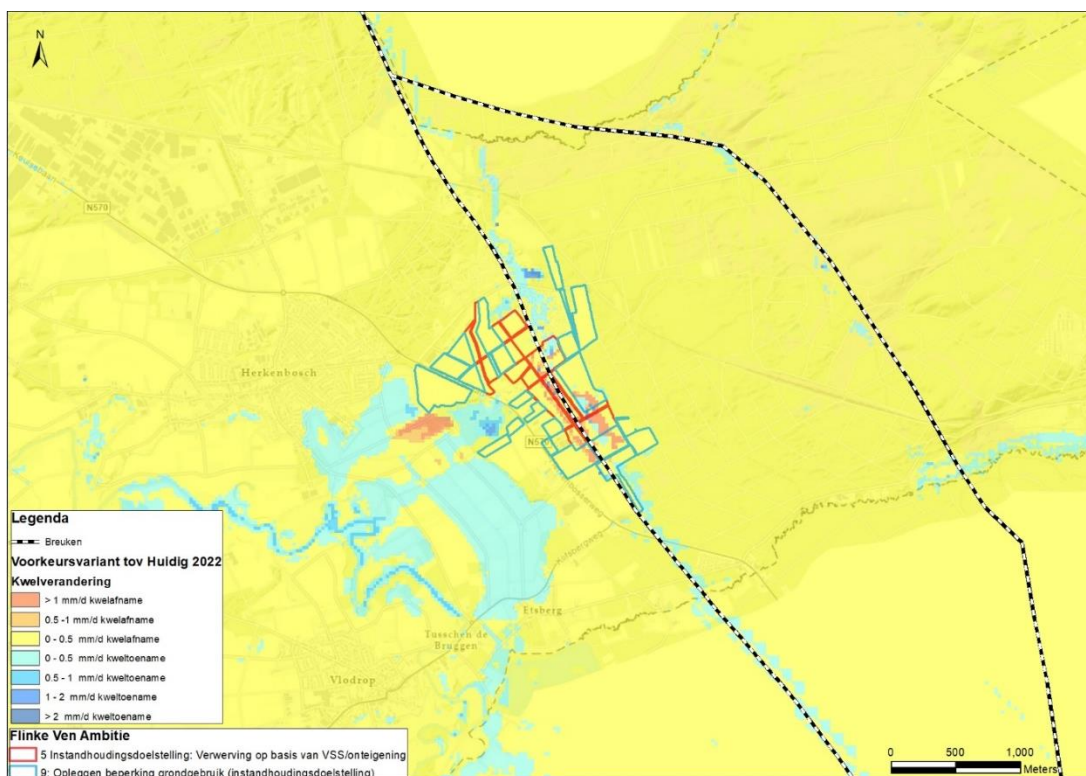
door de toegenomen lokale kwel vanuit het Flinke Ven zakt de GLG minder ver uit dan in de huidige situatie (zie ook Figuur 3.49).



Figuur 3.48: Verandering GHG als gevolg van voorkeursvariant, t.o.v. referentiesituatie 2022



Figuur 3.49: Verandering GLG als gevolg van voorkeursvariant, t.o.v. referentiesituatie 2022



Figuur 3.50: Berekende veranderingen kwel als gevolg van voorkeursvariant, ten opzichte van referentiesituatie 2022

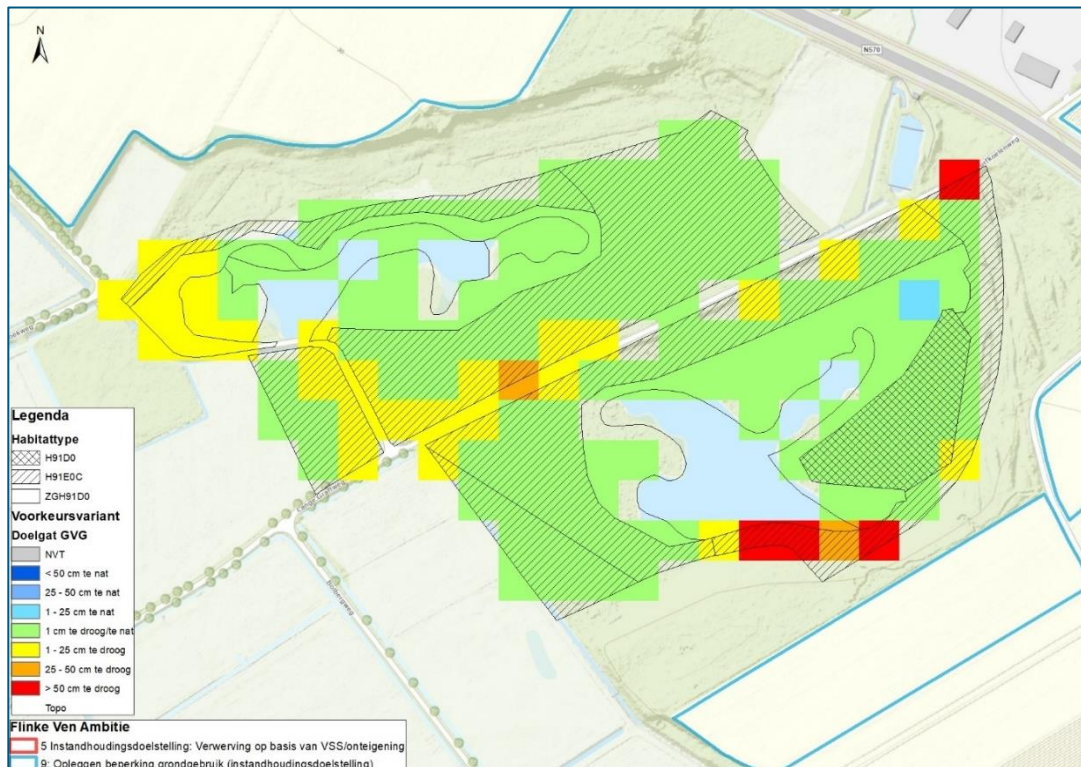
Figuren 3.51 en 3.52 geven voor de situatie na uitvoering van de maatregelen van de voorkeursvariant het berekende doelgat GVG en doelgat GLG weer.

In het bestaande areaal Hoogveenbossen (H91D0) in de Turfkoelen (weergegeven met dubbele arcering) wordt -net als in de huidige situatie- vrijwel volledig voldaan aan de eisen ten aanzien van GVG en GLG. Slechts in één rekenpixel van 25x25 m wordt een doelgat berekend van minder dan 25 cm (voornamelijk het gevolg van schaalverschillen). Het doelgat neemt hier zowel voor de GVG als de GLG af t.o.v. de huidige situatie.

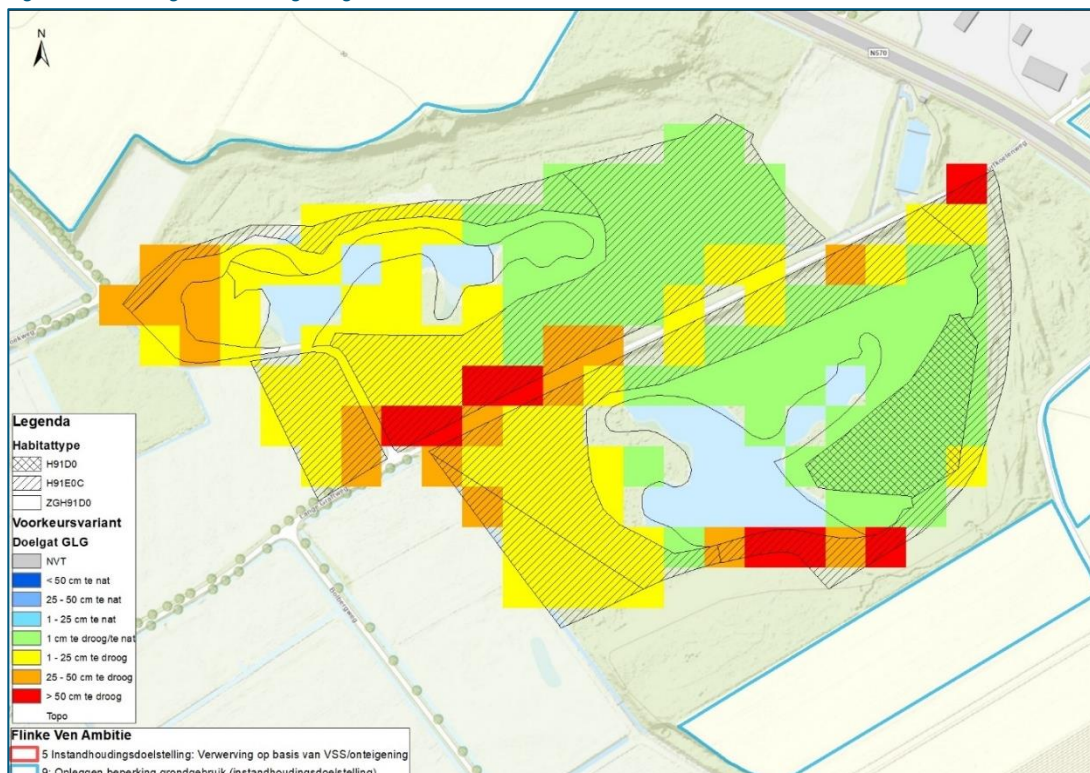
In het bestaande areaal Vochtige Alluviale bossen (H91E0C, Elzenbroekbos), weergegeven met een enkele diagonale arcering, neemt het berekende doelgat af ten opzichte van de huidige situatie, vooral voor de GLG-situatie. Voor wat betreft de GVG wordt over het grootste deel van het areaal voldaan aan de eisen van het habitatype. Lokaal ligt de GVG nog te laag; dit is met name het geval aan weerszijden van de zandweg die van oost naar west door de Turfkoelen loopt en het meest westelijke en zuidelijke deel van de Turfkoelen. De GVG ligt in deze zone over het algemeen enkele centimeters tot maximaal 25 cm te laag. Door de voorkeursvariant wordt het doelgat GLG aanzienlijk minder, zowel ten opzichte van de huidige situatie als ten opzichte van de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan. In het oostelijke deel van het gekarteerde areaal Vochtige Alluviale bossen wordt voldaan aan de eisen ten aanzien van GLG. In het westelijke en meest zuidelijke deel van het gekarteerde areaal Vochtige Alluviale bossen wordt ook voor de voorkeursvariant een doelgat GLG berekend. Voor het grootste deel ligt de berekende GLG hier tot maximaal 25 cm te laag. Lokaal ligt de berekende GLG meer dan 25 cm te laag.

Het niet gearceerd weergegeven deel van de Turfkoelen vormt het zoekgebied voor het habitatype Hoogveenbossen (ZGFH91D0). In het grootste deel van dit zoekgebied wordt voldaan aan de eisen t.a.v. de GVG. Alleen in het meest westelijke deel van het zoekgebied ligt deze te laag (doelgat GVG enkele centimeters tot 25 cm). In het grootste deel van het zoekgebied wordt voldaan aan de eisen ten aanzien

van GLG. In het meest westelijke deel van het zoekgebied ligt de GLG ook na uitvoering van de voorkeursvariant nog steeds te laag (doelgat enkele centimeters tot maximaal 50 cm).



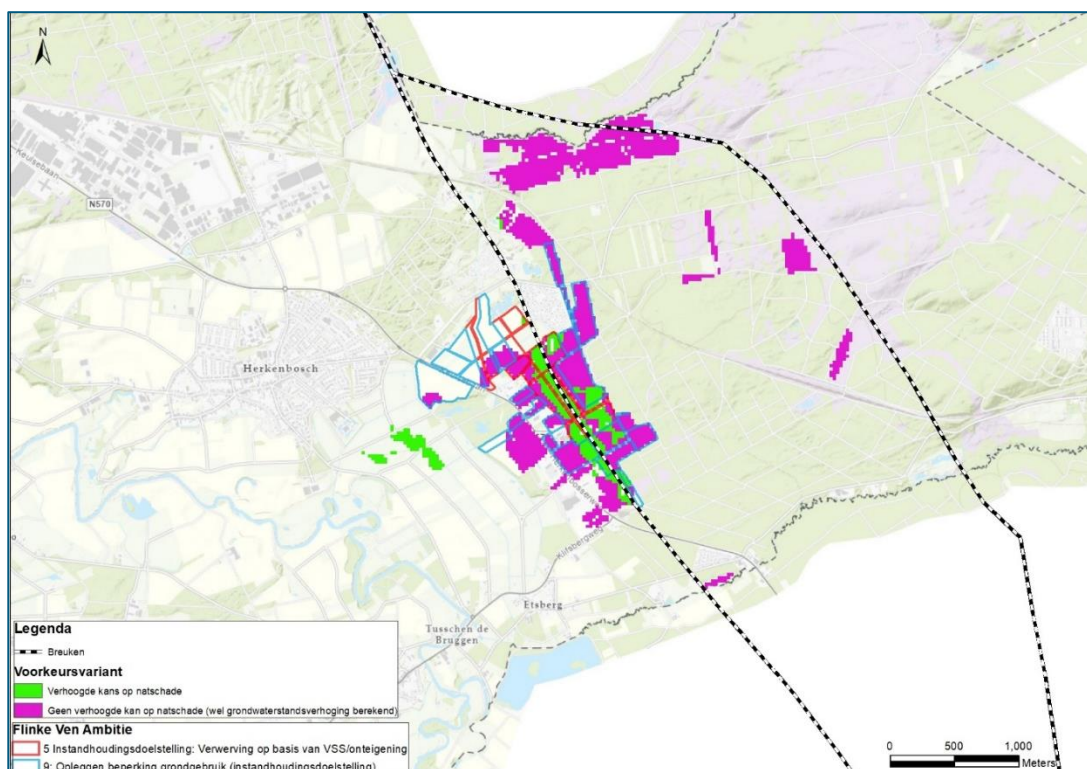
Figuur 3.51: Doelgat GVG als gevolg van voorkeursvariant



Figuur 3.52: Doelgat GLG als gevolg van voorkeursvariant

Figuur 3.53 geeft de verwachte effecten van de voorkeursvariant op natschade in en rondom het Flinke Ven en de Turfkoelen weer. De ingekleurde vlakken geven alle percelen met functie landbouw weer (conform BRP), met een stijging van de GHG van meer dan 5 cm. In de groen weergegeven percelen bedraagt de GHG-stijging meer dan 5 cm én is de GHG na uitvoering van de maatregelen ondieper dan 50 cm onder maaiveld. Hier is toename van natschade niet uit te sluiten. Risico op natschade wordt berekend in:

- Delen van het Flinke Ven; vrijwel alle percelen die landbouwkundig gebruik houden met beperking.
- Delen van het Herkenboscherbroek, ten westen van de Turfkoelen. Een flink deel van dit landbouwareaal met mogelijke natschade is momenteel al aangekocht en omgezet naar nieuwe natuur of zal op korte termijn worden verworven.



Figuur 3.53: Mogelijke natschade als gevolg voorkeursvariant

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

- De in het Natura2000-beheerplan opgenomen maatregelen voor Turfkoelen en Flinke Ven leiden met name in het westelijke en zuidelijke deel van de Turfkoelen voor onvoldoende hydrologisch herstel van de gekarteerde habitattypen (Hoogveenbos en Vochtige Alluviale Bossen). Ook binnen het afgebakende zoekgebied voor uitbreiding van het areaal Hoogveenbos wordt slechts ten dele voldaan aan de eisen ten aanzien van GVG en GLG.
- Na doorrekening en analyse van een zestal verkennende varianten is een voorkeursvariant met hydrologische herstelmaatregelen voor Turfkoelen en Flinke Ven uitgewerkt, bestaande uit de volgende maatregelen:
 - Hydrologische herstelmaatregelen en aanpassingen in landgebruik in het Flinke Ven zoals opgenomen in het Natura2000-beheerplan;
 - Aanvullende waterconserverende maatregelen in een groot deel van het Herkenbosscherbroek ten westen van de Turfkoelen: verondieping van de Bosbeek en verondiepen en dempen van een groot aantal secundaire en tertiaire watergangen.
- De voorkeursvariant leidt tot substantieel verder hydrologisch herstel van de Natura2000-habitattypen in de Turfkoelen, ten opzichte van de huidige situatie en ten opzichte van de maatregelen uit het Natura2000-beheerplan. Met name in het meest westelijke en zuidelijke deel van de Turfkoelen blijven de grondwaterstanden te laag voor de nu aanwezige (gekarteerde) habitattypen en de gewenste uitbreiding van het areaal Hoogveenbos. Dit geldt vooral voor de GLG en in mindere mate voor de GVG.
- De maatregelen in de voorkeursvariant leiden tot risico op natschade aan landbouwareaal in het Flinke Ven en het Herkenbosscherbroek ten westen van de Turfkoelen. In het Flinke Ven betreft het vrijwel het gehele resterende areaal landbouw (met gebruiksbepijking). In het Herkenbosscherbroek gaat het veelal om landbouwgronden die inmiddels zijn verworven als nieuwe natuur of korte termijn zullen worden aangekocht.

4.2 Aanbevelingen

- Een deel van de berekende afwijkingen van de GVG en GLG ten opzichte van het optimale bereik voor de Natura2000-habitattypen (het zogenoemde doelgat GVG en GLG) wordt niet of nauwelijks beïnvloed door de doorgerekende en geanalyseerde maatregelen en blijft ook na realisatie van de voorkeursvariant bestaan. Aanbevolen wordt om nader te onderzoeken waar deze resterende doelgaten door worden veroorzaakt. Mogelijke oorzaken zijn onzekerheden en kaartonzuiverheden in de habitatkartering, onzekerheden in de hydrologische vereisten van de habitattypen, schaalverschillen tussen verschillende gebruikte geografische data (geologische basisinformatie, maaiveldhoogten, bodemkaarten, vegetatiekarteringen) en de ruimtelijke discretisatie van het grondwatermodel (rekencel-grootte).
- Ten tijde van dit onderzoek gaf de Waterwijzer Landbouw nog onvoldoende plausibele uitkomsten. Om deze reden is de mogelijke natschade als gevolg van de voorgestelde maatregelen geanalyseerd op basis van de risicobenadering die eerder is toegepast in een vergelijkbaar onderzoek voor het Natura2000-gebied Leudal. Inmiddels is de Waterwijzer Landbouw wel operationeel. Aanbevolen wordt om de natschade alsnog te berekenen met de Waterwijzer Landbouw, in ieder geval voor het pakket maatregelen uit het Natura2000-beheerplan en de vastgestelde voorkeursvariant.

5 Referenties

- Arcadis, 2019. Hydrologisch onderzoek Flinke Ven en de Turfkoelen. Rapportnummer 079789012B. Arcadis Nederland B.V. 19 augustus 2019.
- Deltares, 2019. Het model IBRAHYM-Roerdalslenk.
- Grontmij, 2014. Vernattingsproject Schuttecampsgraaf / Turfkoelen. IBRAHYM grondwatermodel effectberekening. Rapportnummer 335652. Grontmij Nederland B.V., Arnhem. 7 april 2014.
- Laperre R., Balen van R., 2016. VU veldonderzoek 2016 Peelrandbreuk bij de Venbeek.
- Provincie Limburg, 2013. Verslaglegging OGOR-meetnet 2011 en 2012. 48 gebieden TOP-lijst verdrogingsbestrijding Limburg. September 2013.
- Provincie Limburg, 2019. Ontwerp Hoofdrapport Natura 2000-plan Roerdal 2019-2025. Maastricht, juni 2019.
- Royal HaskoningDHV, 2021a. Hydrologische maatregelen, effecten en modelontwikkeling Natura2000-gebied Leudal. RHDHV-rapport BH1296-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0003. 22 januari 2021.
- Royal HaskoningDHV, 2021b. Hydrologische modellering Turfkoelen en Flinke Ven – fase 1. RHDHV-rapport BH3329-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001. 2 februari 2021.
- RWE, 2019. Monitoringsrapportage infiltratiewater Garzweiler 2019.
- Sweco, 2018. Effectbepaling vernattingsmaatregelen Herkenboscherbroek. Projectnummer 361873. Referentienummer SWNL0226012. Sweco Nederland B.V. 18 mei 2018.
- TNO, 2019a. GeoTOP Noord-Brabant en Noord- en Midden-Limburg. TNO, 2019.
- TNO, 2019b. H3O-ROSE. De grensoverschrijdende kartering van de Roerdalslenk.
- TNO, 2019c. Totstandkomingsrapport hydrogeologisch model (REGIS II). Rapport TNO R11654. TNO, 6 december 2019.
- Waterschap Limburg en Provincie Limburg, 2020. Limburgse Integrale Watersysteemanalyse (LIWA). Sweco en Royal HaskoningDHV in opdracht van Waterschap Limburg. I-Report <http://rhk.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=2d8498eea245436c969686fd41aba93c>
- Wit, K.E., Rees van, E., Wijnsma. M (mei 1985). Geohydrologisch onderzoek in de omgeving van Herkenbosch (COAL publikatie nr. 19. ICW nota 1624 (<https://edepot.wur.nl/209921>)).