

Scenario's voor natuurherstel Liefstinghsbroek



Lijst met aanpassingen

Versie	Datum	Beschrijving van de wijziging	Herzien	Vrijgegeven door
C0	14-02-2024	1 ^{ste} concept		
D0	13-03-2024			

Sweco Nederland B.V.
Onderwerp

Handelsregister 30129769
Maatregelenscenario's
Lieftingsbroek

Projectnummer

51017212

Klant

Provincie Groningen (Prolander)

Versie

D0

Auteur

Kees van Immerzeel

Datum

13-03-2024

Documentreferentie

NL24-648800269-74493

Gecontroleerd door


Peter Westerman

Vrijgegeven door


Ron Buitelaar

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doel van het onderzoek	5
1.3	Leeswijzer	5
2	Werkwijze	6
2.1	Bepaling effectiviteit van maatregelen voor habitattypen	6
2.2	Bepaling effecten op de omgeving.....	11
3	Resultaten	13
3.1	Referentiesituatie (W2050+scenario).....	13
3.1.1	Ondiepe stromingsrichting en isohypsen.....	13
3.1.2	GxG's	14
3.1.3	Ondiepe kwel	17
3.1.4	Diepe kwel	19
3.1.5	Toetsing	20
3.2	Scenario's.....	21
3.2.1	Maatregelen	21
3.2.2	Effecten scenario 1	24
3.2.3	Effecten scenario 2	33
3.2.4	Effecten scenario 3a	41
3.2.5	Effecten scenario 3b	49
3.2.6	Effectiviteit van maatregelen voor habitattypen.....	57
4	Conclusies	59
5	Verwijzingen	61
Bijlage 1 – Lokale modelaanpassingen		
Bijlage 2 – Modelresultaten (huidig klimaat)		
Bijlage 3 – Effecten van klimaatverandering		
Bijlage 4 – Duurlijnen		
Bijlage 5 – Dwarsdoorsneden		

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Lieftingsbroek is een Natura 2000-gebied in het oosten van Groningen op de beekdalflank van de Ruiten Aa. In dit gebied liggen doelstellingen voor 3 habitattypen (Prolander, 2017):

- H6410 Blauwgraslanden:
 - o behoud van oppervlakte en verbetering van kwaliteit;
- H9120 Beuken-eikenbossen met hulst:
 - o behoud van oppervlakte en kwaliteit;
- H9160A Eiken-haagbeukbossen:
 - o behoud van oppervlakte en verbetering van kwaliteit.

Verzuring door te hoge stikstofdepositie en gebrek aan gebufferd grondwater in de wortelzone zijn de belangrijkste problemen voor deze habitattypen (Wageningen Environmental Research, 2017). De Groninger Aanpak Stikstof (GRAS) pakt deze problemen aan, waaronder de gebiedsgerichte aanpak Lieftingsbroek. Een voldoende hoge basenverzadiging in de bodem is een vereiste voor een duurzame instandhouding van de habitattypen H6410 en H9160A. Dit kan alleen bereikt worden als er in de wortelzone voldoende toestroom is van gebufferd grondwater.

Eerdere maatregelen die moesten leiden tot herstel van bovenstaande habitattypen, hadden onvoldoende effect. De basenverzadiging is tot nog toe te laag. KWR (2022) heeft vastgesteld dat de sterke ontwatering in en om het Lieftingsbroek tot een verminderde stijghoogte in het basenrijk grondwater leidt. Het gebufferde grondwater kan hierdoor niet dicht aan maaiveld komen, waardoor regenwater kan infiltreren.

De sterke ontwatering kan ook de oorzaak zijn van de voor blauwgrasland te diep wegzakkende grondwaterstand in de zomer. De grondwaterstand in het voorjaar is wel op orde maar zakt snel uit. Hierdoor treedt in de zomer droogtestress op.

In de toekomst worden zomers met minder neerslag voorspeld, waardoor de uitzakkende grondwaterstand in de zomer in Lieftingsbroek een nog groter probleem zou kunnen gaan vormen. Het is van belang dat de maatregelen voor natuurherstel in het Lieftingsbroek hiermee rekening houden.

De voorgaande studie bevat een volledige beschrijving van het grondwatersysteem van Lieftingsbroek (Sweco Nederland B.V., 2022). In die studie zijn in hoofdlijnen een aantal scenario's geformuleerd die de effectiviteit van maatregelen ten behoeve van natuurherstel in Lieftingsbroek duidelijk moeten maken.

Deze studie kan worden gezien als een verdere uitwerking van het onderzoek in 2022. Niet alleen is de invulling van de verschillende scenario's genuanceerder maar tevens is het grondwatermodel waarmee de effectberekeningen zijn gedaan, verbeterd.

De resultaten van dit onderzoek zullen worden meegenomen in het proces om te komen tot afgewogen maatregelen voor herstel van het Natura 2000-gebied Lieftingsbroek.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is tweeledig:

- Het beoordelen van de effectiviteit van verschillende maatregelen om de hydrologische condities voor de habitattypen H6410, H9120 en H9160A in het Lieftingsbroek te verbeteren.
- Het in beeld brengen van de impact van deze maatregelen op de omgeving. Het gaat daarbij om:
 - o landbouw;
 - o bebouwing;
 - o wegen.

Deze rapportage zal worden gebruikt bij het formuleren van een voorkeurs-alternatief voor natuurherstel in het N2000-gebied Lieftingsbroek.

1.3 Leeswijzer

Het volgende hoofdstuk ('2 Werkwijze') gaat in op de manier waarop de effectiviteit van de maatregelen voor de habitattypen in het Lieftingsbroek is bepaald, evenals de manier waarop de effecten op de omgeving zijn vastgesteld.

Het derde hoofdstuk beschrijft de resultaten van het onderzoek:

- Daarbij gaan we eerst in op de vraag hoe de hydrologische condities in het Lieftingsbroek en de omgeving wellicht in de nabije toekomst zullen zijn door klimaatsverandering. Die (toekomstige) condities zijn gebruikt als referentie voor het bepalen van de effecten van maatregelen.
- Paragraaf 3.2 beschrijft daarna de effecten van een aantal scenario's ten opzichte van de gebruikte referentie.

De conclusies van het onderzoek treft u aan in het vierde hoofdstuk.

Hoofdstuk 5 tenslotte bestaat uit een lijst met verwijzingen die in dit rapport gebruikt zijn.

Zoals in het volgende hoofdstuk zal blijken, wordt de basis voor dit onderzoek gevormd door berekeningen met een grondwatermodel. De bijlagen 1 tot en met 5 gaan dieper in op dit grondwatermodel:

- bijlage 1 beschrijft hoe het model tot stand is gekomen;
- bijlage 2 bevat de modelresultaten die met het model zijn verkregen door uit te gaan van het *huidige* klimaat;
- bijlage 3 toont de berekende *effecten van de klimaatverandering* (W2050+ min huidig);
- bijlage 4 toont de berekende duurlijnen, zowel in het W2050+ scenario (= referentie) als in de verschillende scenario's;
- bijlage 5 toont de dwarsdoorsneden van de berekende stijghoogten in de verschillende scenario's.

2 Werkwijze

Dit hoofdstuk gaat in op de manier waarop de effectiviteit van de maatregelen voor de habitattypen in het Lieftingsbroek is bepaald, evenals de manier waarop de effecten op de omgeving zijn vastgesteld.

2.1 Bepaling effectiviteit van maatregelen voor habitattypen

Voor de habitattypen in het Lieftingsbroek is het van belang dat het grondwaterstandsregime 'passend' is bij het vegetatietype. Voor blauwgraslanden is het bovendien belangrijk dat er toestroming van basenrijk grondwater (ondiepe kwel) naar de wortelzone plaatsvindt. Ook Eiken-Haagbeukenbos en Elzenzegge-Elzenbroek zijn afhankelijk van de toestroom van grondwater

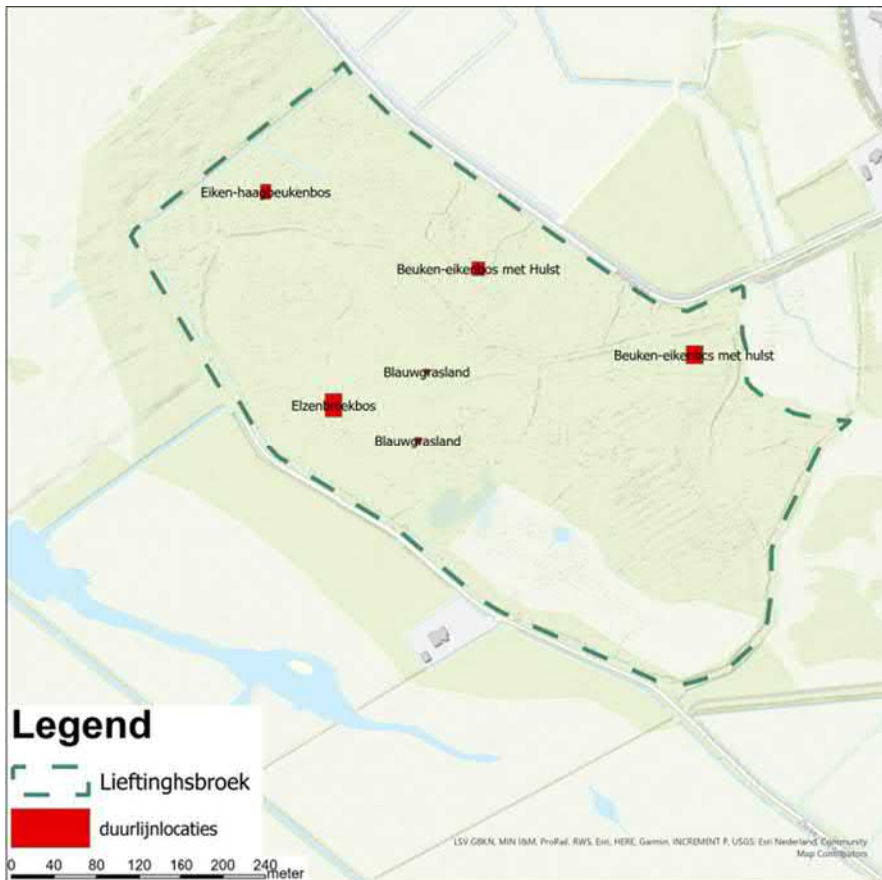
Ad. 1 Het grondwaterregime (GxG's)

Tabel 2-1 toont voor de habitattypen in Lieftingsbroek het gewenste grondwaterregime. Met het oog daarop is in alle scenario's op een aantal representatieve locaties (figuur 2-1) de duurlijn berekend van de grondwaterstand (bijlage 4).

Tabel 2-1 Hydrologische randvoorwaarden volgens Waternood

Habitatype	Bodemtype	Optimaal bereik (cm-mv) volgens Waternood 3.02			Opmerking
		GVG	GLG	GHG	
Beuken-Eikenbos	H9120 Beuken-eikenbossen met hulst	>30*	100 tot 150**	10 tot 50**	
Eiken-Haagbeukenbos	H9160A Eiken-haagbeukenbos	>20*	>150**	<40 **	
Vogelkers-essenbos	<u>nvt</u>	25 tot 60*	60 tot 140**	<30**	
Elzenzegge-Elzenbroek	<u>nvt</u>	-15 tot 15*	<70*	<u>nvt</u>	
Blauwgrasland	H6410 Blauwgraslanden	0 tot -0.18*	<117***	0****	

Bronnen	
*	Waternood 3,0,4
**	Burg, R.F. et al Vochtige bossen, tussen verdrogen en nat gaan. OBN / VBNE, Driebergen
***	SBB data (in Waternood 3,0,4\0
****	Inundatie is niet wenselijk vanwege beperkte kweldruk in het Lieftingsbroek (Erwin Adema)



Figuur 2-1 Representatieve locaties waarvoor duurlijnen zijn berekend.
De berekende duurlijnen zijn opgenomen in bijlage 4.

Voor de toetsing van de effectiviteit van de maatregelen zijn de GxG's ten opzichte van maaiveld van belang.

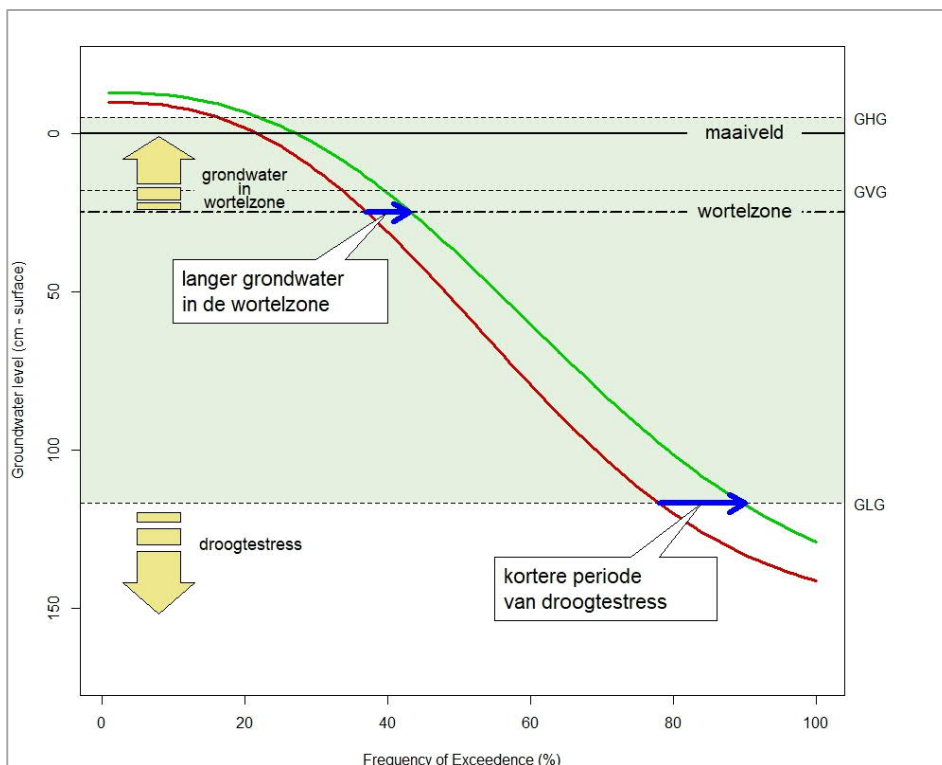
Maar niet alleen de GxG's zijn van belang, juist ook de veranderingen in de *lengte* van de periode waarin de grondwaterstanden tot in de wortelzone reiken en de periode dat de grondwaterstand onder de GLG duikt, zijn van belang om de effectiviteit van maatregelen in te schatten. Alleen als het grondwater in de wortelzone komt, kan kwel ook een ecologisch effect hebben.

Alleen dan kunnen de standplaatscondities voor de planten worden beïnvloed. Hoe langer het water in de wortelzone zit, hoe hoger de aanvulling van de buffercapaciteit.

En als de periode dat het grondwater onder de GLG komt korter wordt, zal de vegetatie minder droogtestress ondervinden. Daarom hebben we deze effecten bij de doorgerekende maatregelen in beeld gebracht door middel van berekende duurlijnen van de grondwaterstand.

Een duurlijn geeft een cumulatieve frequentieverdeling van grondwaterstand weer. Een duurlijn geeft voor elke grondwaterstand het aantal dagen per jaar (uitgedrukt in procenten, 365 dagen is bijgevolg 100%) dat deze stand overschreden wordt.

Figuur 2-2 illustreert deze werkwijze.



Figuur 2-2 Schematische weergave van de verschuiving van duurlijnen (blauwe pijlen) door maatregelen ten behoeve van een bepaald vegetatie type. In dit geval gaat het om blauwgrasland.

De rode lijn geeft de uitgangssituatie weer en de groene lijn de duurlijn na uitvoering van het maatregelenpakket. De twee blauwe pijlen laten de verschuiving zien van respectievelijk de periode dat het grondwater in de wortelzone komt en de periode dat het grondwater onder de GLG zakt (en droogtestress optreedt).

De stippellijnen geven de ecologische vereisten voor het vegetatietype weer voor wat betreft de laagste GLG, de laagste GVG en de hoogste GHG.

De bovenste rode pijl laat in dit voorbeeld een toename zien van circa 6% (~ 3 weken) dat het grondwater tot in de wortelzone reikt ; de onderste pijl laat een afname zien van circa 16% (~ 8 weken) dat de grondwaterstand onder de GLG zit.

De vergelijking van de effecten van de maatregelen in de verschillende scenario's op het gewenste grondwaterregime – op basis van deze methodiek – vindt plaats volgens tabel 2-2. Toetsing gebeurt 'aan de natte kant' van het grondwaterregime (GHG/GVG) en 'aan de droge kant' van het grondwaterregime (GLG).

Deze werkwijze levert een *kwalitatieve* beoordeling op van de mate waarin de maatregelen een bijdrage leveren aan het verbeteren van het *grondwaterregime* voor de verschillende habitattypen.

Tabel 2-2 Toetsingstabel 'grondwaterregime'

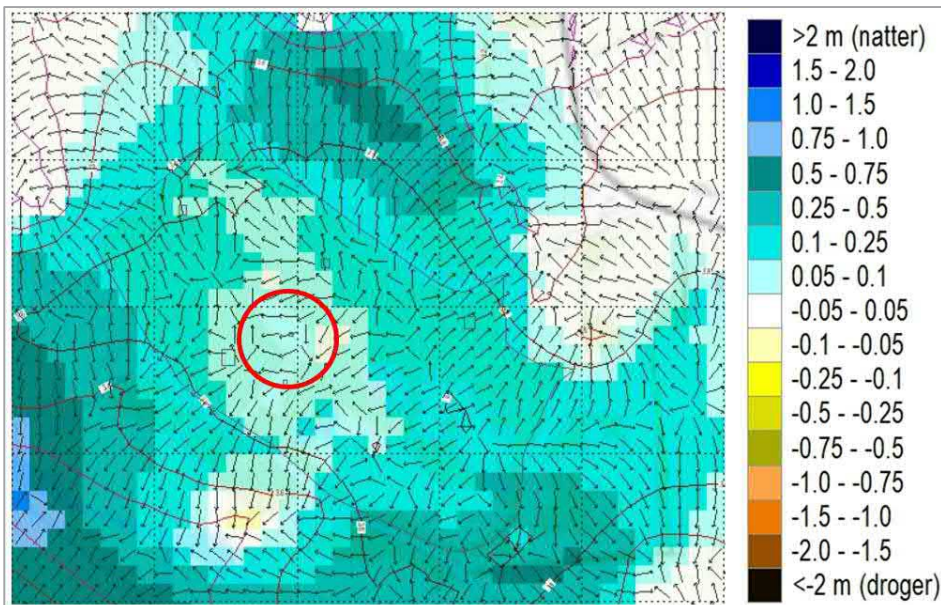
Aspect	Score	Omschrijving
GVG/GHG	--	Toename van minstens 5 weken dat de <i>hoogste</i> grondwaterstanden buiten het optimale bereik zijn.
	-	Toename van minstens 2,5 weken dat de <i>hoogste</i> grondwaterstanden buiten het optimale bereik zijn.
	0	
	+	Afname van minstens 2,5 weken dat de <i>hoogste</i> grondwaterstanden buiten het optimale bereik zijn.
	++	Afname van minstens 5 weken dat de <i>hoogste</i> grondwaterstanden buiten het optimale bereik zijn.
GLG	--	Toename van minstens 5 weken dat de <i>laagste</i> grondwaterstanden buiten het optimale bereik zijn.
	-	Toename van minstens 2,5 weken dat de <i>laagste</i> grondwaterstanden buiten het optimale bereik zijn.
	0	
	+	Afname van minstens 2,5 weken dat de <i>laagste</i> grondwaterstanden buiten het optimale bereik zijn.
	++	Afname van minstens 5 weken dat de <i>laagste</i> grondwaterstanden buiten het optimale bereik zijn.

Ad. 2 Toestroming van basenrijk grondwater

Om een indruk te krijgen van de (verandering van) de toestroming van basenrijk grondwater (= kwel naar de wortelzone = kwel naar de 'toplaag' op circa 1.2 m beneden maaiveld), worden de volgende modelresultaten getoond:

- De verandering van de *ondiepe kwel* in de zomer (april tot en met september) en de winter (oktober tot en met maart). Deze ondiepe kwel wordt berekend als de *vertikale* flux door de bovenste modellaag (circa 1,2 m-mv).
- De ondiepe *laterale* toestroom van (basenrijk) ondiep grondwater. Deze stroming draagt bij aan de kwel aan het maaiveld in de winter. Deze laterale toestroom wordt in beeld gebracht door het combineren van de volgende berekeningsresultaten in één figuur:
 - het berekend effect op de GHG;
 - de stromingsrichting in het ondiepe grondwater;
 - de isohypsen in het ondiepe grondwater.

Als de stromingsrichting van het ondiepe grondwater laat zien dat er sprake is van radiale toestroming terwijl de GHG's in de directe omgeving zijn verhoogd, dan wordt geconcludeerd dat de laterale toestroming is versterkt. Figuur 2-3 illustreert dit.



Figuur 2-3 *Stromingsrichting en isohypsen in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter, scenario 3a). Kleuren: berekend effect op de GHG. Verwacht wordt dat de ondiepe laterale toestroming in de winter toeneemt in het rood omcirkelde gebied.*

Omdat aanrijking met basenrijk grondwater met name plaatsvindt in de winter, zal bij de beoordeling ('wordt de kwelsituatie beter?') de wintersituatie als maatgevend worden beschouwd.

In paragraaf 3.1 (referentiesituatie) zal blijken dat de kwel door de potklei van geen betekenis is. Aan die kwel zal daarom verder geen aandacht worden besteed.

De vergelijking van de effecten van de maatregelen in de verschillende scenario's op de toestroming van basenrijk grondwater, vindt – op basis van deze methodiek – plaats met tabel 2-3. Deze werkwijze levert een *kwalitatieve* beoordeling op van de mate waarin de maatregelen een bijdrage leveren aan het versterken van de *toestroming van basenrijk grondwater*.

Tabel 2-3 Toetsingstabel 'toestroming basenrijk grondwater'

Aspect	Score	Omschrijving
Ondiepe kwel winter	--	Afname (gebiedsgemiddeld) >0,5 mm/d
	-	Afname (gebiedsgemiddeld) 0,1-0,5 mm/d
	0	Gebiedsgemiddelde kwelverandering < 0,1 mm/d
	+	Toename (gebiedsgemiddeld) 0,1-0,5 mm/d
	++	Toename (gebiedsgemiddeld) >0,5 mm/d
Laterale toestroom	--	GHG verandering in Lieftingsbroek (en directe omgeving) leiden tot een radiale <i>uitstroom</i> vanuit lage delen.
	-	GHG verandering in Lieftingsbroek (en directe omgeving) <i>verzwakken</i> laterale <i>toestroom</i> naar lage delen.
	0	GHG verandering in Lieftingsbroek (en directe omgeving) versterken of verzwakken laterale toestroom naar lage delen niet.
	+	GHG verandering in Lieftingsbroek (en directe omgeving) versterken <i>laterale toestroom</i> naar lage delen.
	++	GHG verandering in Lieftingsbroek (en directe omgeving) leiden tot een <i>radiale toestroom</i> naar lage delen.

2.2 Bepaling effecten op de omgeving

In paragraaf 3.2 ('Scenario's') zal blijken dat de maatregelen die worden overwogen om de natuurwaarden in het Lieftingsbroek te versterken, betrekking hebben op de directe omgeving van dit gebied. Door de maatregelen verandert niet alleen de grondwatersituatie in het Lieftingsbroek maar ook (en vooral) in de omgeving.

Bij de uitwerking van de verschillende scenario's wordt daarom tevens gekeken naar:

- de landbouwkundige effecten in de omgeving: de nat- en droogteschade
- de ontwateringsdiepte bij bebouwing en wegen in de omgeving.

Ad. 1 Nat- en droogteschade in de landbouw

De betekenis van de scenario's voor de landbouw zijn in dit onderzoek indicatief bepaald door gebruik te maken van de HELP-tabellen (Immerzeel, 2023). Met deze tabellen kan zowel de natschade als de droogteschade worden berekend. De schade wordt uitgedrukt in percentage van de potentiële (= maximale) opbrengst.

Ad c) De ontwateringsdiepte bij bebouwing en wegen

Er is geen ontwateringsnorm in Nederland voor bebouwing. Tot een paar jaar terug was 70 cm onder woningen (en 50 cm in groen) algemeen geaccepteerd (richtlijn). Maar met de droogte van de afgelopen jaren wordt deze meer en meer losgelaten.

Om een indruk te krijgen van de locaties waar door de vernattingsmaatregelen de ontwateringsdiepte bij bebouwing en ook wegen mogelijk te gering wordt, is bij ieder scenario een figuur opgenomen waarin:

- De 5-cm GHG verhogingslijn is getekend. Het vlak binnen de 5-cm verhogingslijn wordt de *effectzone* genoemd.
- De berekende GHG vlakdekkend wordt getoond.

- De bebouwing en wegen binnen de 5-cm GHG verhogingslijn zijn gemarkeerd.

Bebouwing en wegen binnen de effectzone waarbij de GHG ondieper is dan 60 cm, zijn gemarkeerd in de figuren omdat daar de ontwateringsdiepte wellicht een issue kan worden.

Opgemerkt wordt dat deze werkwijze indicatief is. In de praktijk zal elke woning bezocht moeten worden om de daadwerkelijke situatie in kaart te brengen.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten getoond van de verschillende modelberekeningen. De resultaten zijn uitgewerkt volgens de methodiek die beschreven is in hoofdstuk 2. In aanvulling daarop toont bijlage 5 de dwarsdoorsneden van de berekende stijghoogten in de verschillende scenario's.

3.1 Referentiesituatie (W2050+scenario)

In de toekomst zal klimaatverandering ook in het Lieftingsbroek een rol spelen. Er worden hogere zomerse temperaturen voorspeld en minder zomerse neerslag.

Het KNMI heeft een aantal meteorologische scenario's doorgerekend. In dit onderzoek is uitgegaan van het W2050+scenario. Dit scenario gaat uit van de grootste reductie van de neerslag en de grootste toename van de verdamping.

De toekomstige condities in het W2050+scenario zijn in deze studie gebruikt als referentie voor het bepalen van de effecten van maatregelen (scenario's, paragraaf 3.2).

Bijlage 2 toont het berekende effect dat het toekomstig klimaat zal hebben op de grondwatersituatie in het Lieftingsbroek en omgeving.

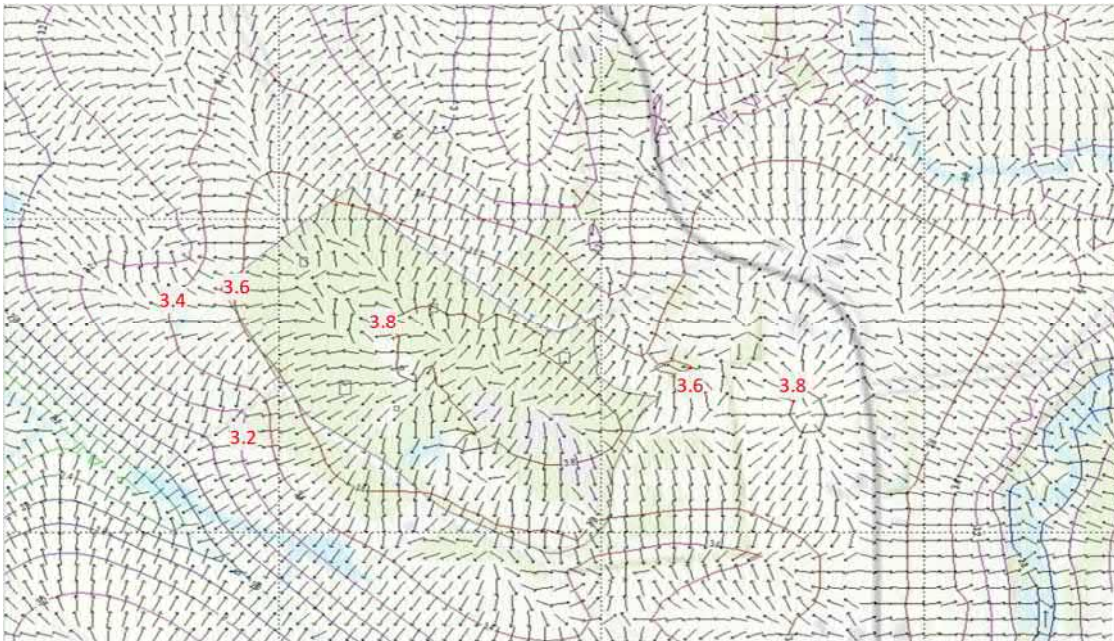
De conclusies zijn in het kort:

- De toekomstige condities in het W2050+scenario hebben nauwelijks effect op de GHG (< 5 cm).
- De GLG zakt in het Lieftingsbroek met 5 – 10 cm dieper uit in het W2050+scenario dan in de huidige situatie. Dat geldt ook voor de ruime omgeving.

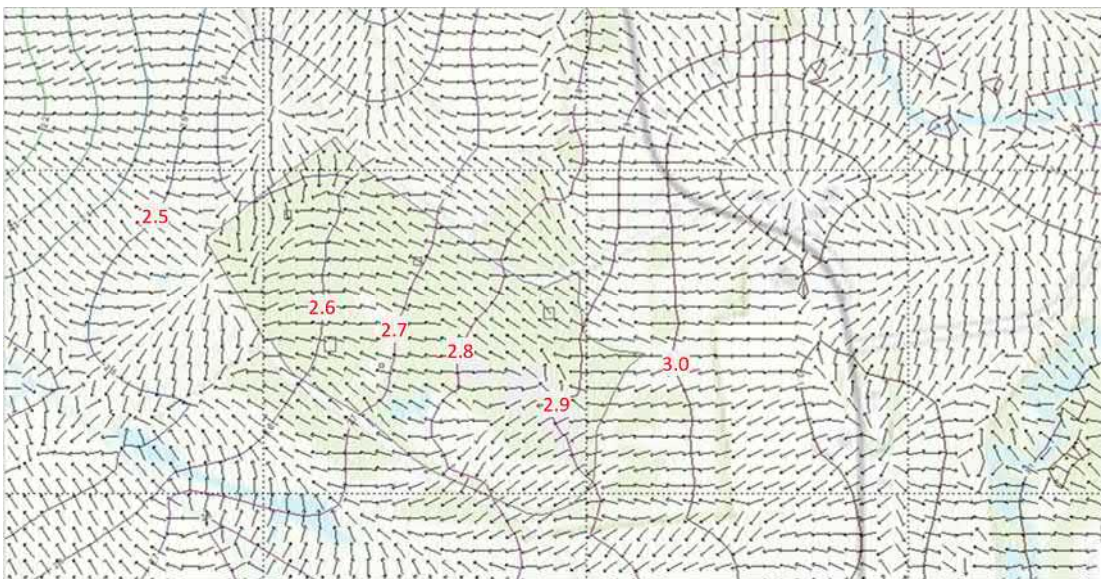
3.1.1 Ondiepe stromingsrichting en isohypsen

Figuur 3-1 laat de stromingsrichting zien in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter). Tevens toont deze figuur de gemiddelde stijghoogten (isohypsen) in deze periode. Figuur 3-2 toont dezelfde gegevens maar dan voor de gemiddelde zomerperiode.

Het is goed te zien dat in de winter het grondwater Lieftingsbroek lateraal alzijdig *uit*stroomt. In de zomer stroomt het grondwater Lieftingsbroek overwegend *in* vanuit het (noord)oosten en infiltreert het grondwater in het noordwesten van het gebied.



Figuur 3-1 *Stromingsrichting en isohypsen in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter, klimaatscenario = referentie).*



Figuur 3-2 *Stromingsrichting en isohypsen in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de zomer, klimaatscenario = referentie).*

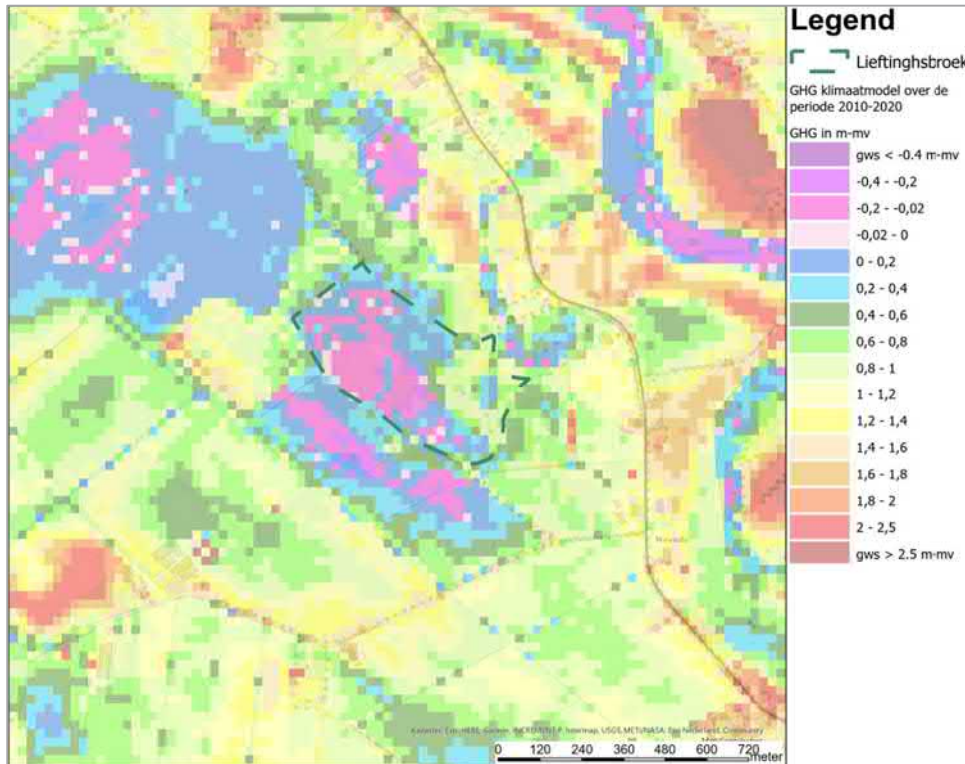
3.1.2 GxG's

Figuur 3-3 tot en met figuur 3-5 tonen respectievelijk de berekende GHG, GVG en GLG in het klimaatscenario (= referentie).

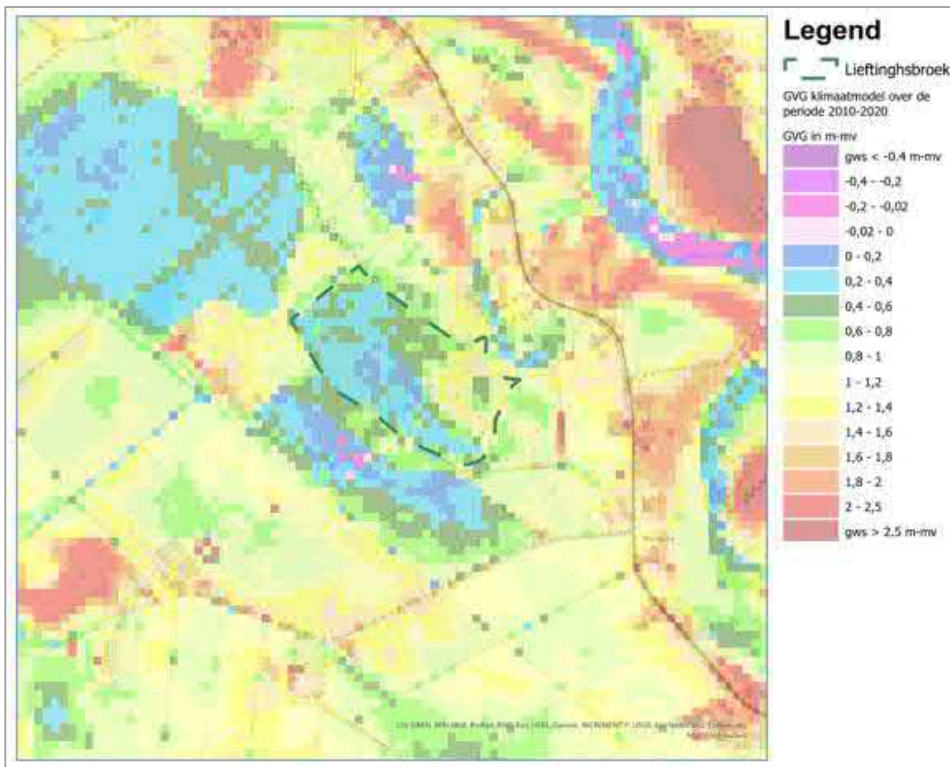
De GHG is in het lage (westelijk) deel van Lieftingsbroek boven maaiveld (inundatie, roze kleuren in figuur 3-3). De diepste grondwaterstanden zijn zichtbaar in het zuidoostelijke deel van Lieftingsbroek inundatie (geel groene kleuren in figuur 3-3).

Uit bijlage 1 blijkt dat de modelaanpassingen geleid hebben tot betere prestaties in het Liefstingsbroek. Toch kunnen de afwijkingen in de berekende GxG's circa 25 cm zijn.

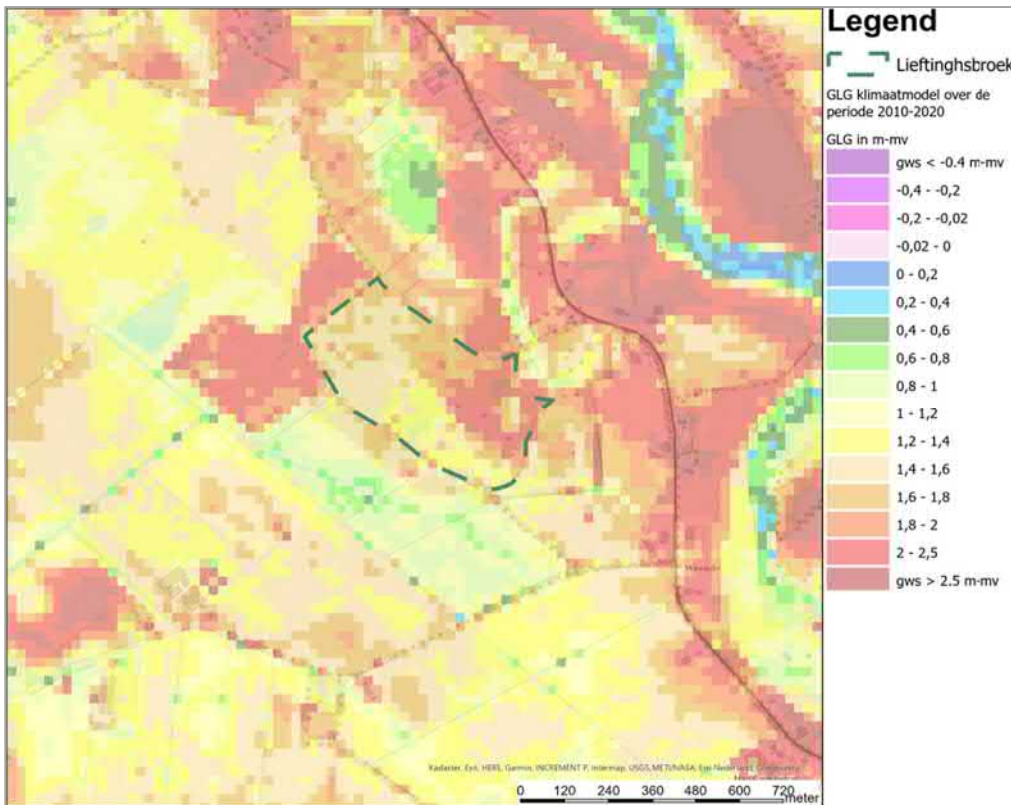
In de lage delen van Liefstingsbroek zakt de grondwaterstand in de zomer uit tot circa 1,5 m-mv (figuur 3-5).



Figuur 3-3 GHG in het klimaatscenario (= referentie).



Figuur 3-4 GVG in het klimaatscenario (= referentie).

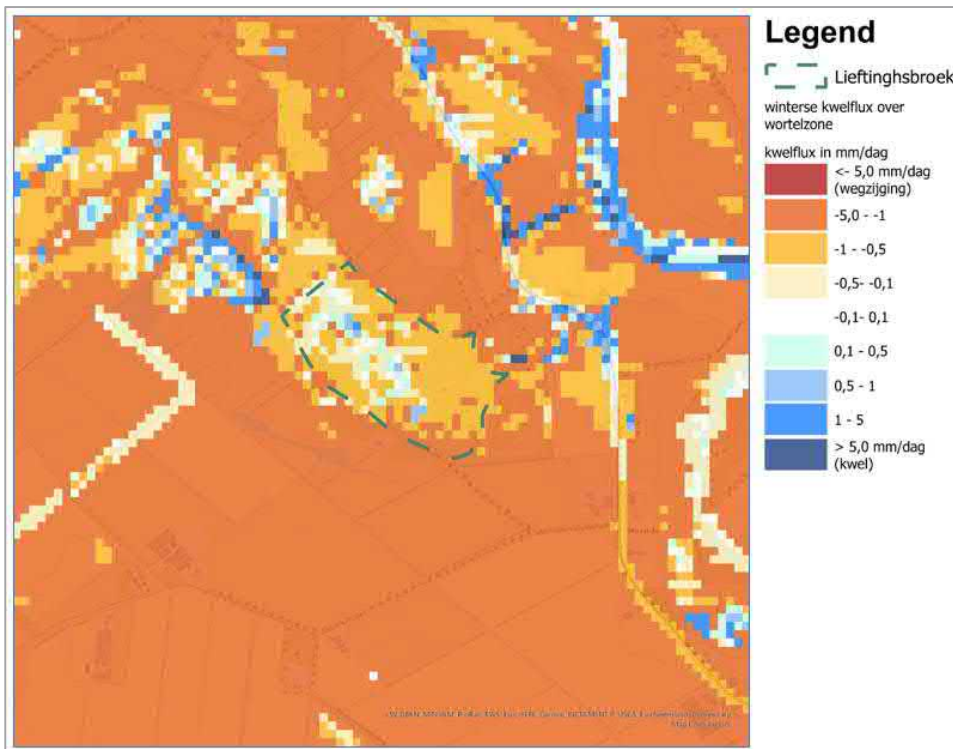


Figuur 3-5 GLG in het klimaatscenario (= referentie).

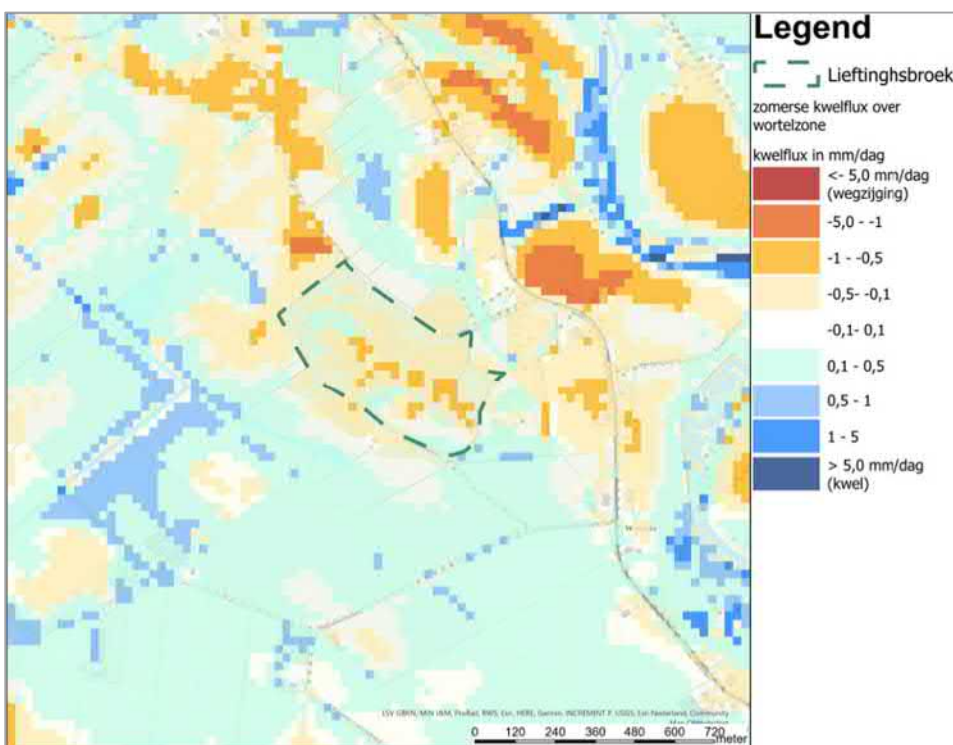
3.1.3 Ondiepe kwel

Figuur 3-6 toont de berekende gemiddelde ondiepe kwel in de winter (klimaat-scenario (= referentie)). In de winter is er volgens de berekeningen in het Lieftingsbroek overwegend sprake van wegzijging (gele en oranje kleuren). In het centrale deel van het gebied wordt er in de winter ondiepe kwel berekend (lichtgroene kleur).

Figuur 3-7 toont de berekende gemiddelde ondiepe kwel in de zomer (klimaat-scenario (= referentie)). Ook in de zomer is er in het Lieftingsbroek overwegend sprake van wegzijging. Op enkele plekken wordt er in de zomer gemiddeld een (lichte) kwel berekend (lichtgroene kleur).



Figuur 3-6 Gemiddelde ondiepe kwel (groene en blauwe kleuren) in de winter in het klimaatscenario (=referentie).



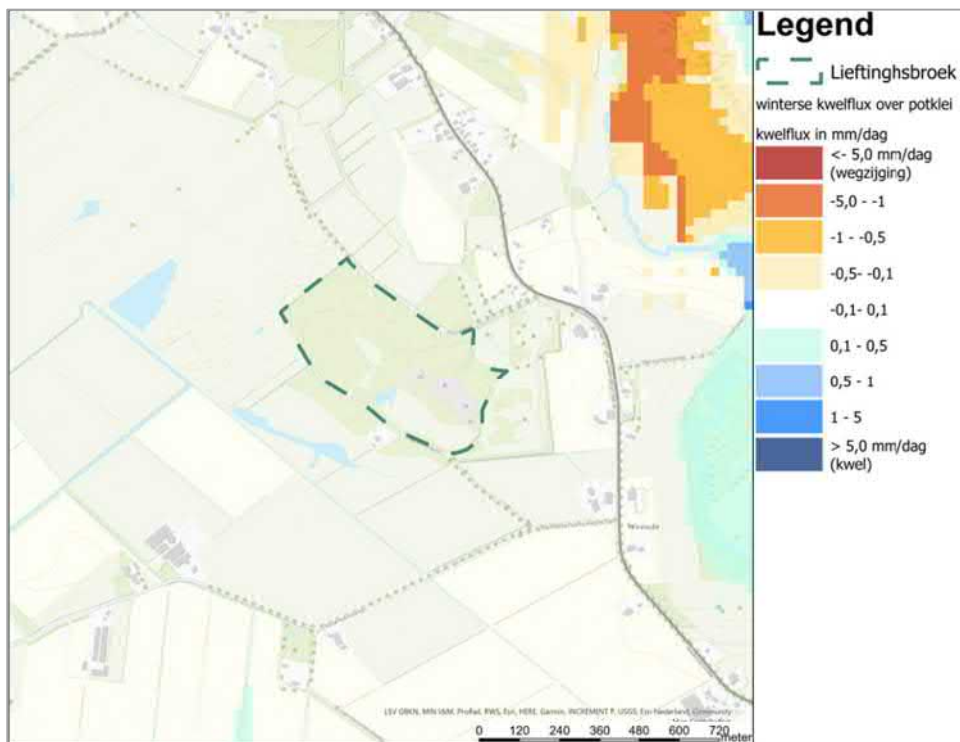
Figuur 3-7 Gemiddelde ondiepe kwel (groene en blauwe kleuren) in de zomer in het klimaatscenario (= referentie).

3.1.4 Diepe kwel

Onder diepe kwel wordt de opwaartse stroming verstaan door de potklei.

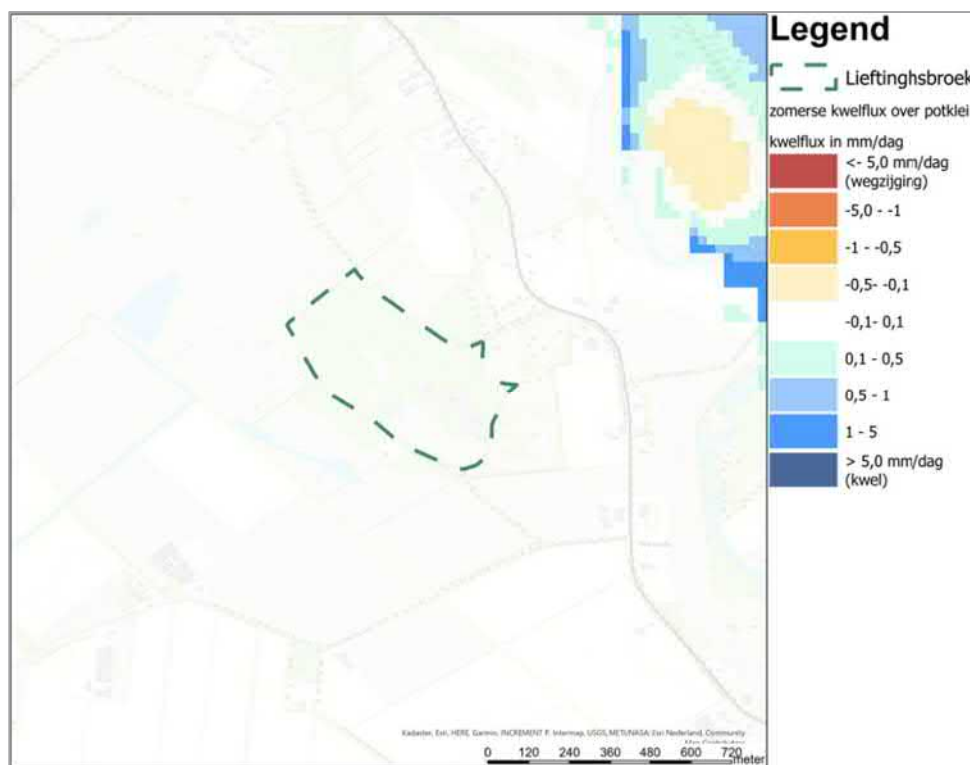
Figuur 3-8 en figuur 3-9 tonen de berekende (gemiddelde) diepe kwel voor respectievelijk de winter en de zomer. Daaruit blijkt dat zowel in de zomer als in de winter de diepe kwel verwaarloosbaar klein is ($< 0,1$ mm/dag). Dit houdt verband met de relatief hoge hydraulische weerstand van de potklei¹.

Vanwege het beperkte belang van de diepe kwel door de potklei in de waterbalans van het Liefstingsbroek zal daaraan verder in deze rapportage geen aandacht worden besteed.



Figuur 3-8 Berekende diepe kwel (=kwel door de potklei) in de winter in het klimaatscenario (= referentie)

¹ In bijlage 2 is een figuur opgenomen met de ruimtelijke verbreiding van de hydraulische weerstand van de potklei.



Figuur 3-9 Berekende diepe kwel (= kwel door de potklei) in de zomer in het klimaatscenario (= referentie)

3.1.5 Toetsing

Op basis van:

- de berekeningsresultaten in de paragrafen 3.1.1 tot en met 3.1.4;
- de hydrologische randvoorwaarden volgens Waternood (tabel 2-1) en
- de duurlijnen in bijlage 4

toont tabel 3-1 de beoordeling van de mate waarin het grondwaterregime 'passend' is voor de diverse habitattypen in Liefstingsbroek. De locaties zijn weergegeven in figuur 2-1.

Tabel 3-1 Resultaat toetsing referentiesituatie (= W2050+ scenario)

Locatie	Referentie (W2050+scenario)			
	GVG	GLG	GHG	Ondiepe kwel winter (mm/d)
Eiken-haagbeukenbos.	te nat	te nat	ok	nvt
Elzenbroekbos	ok	ok	nvt	nvt
Blauwgrasland (midden)	ok	te droog	ok	< 0,5
Blauwgrasland (zuid)	te nat	te droog	te nat	< 0,5
Beukeneikenbos met Hulst (west).	te nat	te droog	ok	nvt
Beukeneikenbos met Hulst (oost)	ok	te droog	te droog	nvt

Uit tabel 3-1 blijkt dat voor blauwgrasland de grondwaterstand in de zomer te diep uitzakt. Voor de blauwgraslanden geldt bovendien dat de kwel in de winter (te) gering is.

3.2 Scenario's

Uit de toetsing (paragraaf 3.1.5) blijkt dat in de referentiesituatie de condities voor de meeste habitattypen niet optimaal zijn: in de zomer zakken de grondwaterstanden te ver uit. Voor blauwgrasland geldt bovendien dat de ondiepe kwel te gering is.

In deze paragraaf worden de maatregelen in de omgeving van Liefstingsbroek gepresenteerd die tot doel hebben de condities van de habitattypen te verbeteren. De maatregelen betekenen een extensivering van de ontwatering in de omgeving. Met het grondwatermodel is berekend welke vernatting dit veroorzaakt en wat dit betekent voor de hydrologische omstandigheden in het Liefstingsbroek.

In totaal zijn er vier scenario's uitgewerkt: scenario 1, scenario 2 en de scenario's 3a en 3b. In deze volgorde neemt de extensivering van de ontwatering in de omgeving toe. De verwachting is daarom dat ook het vernattende effect op Liefstingsbroek in deze volgorde toeneemt.

3.2.1 Maatregelen

Scenario 1

In scenario 1 zijn een aantal sloten rondom het Liefstingsbroek gedempt (figuur 3-10).



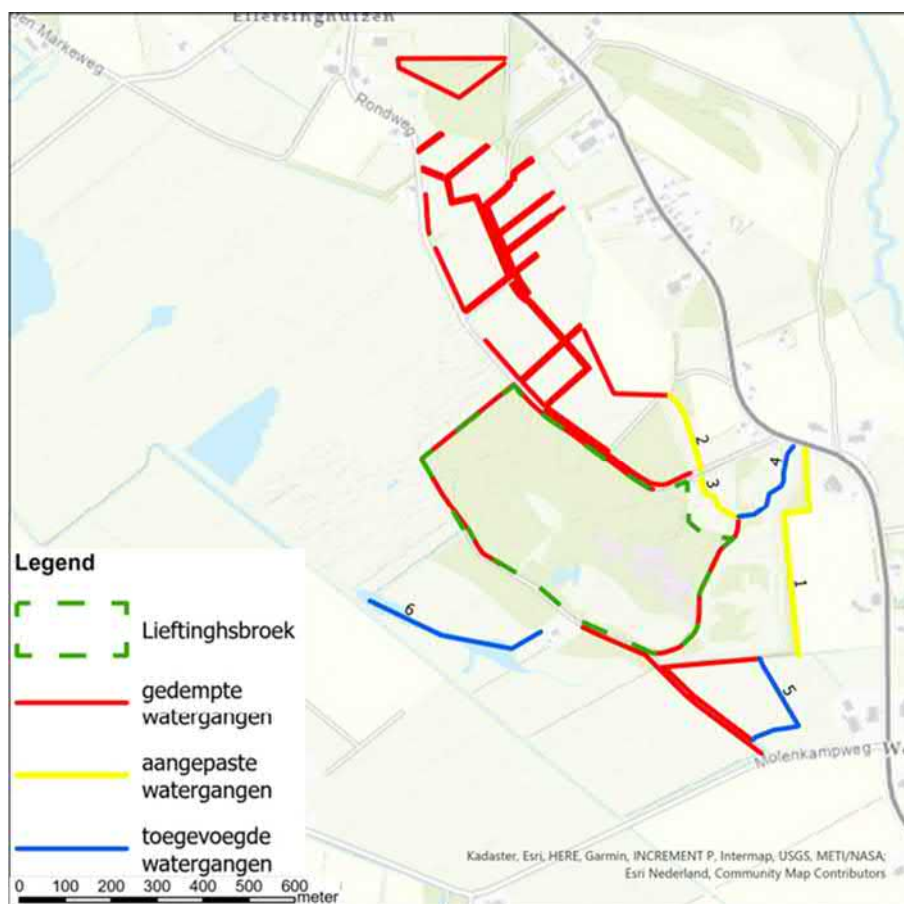
Figuur 3-10 Maatregelen scenario 1

Scenario 2

In scenario 2 zijn er nog meer sloten gedempt. Bovendien zijn een aantal peilen opgehoogd. Om de afwatering van het gebied mogelijk te houden, zijn daarnaast een aantal sloten toegevoegd. *Figuur 3-11* en tabel 3-2 maken duidelijk om welke sloten het gaat en wat er verandert in scenario 2.

Tabel 3-2 **Maatregelen in scenario 2**

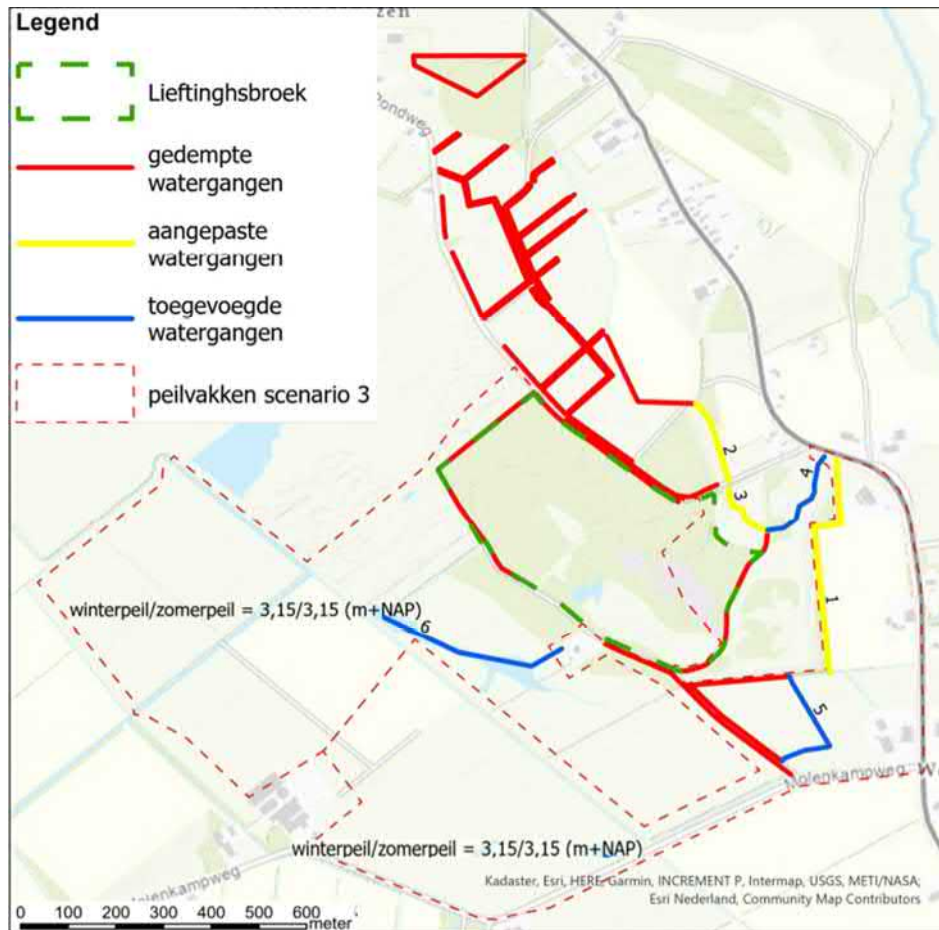
Nummer	Specificaties
1	Ophogen zomer-/winterpeil → 4.1/4.0 m+NAP
2	Ophogen zomer-/winterpeil → 3.3 m+NAP
3	Ophogen zomer-/winterpeil → 3.4 m+NAP
4	Toevoegen waterloop: zomer-/winterpeil = 3.8 m+NAP (tenzij mv lager ligt, dan peil = mv), bodemhoogte 3.7 m+NAP (tenzij maaiveld < 3.8 m+NAP, dan bodemhoogte = mv-0.1m), infiltratiefactor = 0 (-) en conductance = 50 m ² /d (laatste 2 zijn als gemiddelden overgenomen van aanliggende waterloop 3, zie <i>Figuur 3-11</i>)
5	Toevoegen waterloop: zomer-/winterpeil = 3.35 m+NAP, bodemhoogte = 3.2 m+NAP, conductance = 75 m ² /d en infiltratiefactor = 0.33 (-) (de laatste 2 waardes zijn overgenomen als gemiddelden van aanliggende waterloop 13).
6	Toevoegen waterloop: zomer-/winterpeil = 3.15/3.15 m+NAP, bodemhoogte = 2.65 m+NAP, conductance = 50 m ² /d en infiltratiefactor = 0.0 (-) (waardes overgenomen als gemiddelden tussen bovenstroomse en benedenstroomse sloten).



Figuur 3-11 **Maatregelen in scenario 2**

Scenario 3a

De maatregelen in scenario 2 maken ook onderdeel uit van de maatregelen in scenario 3a. De extensivering van de ontwatering in de omgeving wordt in scenario 3a echter nog verder doorgevoerd door de verhoging van het peil in twee peilvakken (figuur 3-12).



Figuur 3-12 Maatregelen scenario 3a

Scenario 3b

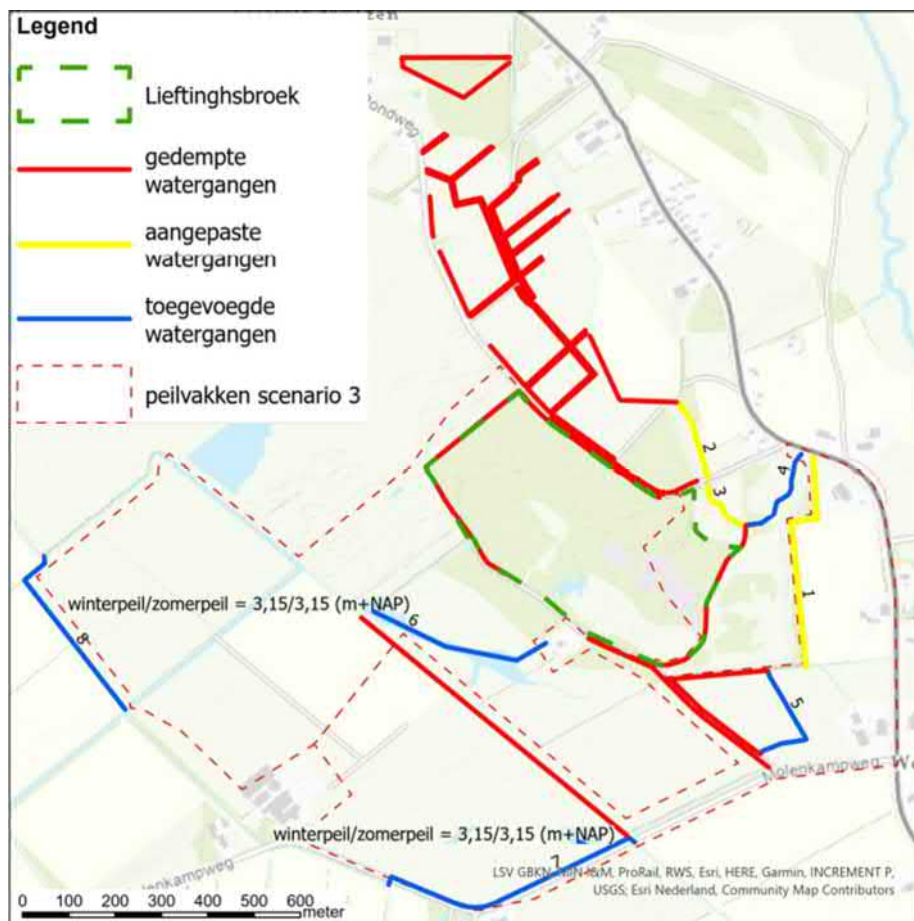
Alle maatregelen in scenario 3a maken ook onderdeel uit van scenario 3b. Maar de extensivering van de ontwatering in de omgeving is nog verder doorgevoerd door de verwijdering (demping) van een primaire watergang.

Omdat de afwatering in het gebied mogelijk moet blijven, zijn er twee nieuwe watergangen in zuidelijke richting voorzien in scenario 3b (figuur 3-13).

Tabel 3-3 beschrijft de maatregelen in scenario 3b in meer detail.

Tabel 3-3 Kenmerken van toegevoegde watergangen 7 en 8 in scenario 3b.
De specificaties van de aangepaste watergangen staan in tabel 3-1

Nummer	Specificaties
7	Toevoegen waterloop: zomer-/winterpeil = 3.65/3.15 m+NAP (van bovenstroomse peilvak), bodemhoogte = 1.7 m+NAP, conductance = 100 m ² /d en infiltratiefactor = 0.33(-) (bodemhoogte, conductance en infiltratiefactor overgenomen als gemiddelden tussen bovenstroomse en benedenstroomse watergangen).
8	Toevoegen waterloop: zomer-/winterpeil = 1.9/1.4 m+NAP (van eigen peilvak), bodemhoogte = 1.1 m+NAP, conductance = 100 m ² /d en infiltratiefactor = 0.33(-) (bodemhoogte, conductance en infiltratiefactor overgenomen als gemiddelden van eigen peilvak).

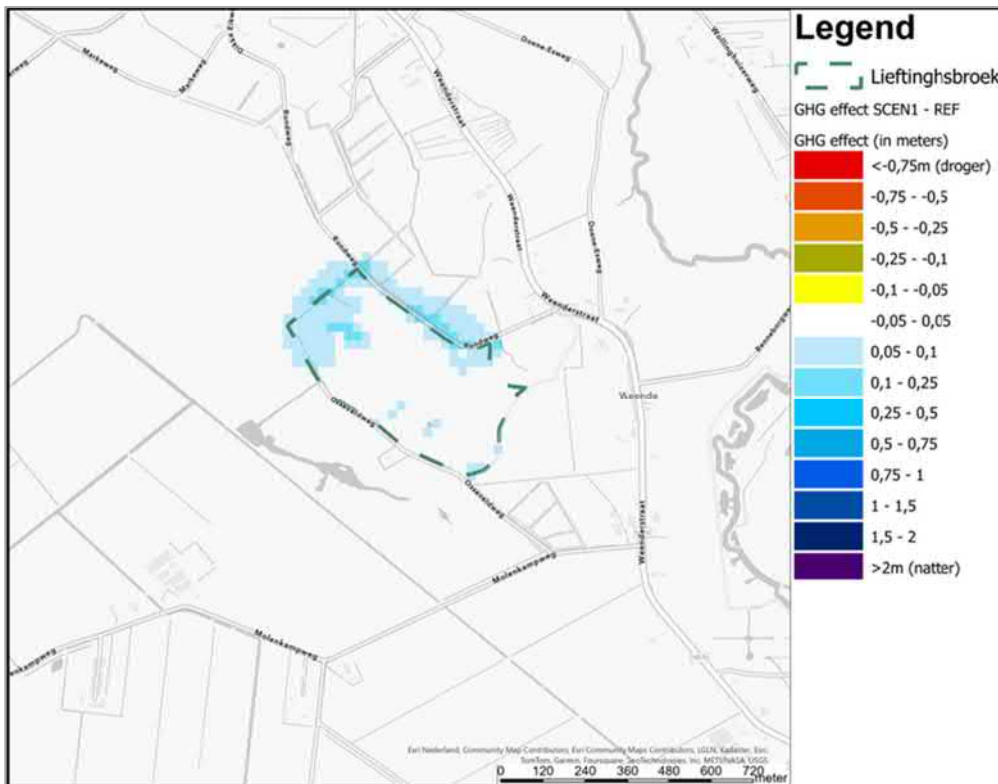


Figuur 3-13 Maatregelen in scenario 3b

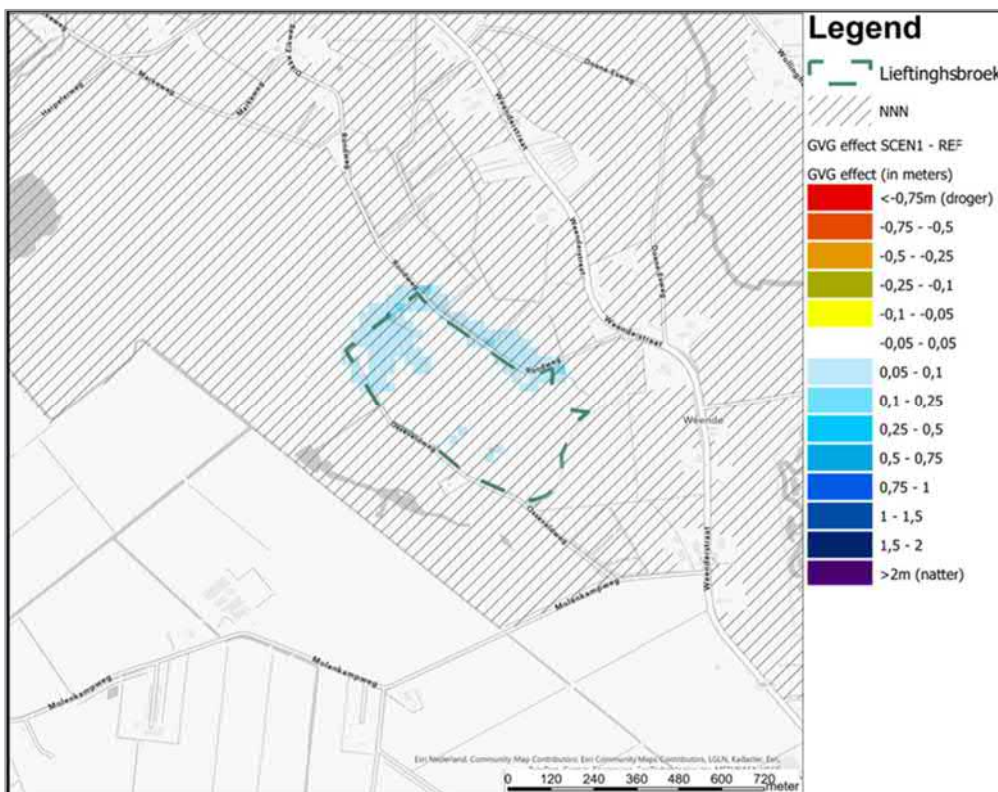
3.2.2 Effecten scenario 1

Effecten scenario 1 op de GxG's

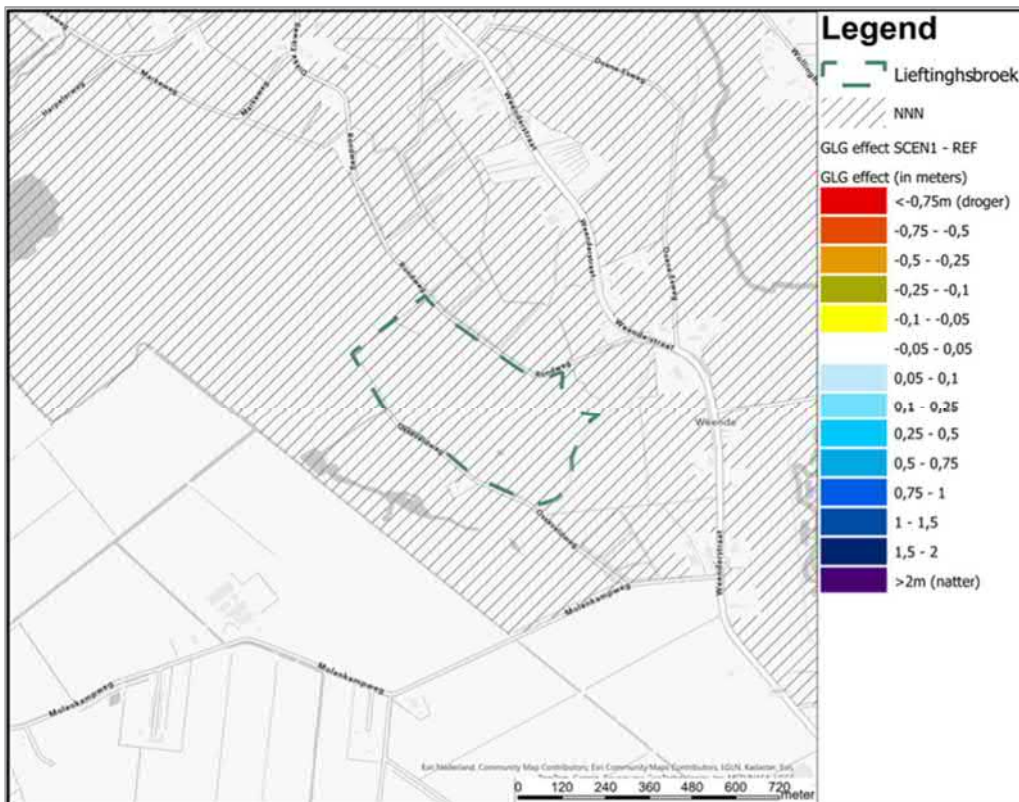
De effecten van scenario 1 op de GHG, GVG en GLG zijn weergegeven in figuur 3-14, figuur 3-15 en figuur 3-16. Hierin is te zien dat het effect van de demping van de sloten rondom het Lieftingsbroek op de GxG's beperkt is.



Figuur 3-14 Scenario 1: effect op de GHG



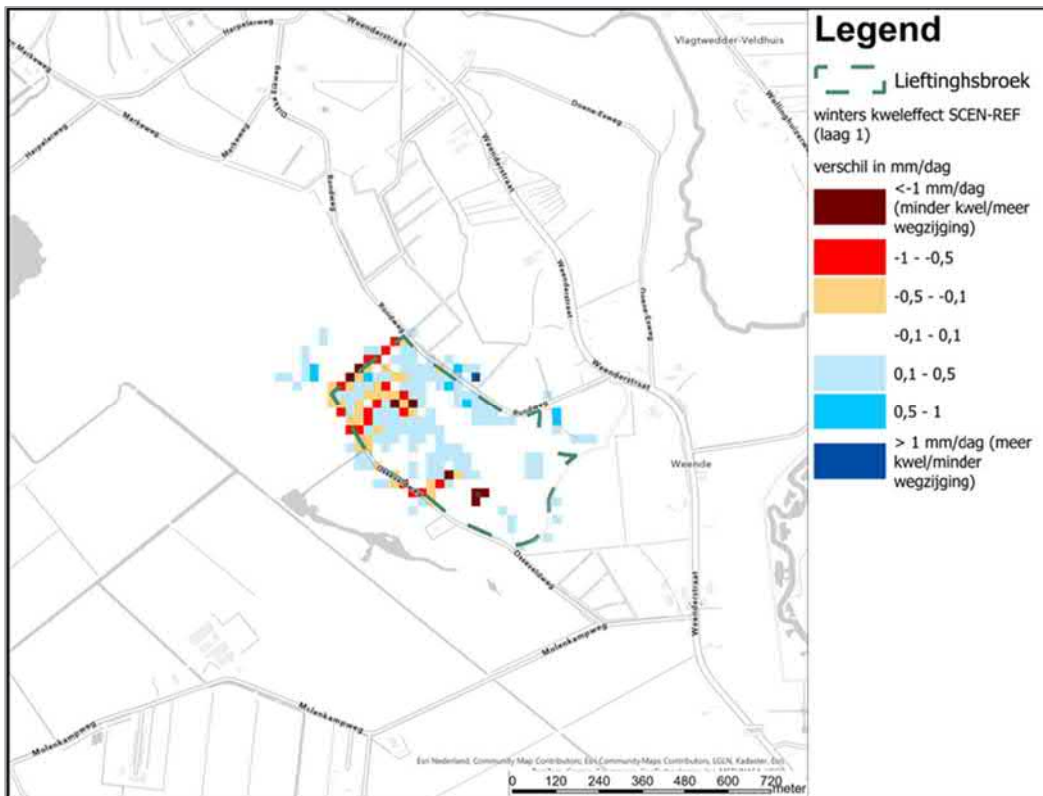
Figuur 3-15 Scenario 1: effect op de GVG



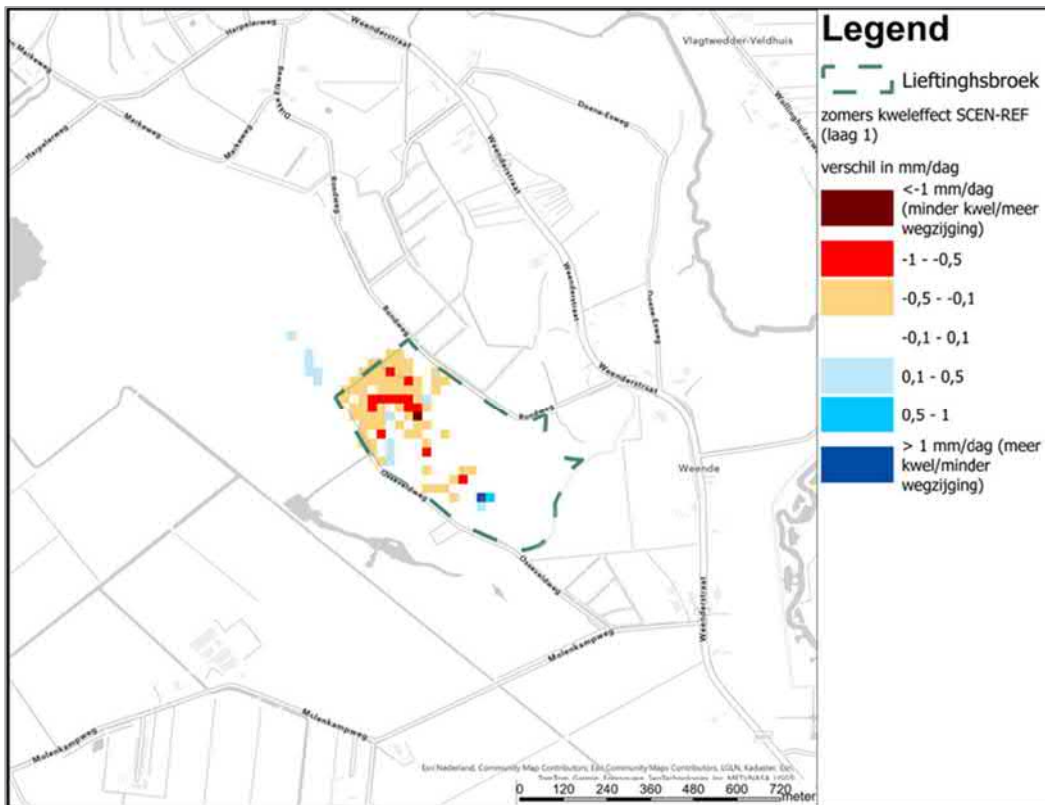
Figuur 3-16 Scenario 1: effect op de GLG

Effecten scenario 1 op de ondiepe kwel

Figuur 3-17 en figuur 3-18 tonen het berekende effect van de maatregelen in scenario 1 op de gemiddelde ondiepe kwel in respectievelijk de winter en de zomer. In de zomer is overwegend een toename van de ondiepe infiltratie (c.q. afname van de ondiepe kwel) zichtbaar. In de winter neemt in delen van het Liefstingsbroek de ondiepe kwel (licht) toe (c.q. neemt de ondiepe infiltratie af).



Figuur 3-17 Scenario 1: effect op de ondiepe kwel in de winter



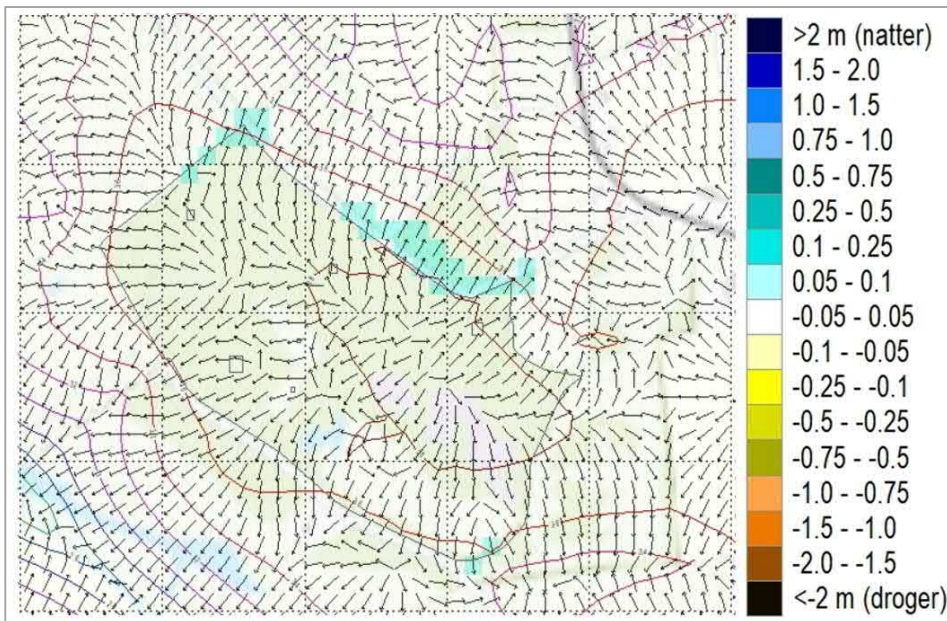
Figuur 3-18 Scenario 1: effect op de ondiepe kwel in de zomer

Verandering van de laterale toestroom van (basenrijk) ondiep grondwater in scenario 1

Figuur 3-19 toont voor scenario 1:

- de stromingsrichting in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter);
- de isohypsen in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter);
- het berekende effect op de GHG.

In deze figuur is zichtbaar dat op een aantal plaatsen langs de rand van het Liefstingsbroek een iets hogere GHG wordt berekend. De verhoging is echter beperkt, waardoor naar verwachting de laterale stroming in het ondiepe grondwater in het Liefstingsbroek nagenoeg niet verandert.

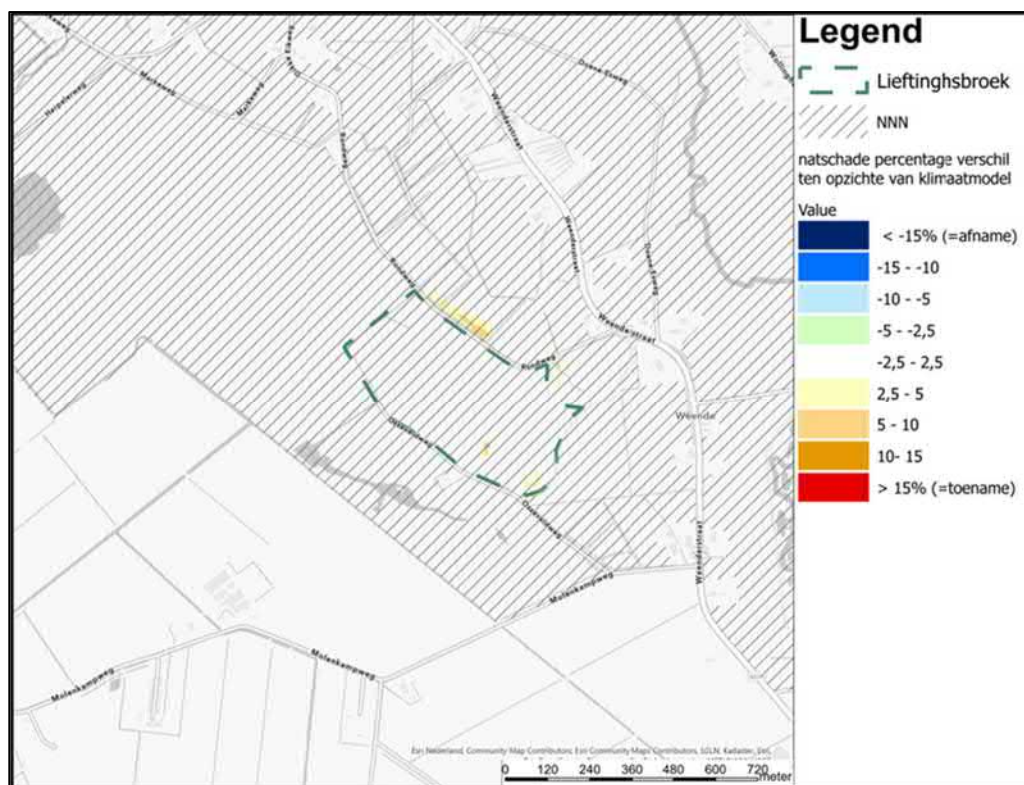


Figuur 3-19 Scenario 1: Stromingsrichting en isohypsen in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter). Kleuren: berekend effect op de GHG.

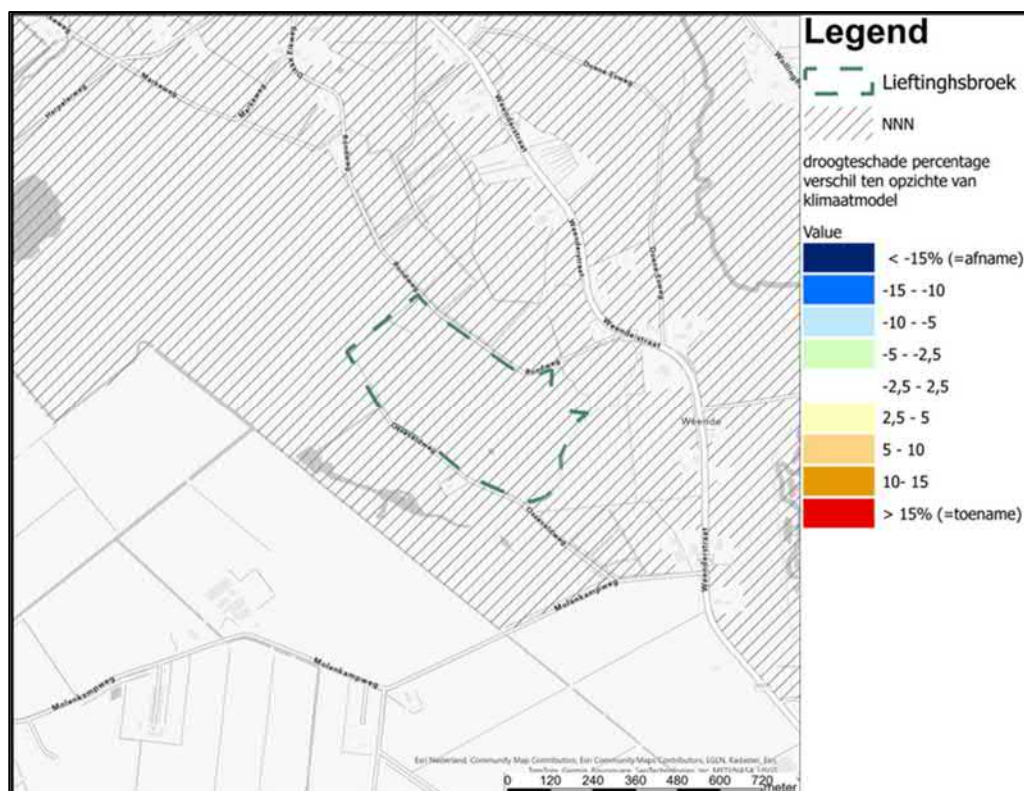
Nat- en droogteschade in de landbouw in scenario 1

Figuur 3-20, figuur 3-21 en figuur 3-22 tonen respectievelijk de berekende verandering van de natschade, droogteschade en totale schade in scenario 1.

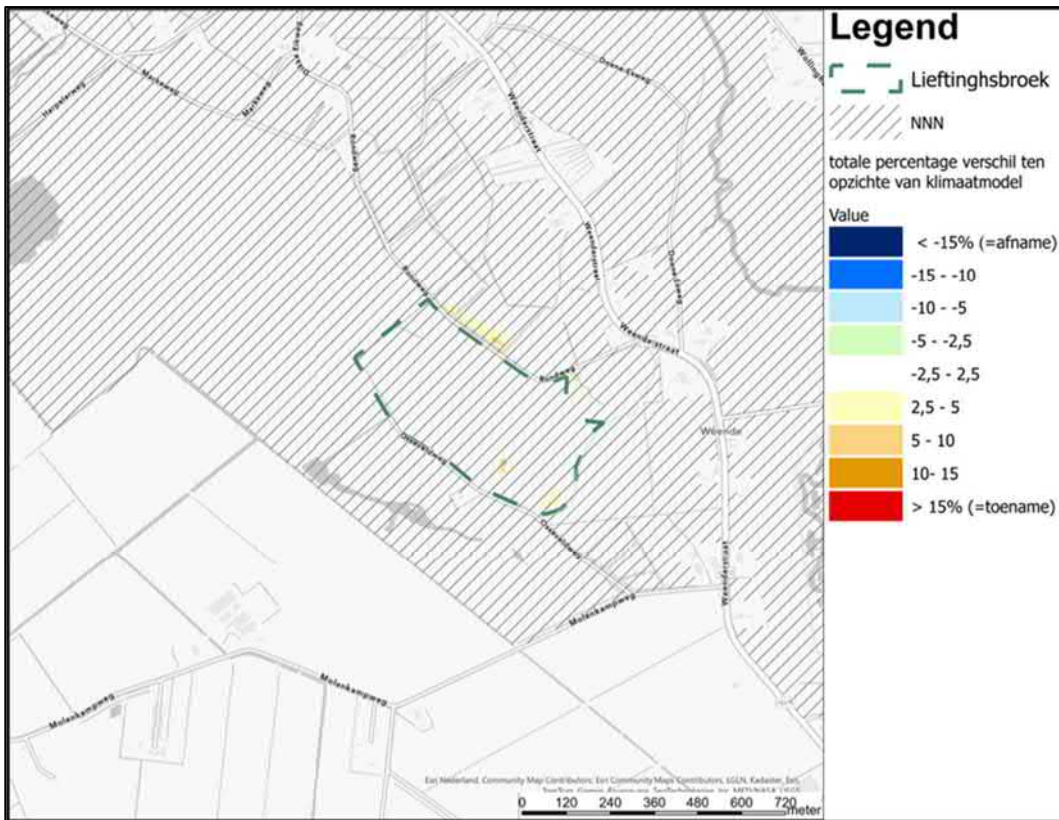
Uit deze figuren kan worden geconcludeerd dat er nauwelijks sprake is van een toename van de schade in de landbouw.



Figuur 3-20 Scenario 1: verandering van de natschade



Figuur 3-21 Scenario 1: verandering van de droogteschade



Figuur 3-22 Scenario 1: verandering van de totale schade

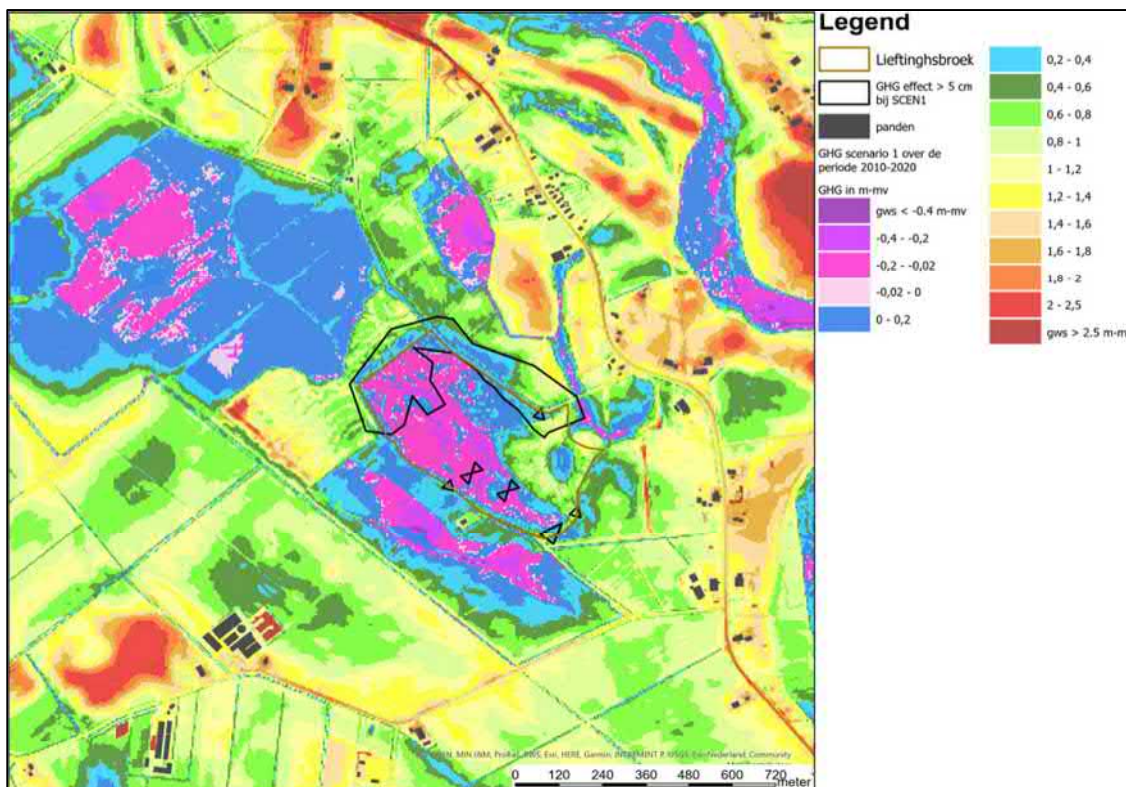
De ontwateringsdiepte bij bebouwing en wegen in scenario 1

Figuur 3-23 toont de GHG in scenario 1 en de contouren van de 5 cm grondwaterstandsverhoging. De bestaande bebouwing is eveneens in deze figuur weergegeven.

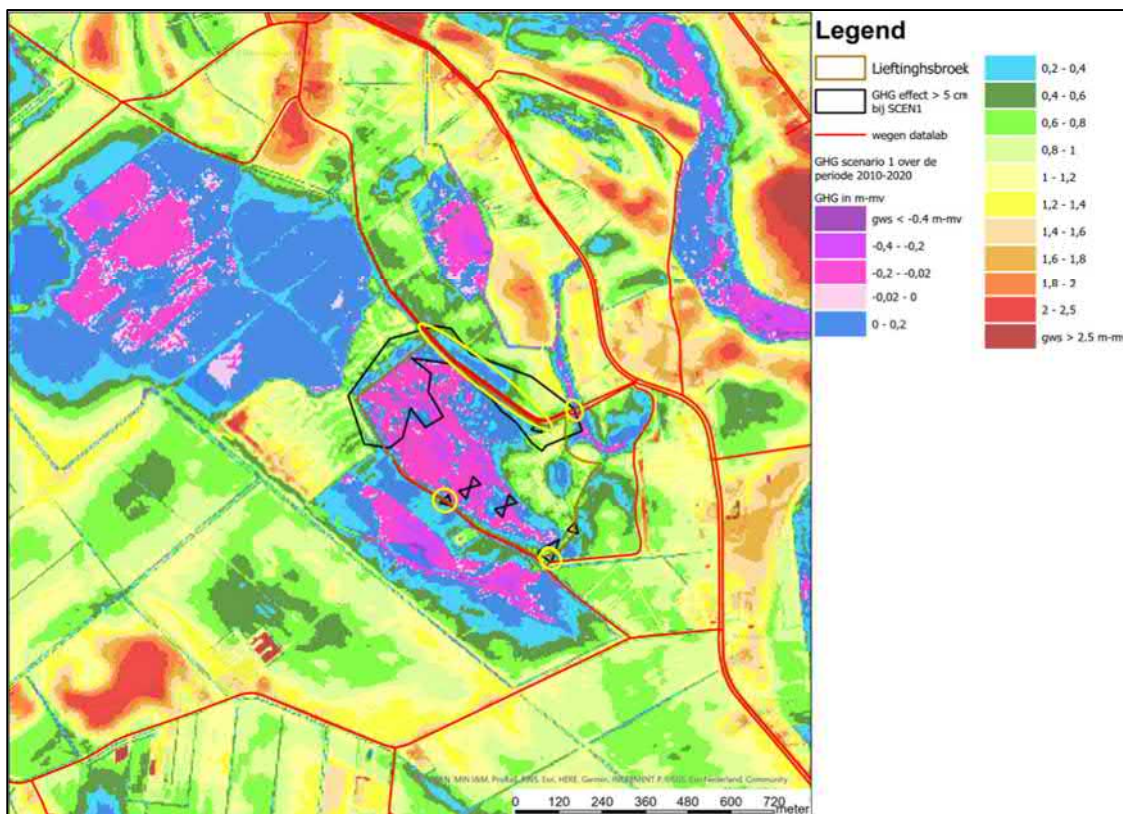
Uit figuur 3-23 blijkt dat er geen bebouwing binnen de contour van de 5 cm grondwaterstandsverhoging is waar de GHG ondieper wordt dan 60 cm-mv.

Door de maatregelen in scenario 1 ontstaan dan ook naar verwachting geen ontwateringsproblemen bij bebouwing.

In scenario 1 vraagt de ontwateringsdiepte ter hoogte van de geel omcirkelde wegen in figuur 3-24 wel extra aandacht.



Figuur 3-23 Er is in scenario 1 geen bebouwing binnen de 5 cm contour van de grondwaterstandsverhoging waar de GHG ondieper wordt dan 60 cm-mv.

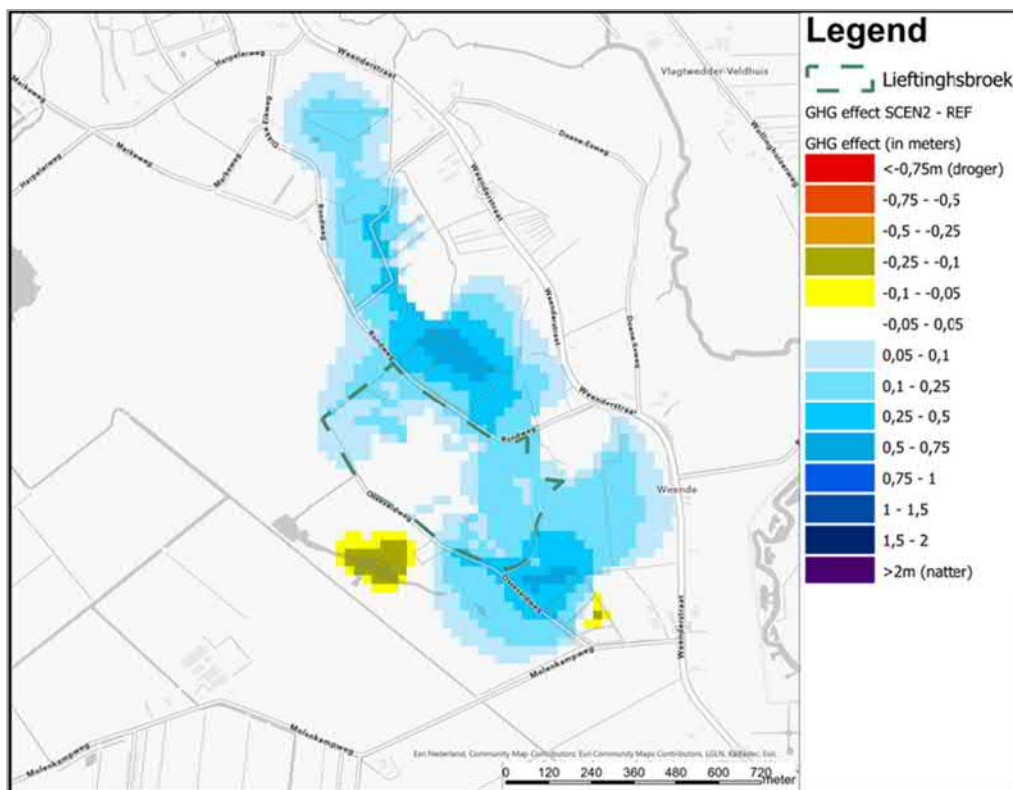


Figuur 3-24 Wegen waar door de maatregelen in scenario 1 mogelijk een knelpunt ontstaat in verband met de ontwatering (geel omcirkeld).

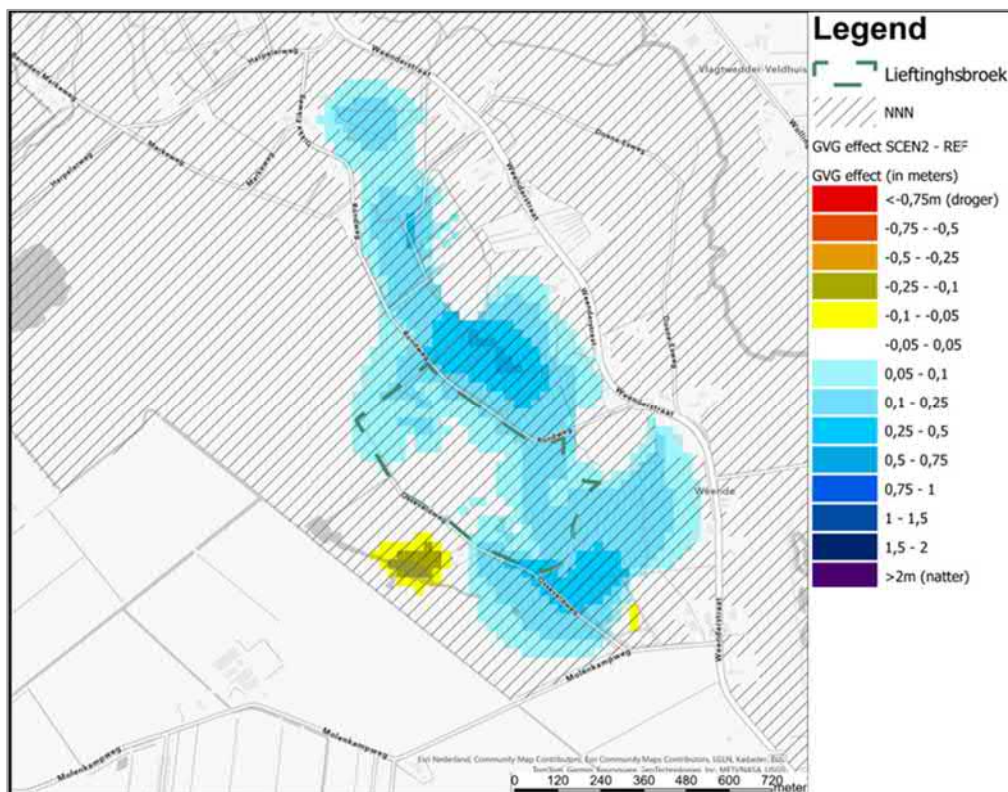
3.2.3 Effecten scenario 2

Effecten scenario 2 op de GxG's

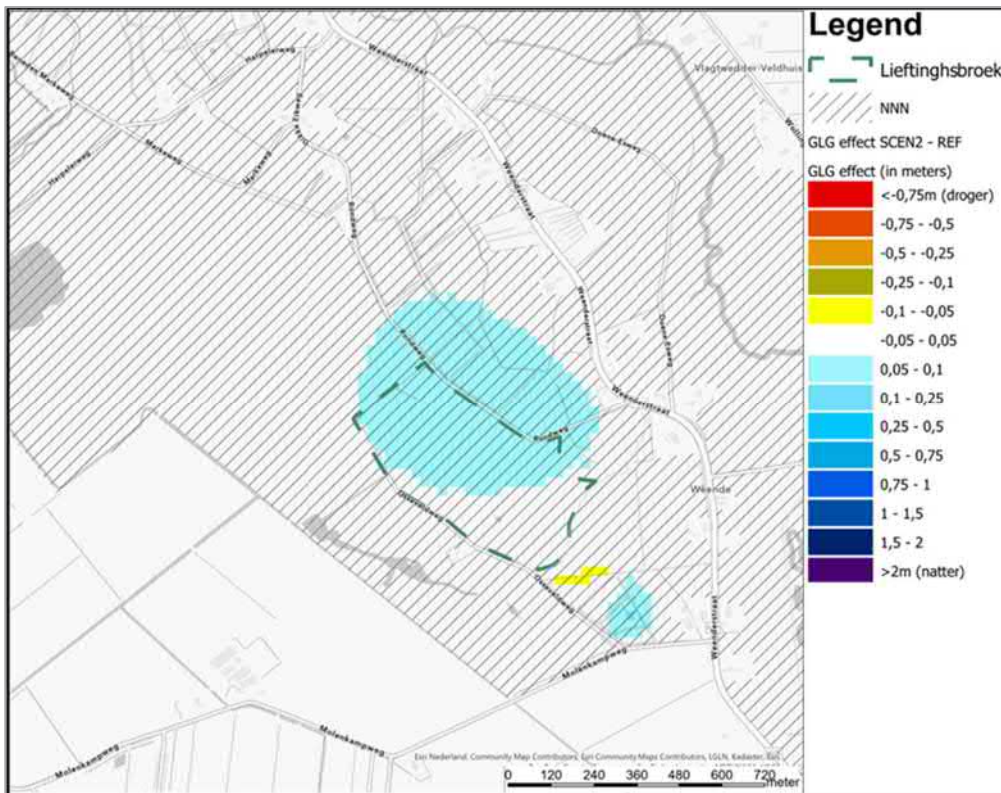
De effecten van scenario 2 op de GHG, GVG en GLG zijn weergegeven in respectievelijk figuur 3-25, figuur 3-26 en figuur 3-27. De vernattende effecten van deze maatregelen zijn het duidelijkst zichtbaar op de GHG en de GVG; de GLG verhoogt in het Liefstingsbroek maar beperkt (< 10 cm). De berekende verlaging van de GHG en GVG wordt veroorzaakt door de toegevoegde sloot in dit scenario.



Figuur 3-25 Scenario 2: effect op de GHG



Figuur 3-26 Scenario 2: effect op de GVG

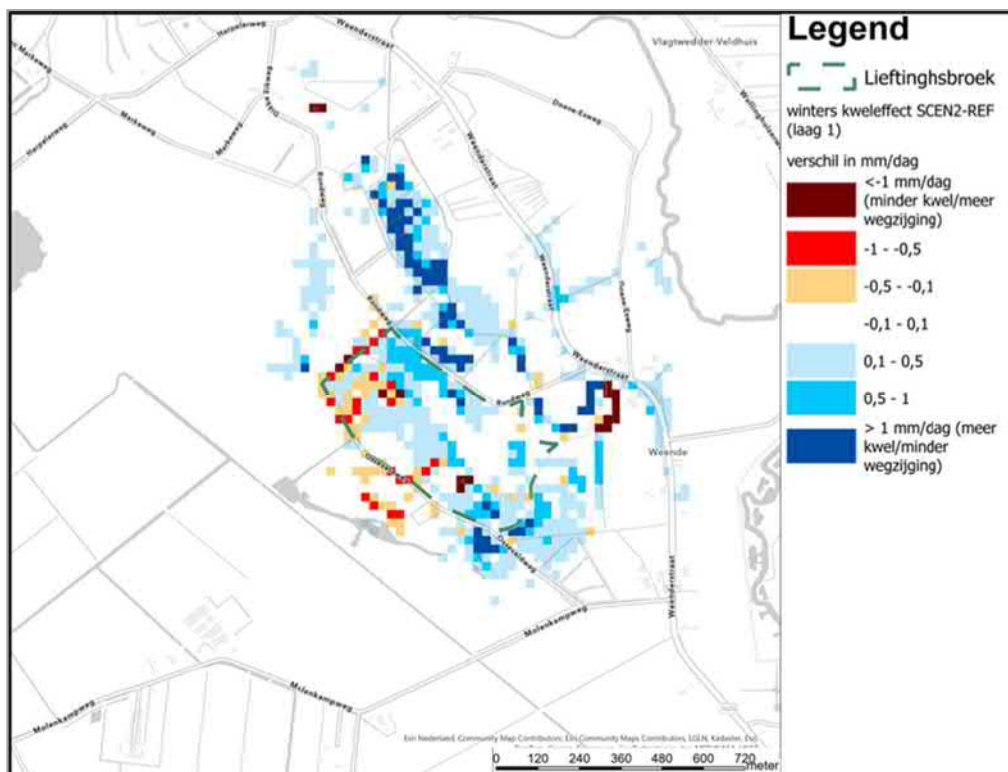


Figuur 3-27 Scenario 2: effect op de GLG

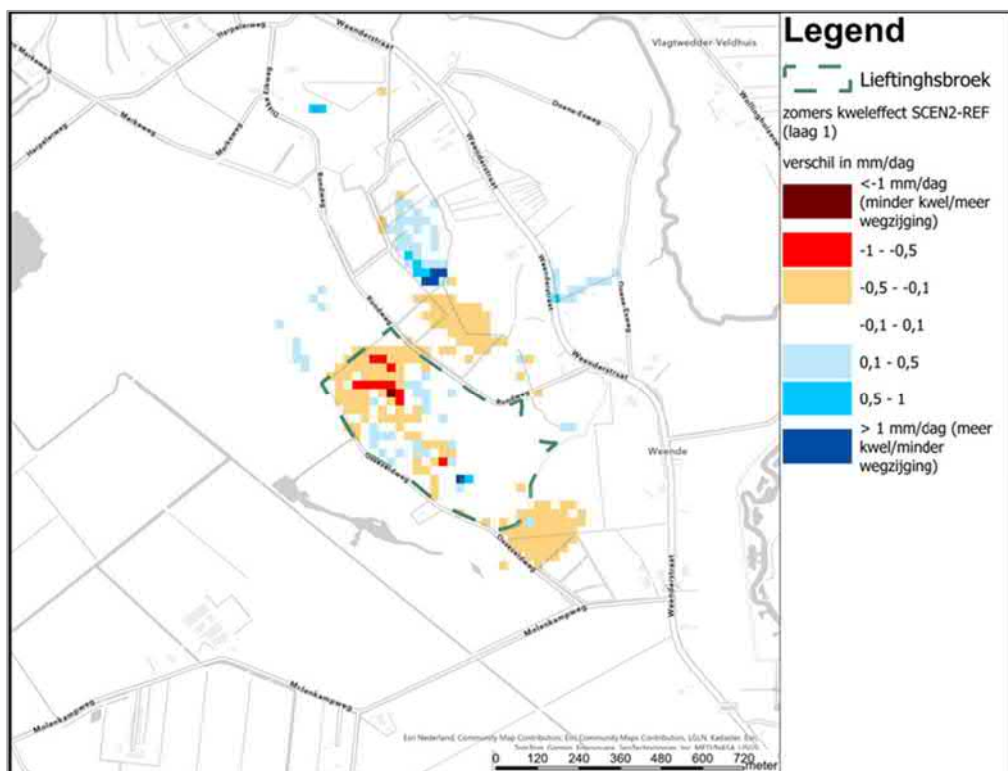
Effecten scenario 2 op de ondiepe kwel

Figuur 3-28 en figuur 3-29 tonen het berekende effect van de maatregelen in scenario 2 op de gemiddelde ondiepe kwel in respectievelijk de winter en de zomer. In de zomer is overwegend een toename van de ondiepe infiltratie (c.q. afname van de ondiepe kwel) zichtbaar. In de winter neemt in delen van het Liefstingsbroek de ondiepe kwel (licht) toe (c.q. neemt de ondiepe infiltratie af).

Deze effecten zijn duidelijk groter dan in scenario 1 waarin minder vernattingsmaatregelen zijn getroffen.



Figuur 3-28 Scenario 2: effect op de ondiepe kwel in de winter



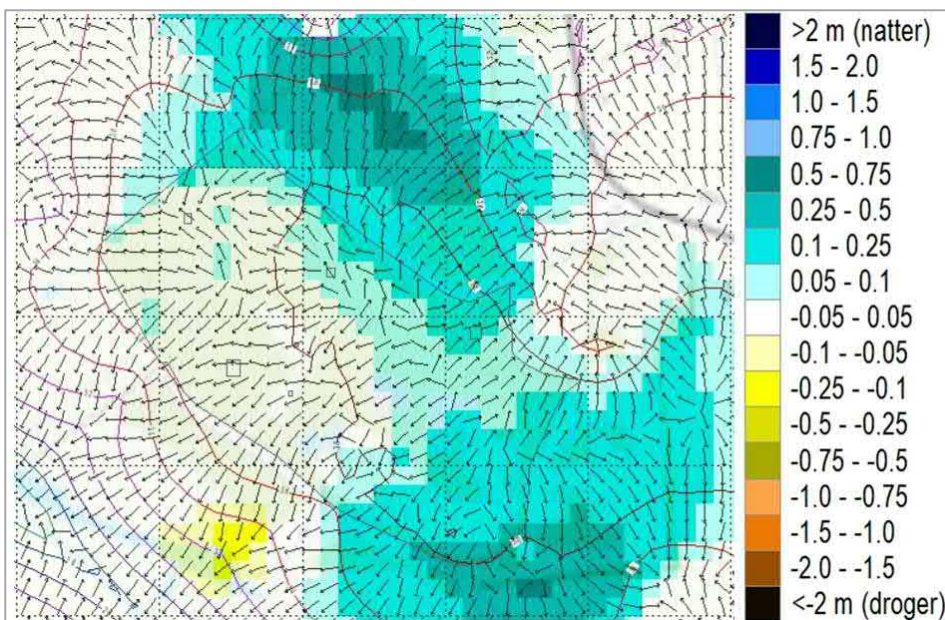
Figuur 3-29 Scenario 2: effect op de ondiepe kwel in de zomer.

Verandering van de laterale toestroom van (basenrijk) ondiep grondwater in scenario 2

Figuur 3-30 toont voor scenario 2:

- de stromingsrichting in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter);
- de isohypsen in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter);
- het berekende effect op de GHG.

In deze figuur is zichtbaar dat in de winter gemiddeld de laterale uitstroom van ondiep grondwater vanuit het Lieftingsbroek minder groot wordt, met name aan de zuidzijde en de noordoostzijde. De verwachting is dat de vergroting van de laterale toestrooming in het centrale (lage) deel van het Lieftingsbroek (met name de witte vlekken (= verhoging GHG < 5 cm)) beperkt is: de stroming is overwegend naar buiten richting het zuidwesten.

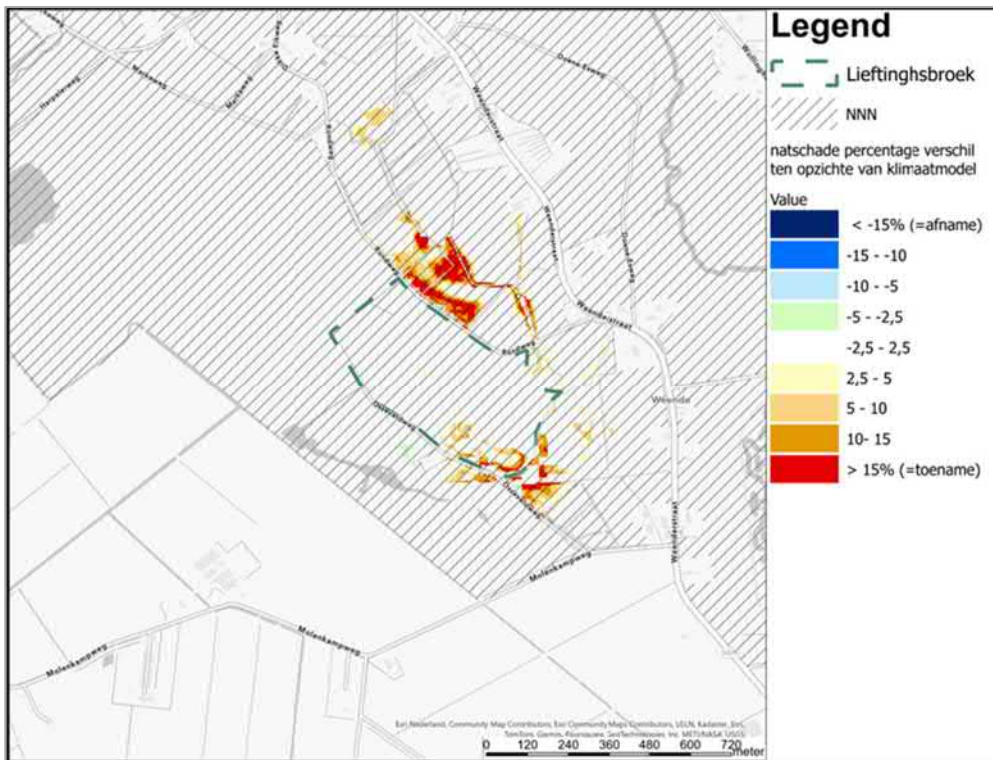


Figuur 3-30 Scenario 2: Stromingsrichting en isohypsen in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter). Kleuren: berekend effect op de GHG.

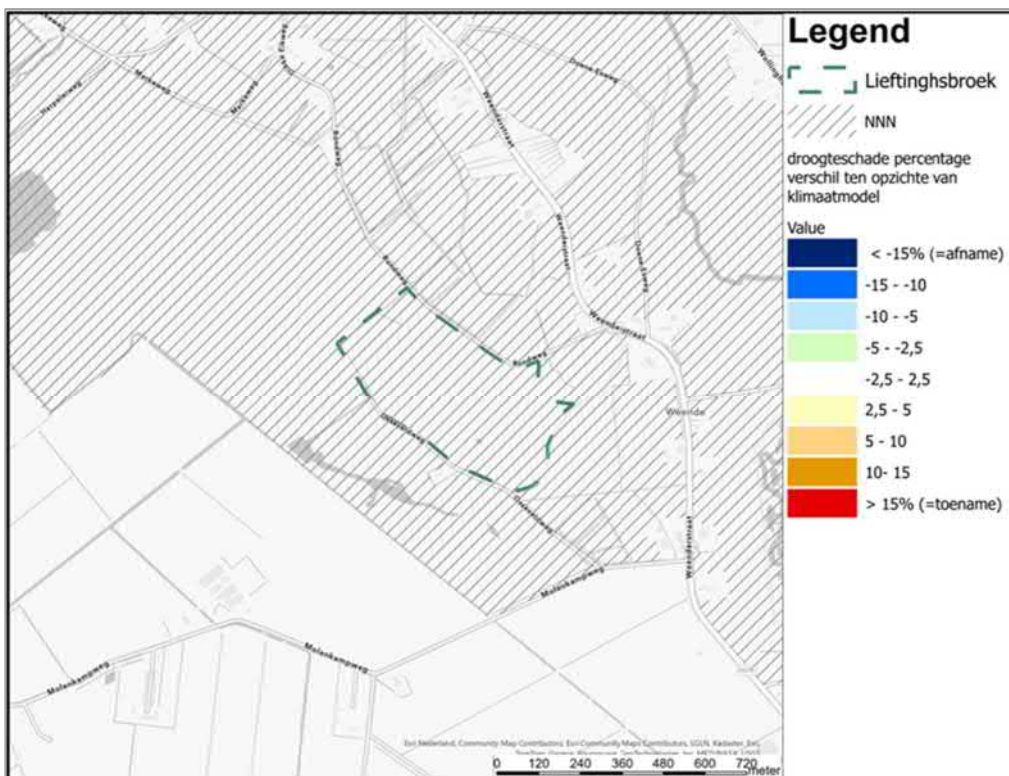
Nat- en droogteschade in de landbouw in scenario 2

Figuur 3-31, figuur 3-32 en figuur 3-33 tonen respectievelijk de berekende verandering van de natschade, droogteschade en totale schade in scenario 2.

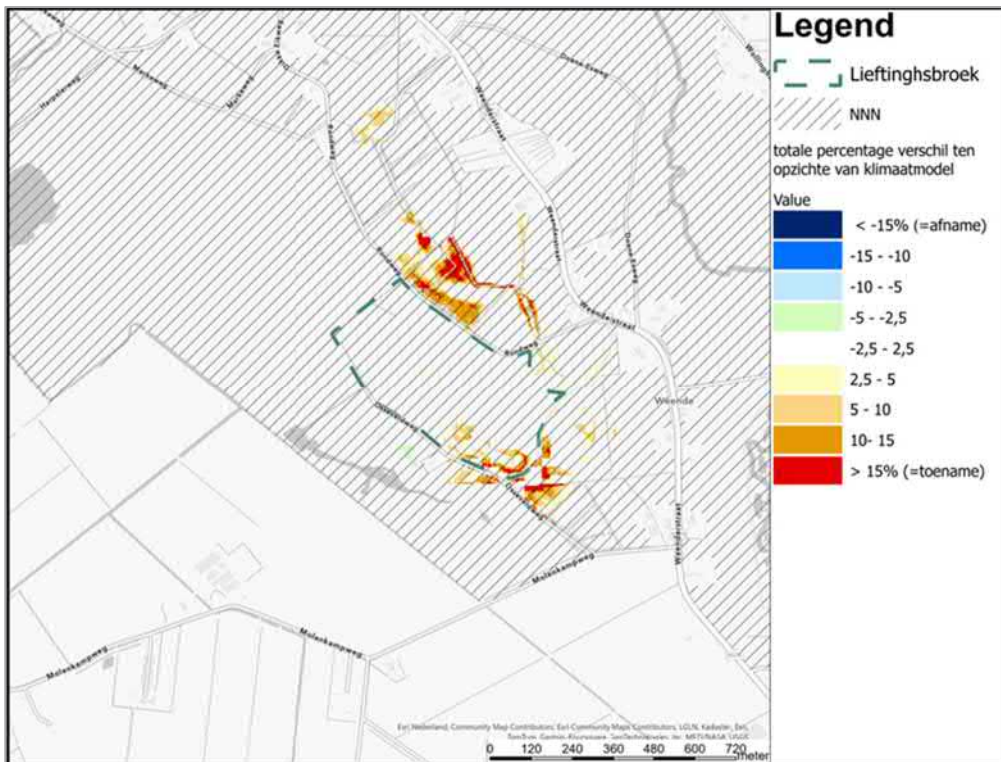
Uit deze figuren kan worden geconcludeerd dat er in beperkte mate sprake is van een toename van natschade in het gebied waar maatregelen worden getroffen. De natschade is beperkt tot het NNN gebied (gearceerd weergegeven).



Figuur 3-31 Scenario 2: verandering van de natschade



Figuur 3-32 Scenario 2: verandering van de droogteschade



Figuur 3-33 Scenario 2: verandering van de totale schade

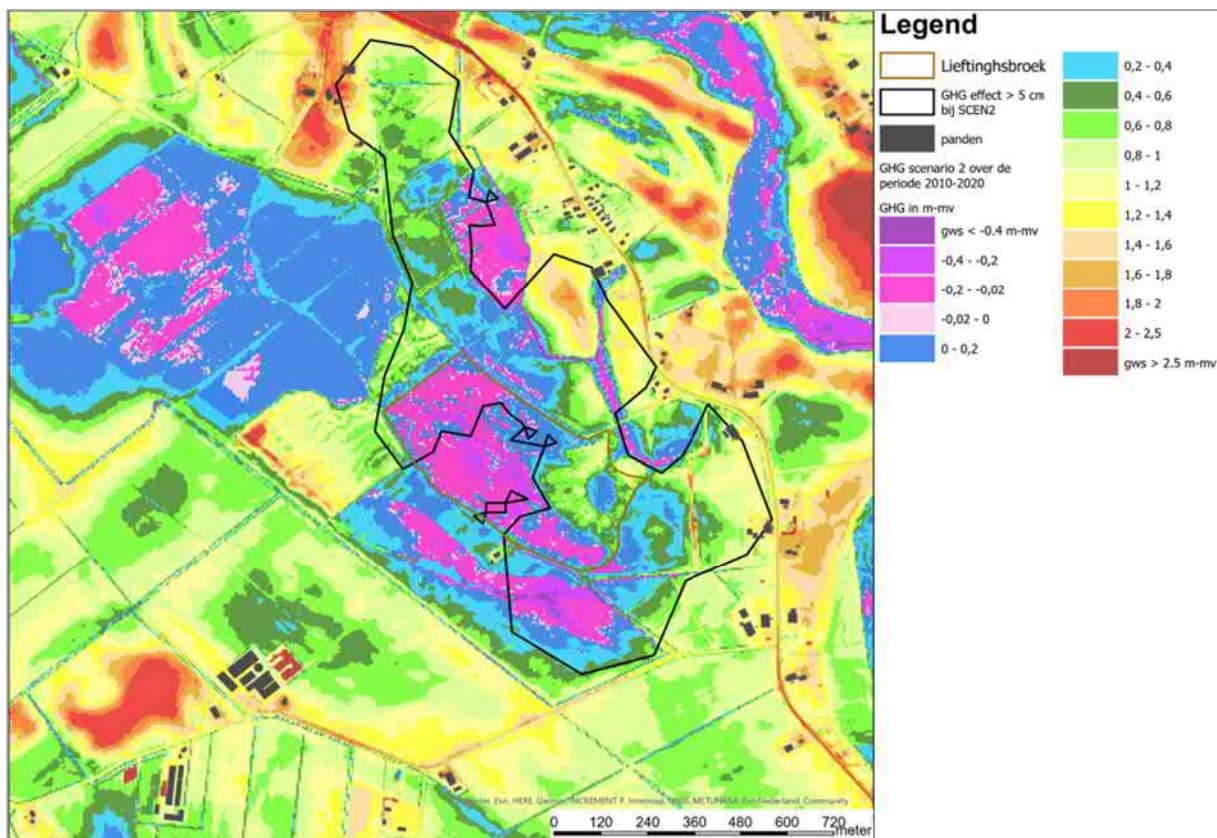
De ontwateringsdiepte bij bebouwing en wegen in scenario 2

Figuur 3-34 toont de GHG in scenario 2 en de contouren van de 5 cm grondwaterstandsverhoging. De bestaande bebouwing is eveneens in deze figuur weergegeven.

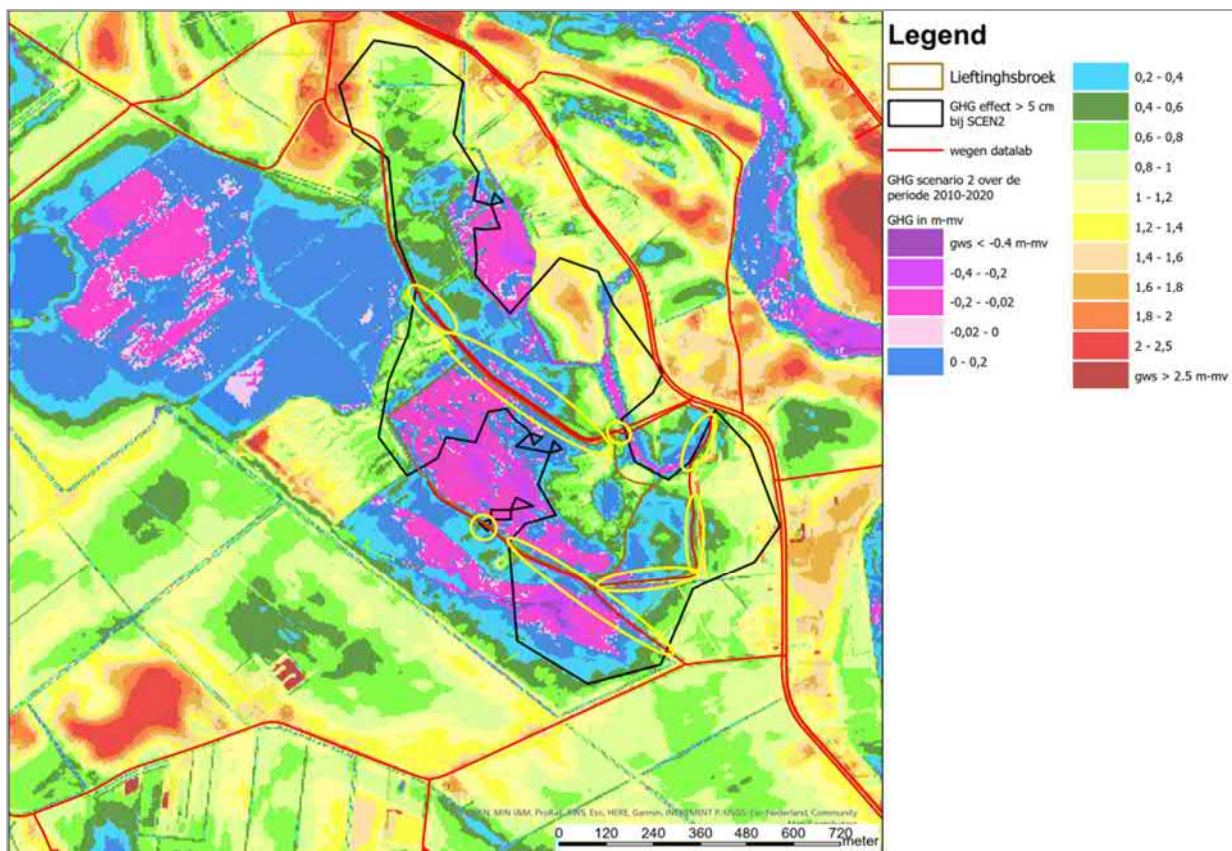
Uit figuur 3-34 blijkt dat er geen bebouwing binnen de contour van de 5 cm grondwaterstandsverhoging is waar de GHG ondieper wordt dan 60 cm-mv.

Door de maatregelen in scenario 2 ontstaan dan ook naar verwachting geen ontwateringsproblemen bij bebouwing (Figuur 3-35).

In scenario 2 vraagt de ontwateringsdiepte ter hoogte van de geel omcirkelde wegen in figuur 3-35 extra aandacht.



Figuur 3-34 Er is in scenario 2 geen bebouwing binnen de 5 cm contour van de grondwaterstandsverhoging waar de GHG ondieper wordt dan 60 cm-mv

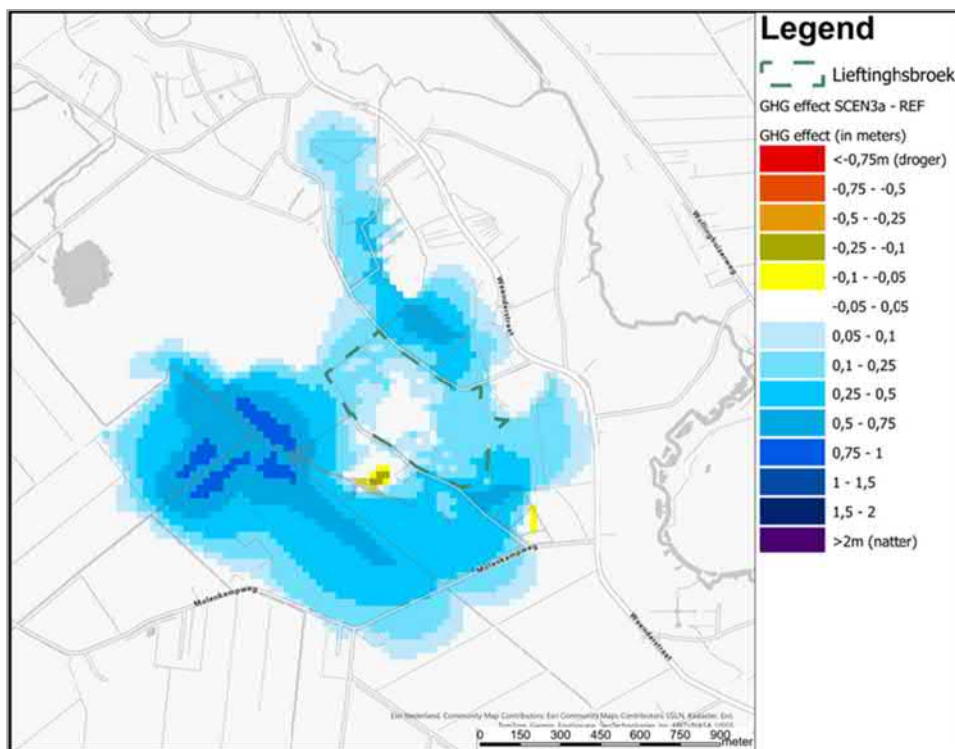


Figuur 3-35 Wegen waar door de maatregelen in scenario 2 mogelijk een knelpunt ontstaat in verband met de ontwatering (geel omcirkeld).

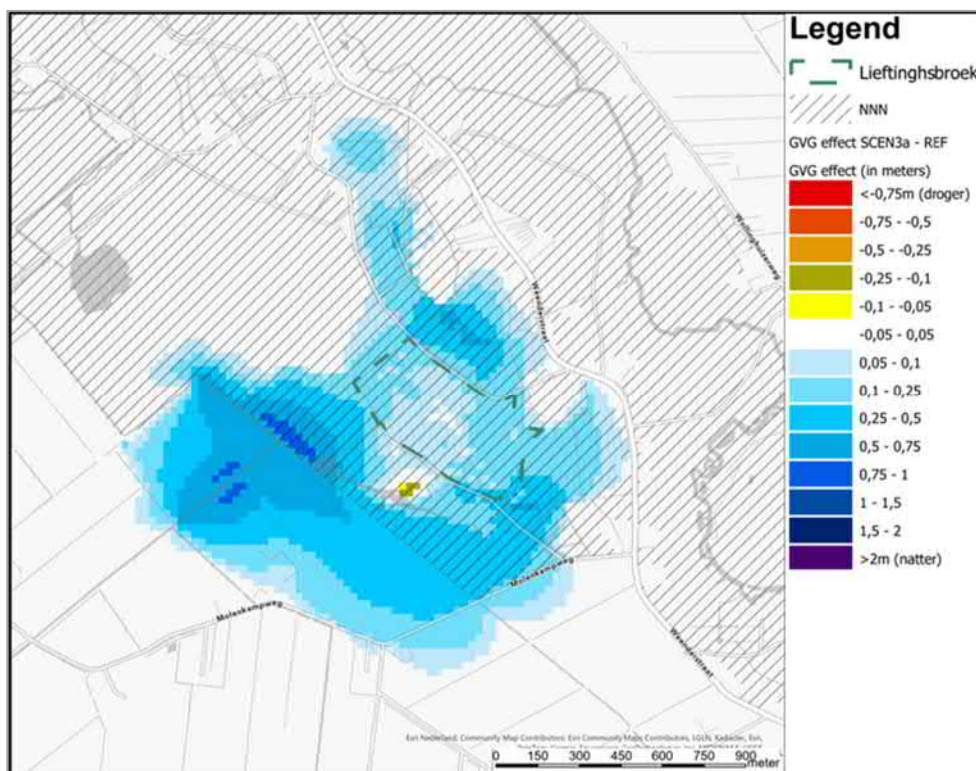
3.2.4 Effecten scenario 3a

Effecten scenario 3a op de GxG's

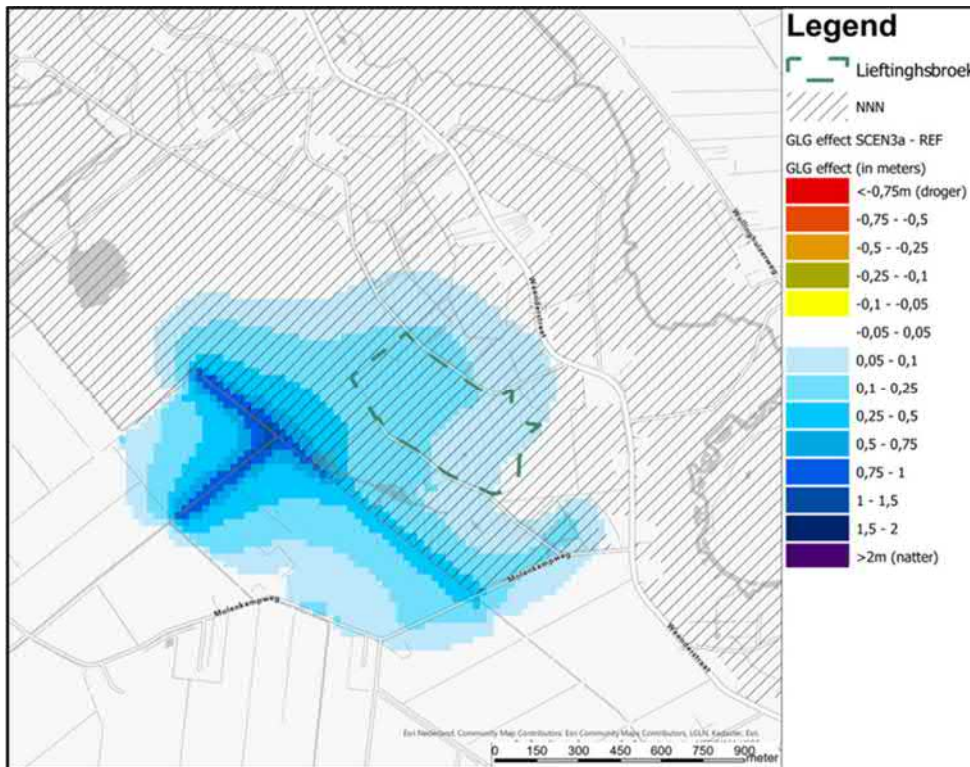
De effecten van scenario 3a op de GHG, GVG en GLG zijn weergegeven in figuur 3-36, figuur 3-37 en figuur 3-38. Ten zuidwesten is in dit scenario duidelijk een grotere vernatting zichtbaar in het landbouwgebied ten zuidwesten van het Liefstingsbroek dan in scenario 2. Deze extra vernatting wordt veroorzaakt, doordat in scenario 3a in twee peilvakken het peil is verhoogd.



Figuur 3-36 Scenario 3a: effect op de GHG



Figuur 3-37 Scenario 3a: effect op de GVG

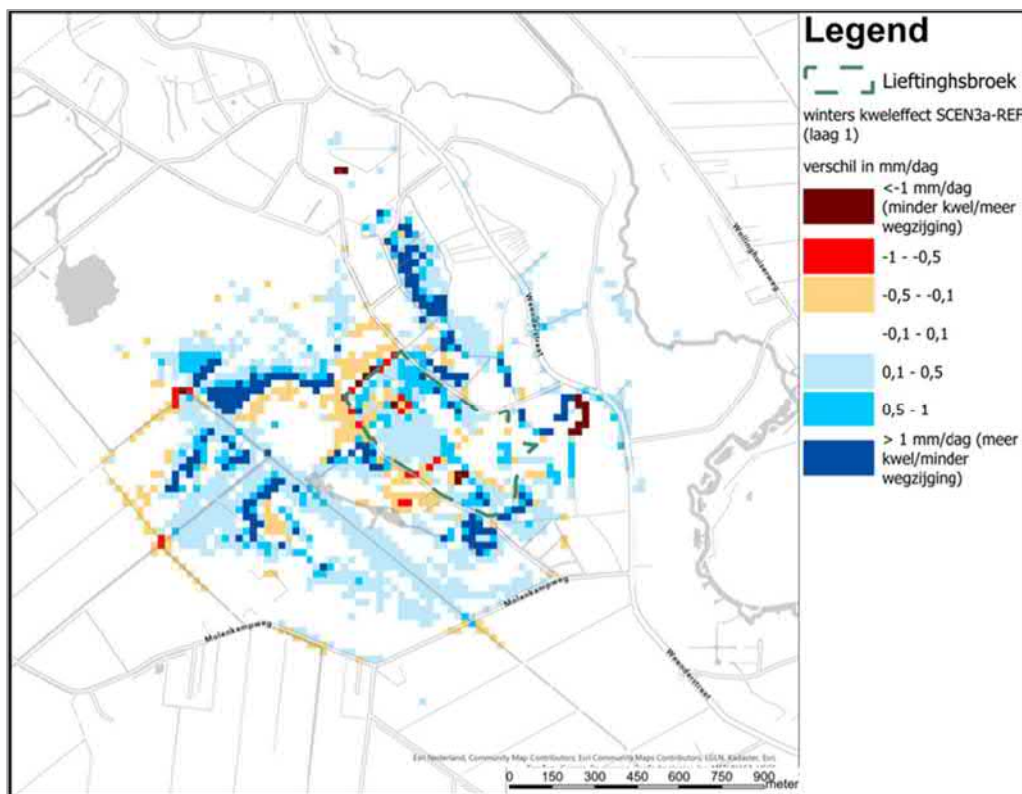


Figuur 3-38 Scenario 3A: effect op de GLG

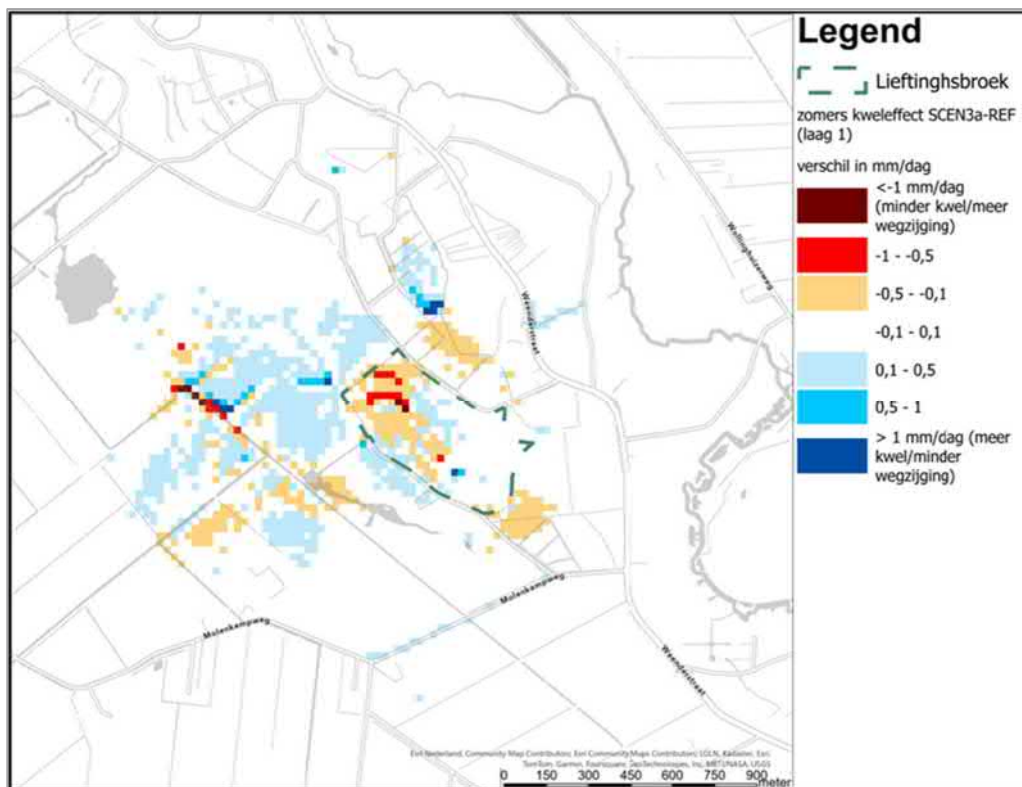
Effecten scenario 3a op de ondiepe kwel

Figuur 3-39 en figuur 3-40 tonen het berekende effect van de maatregelen in scenario 3a op de gemiddelde ondiepe kwel in respectievelijk de winter en de zomer. In de zomer is overwegend een toename van de ondiepe infiltratie (c.q. afname van de ondiepe kwel) zichtbaar. In de winter neemt in delen van het Lieftingsbroek de ondiepe kwel (licht) toe (c.q. neemt de ondiepe infiltratie af).

Deze effecten zijn duidelijk groter dan in scenario 2 waarin minder vernattingsmaatregelen zijn getroffen. Het verschil wordt vooral veroorzaakt, doordat in scenario 3a in twee peilvakken het peil is verhoogd.



Figuur 3-39 Scenario 3a: effect op de ondiepe kwel in de winter



Figuur 3-40 Scenario 3a: effect op de ondiepe kwel in de zomer

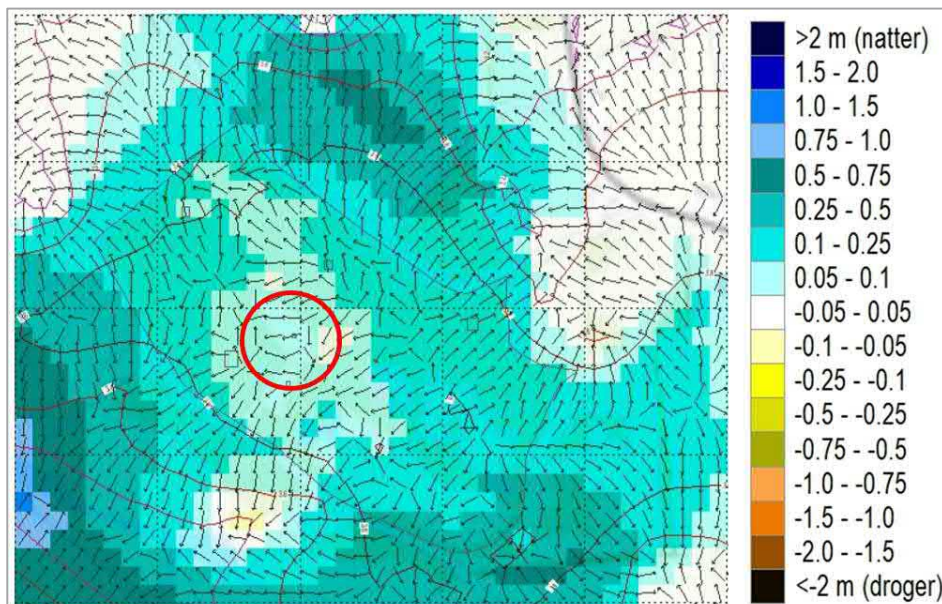
Verandering van de laterale toestroom van (basenrijk) ondiep grondwater in scenario 3a

Figuur 3-41 toont voor scenario 3a:

- de stromingsrichting in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter);
- de isohypsen in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter);
- het berekende effect op de GHG.

In deze figuur is zichtbaar dat in de winter gemiddeld de laterale uitstroom van ondiep grondwater vanuit het Lieftingsbroek minder groot wordt, met name aan de zuidzijde, de noordoostzijde en de zuidwestzijde.

Een vergelijking met scenario 2 (waarin ten zuidwesten van het gebied geen peilverhoging plaatsvindt), maakt duidelijk dat de peilverhoging leidt tot een centraal gebied in het Lieftingsbroek (rood omcirkeld in *figuur 3-41*) waar verwacht mag worden dat de ondiepe laterale toestroom in de winter toeneemt. In scenario 2 was dat duidelijk minder het geval.

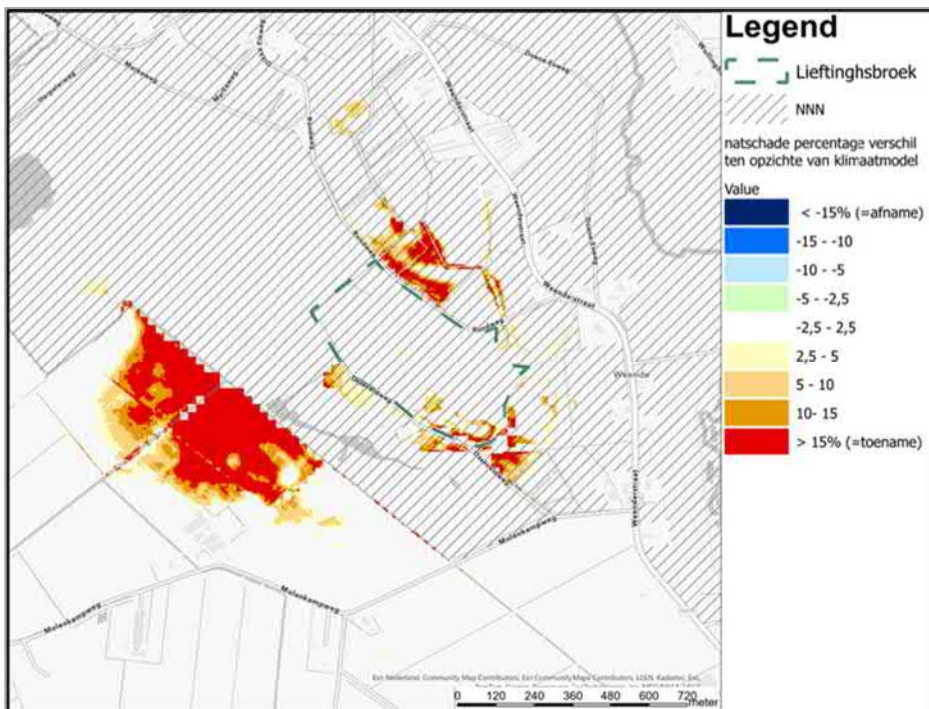


Figuur 3-41 Scenario 3a: Stromingsrichting en isohypsen in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter). Kleuren: berekend effect op de GHG. Verwacht wordt dat de ondiepe laterale toestroom in de winter toeneemt in het rood omcirkelde gebied.

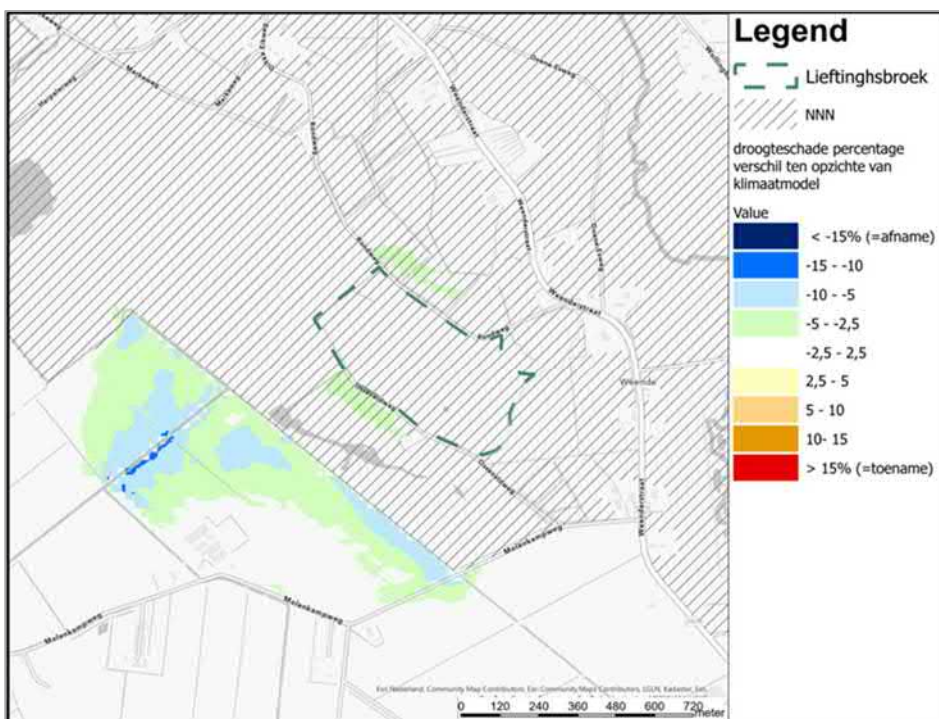
Nat- en droogteschade in de landbouw in scenario 3a

Figuur 3-42, figuur 3-43 en figuur 3-44 tonen respectievelijk de berekende verandering van de natschade, droogteschade en totale schade in scenario 3a.

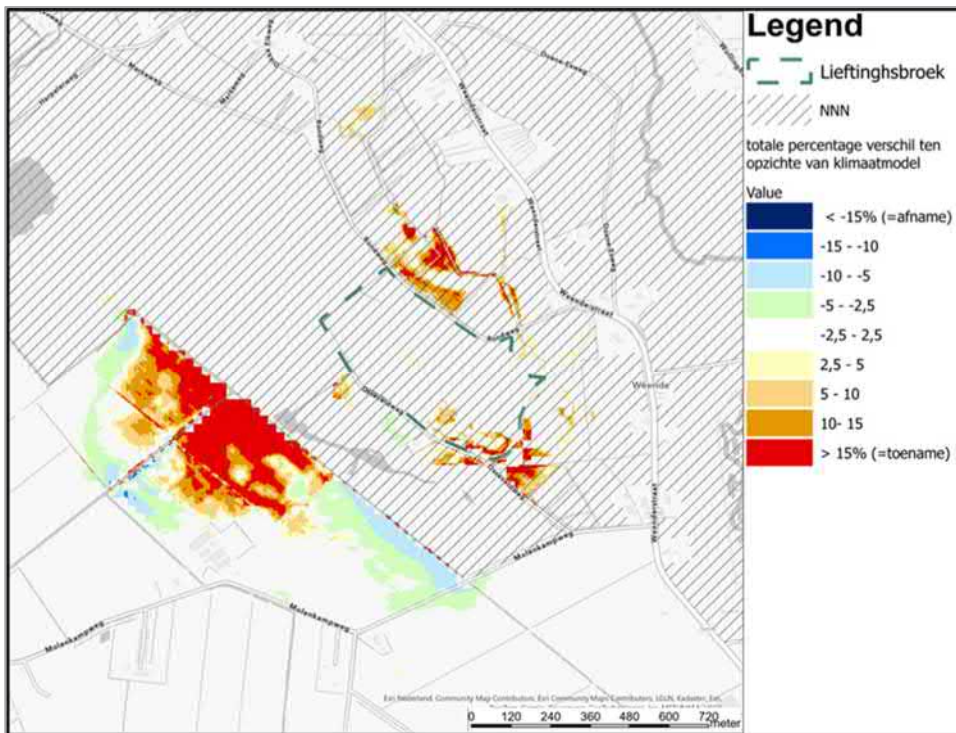
Uit deze figuren kan worden geconcludeerd dat er een duidelijk toename is van natschade in het gebied waar maatregelen worden getroffen. De natschade is niet beperkt tot het NNN-gebied (gearceerd weergegeven), maar treedt vooral op in het gebied waar in scenario 3a peilverhogingen worden genomen.



Figuur 3-42 Scenario 3a: verandering van de natschade



Figuur 3-43 Scenario 3a: verandering van de droogteschade



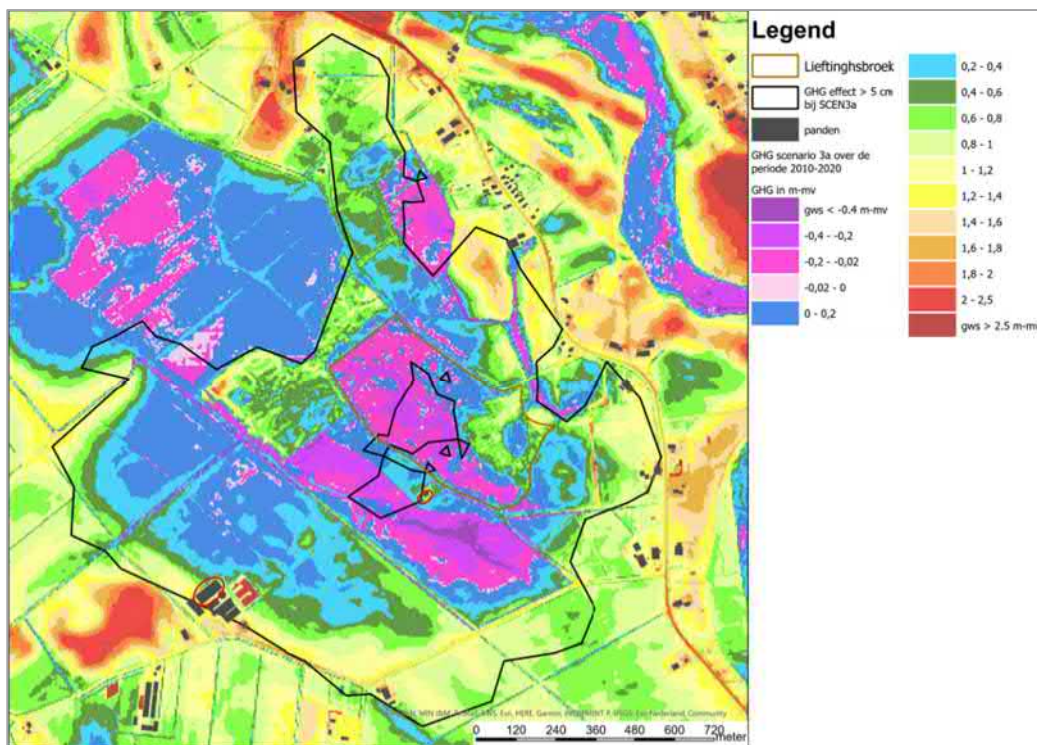
Figuur 3-44 Scenario 3a: verandering van de totale schade.

De ontwateringsdiepte bij bebouwing en wegen in scenario 3a

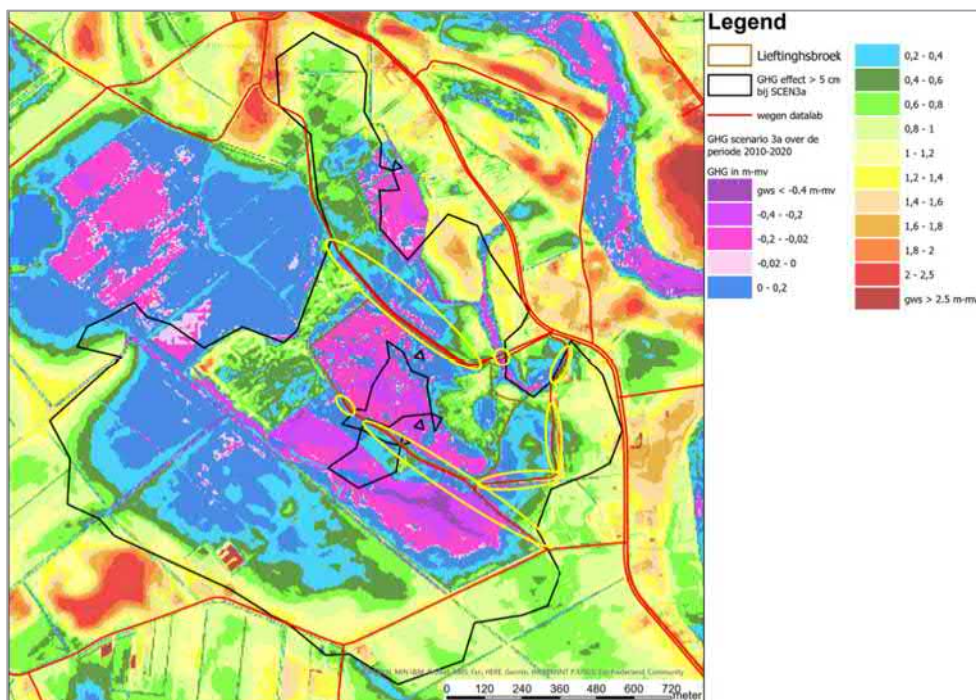
Figuur 3-45 toont de GHG in scenario 3a en de contouren van de 5 cm grondwaterstandsverhoging. De bestaande bebouwing is eveneens in deze figuur weergegeven.

Uit *figuur 3-45* blijkt dat op twee plaatsen binnen de contour van de 5 cm grondwaterstandsverhoging bebouwing aanwezig is waar de GHG ondieper wordt dan 60 cm-mv (rood omcirkeld).

In scenario 3a vraagt de ontwateringsdiepte van wegen ter hoogte van de geel omcirkelde wegen in extra aandacht (*figuur 3-46*).



Figuur 3-45 Bebouwing waar door de maatregelen in scenario 3a mogelijk een knelpunt ontstaat in verband met de ontwatering (rood omcirkeld)

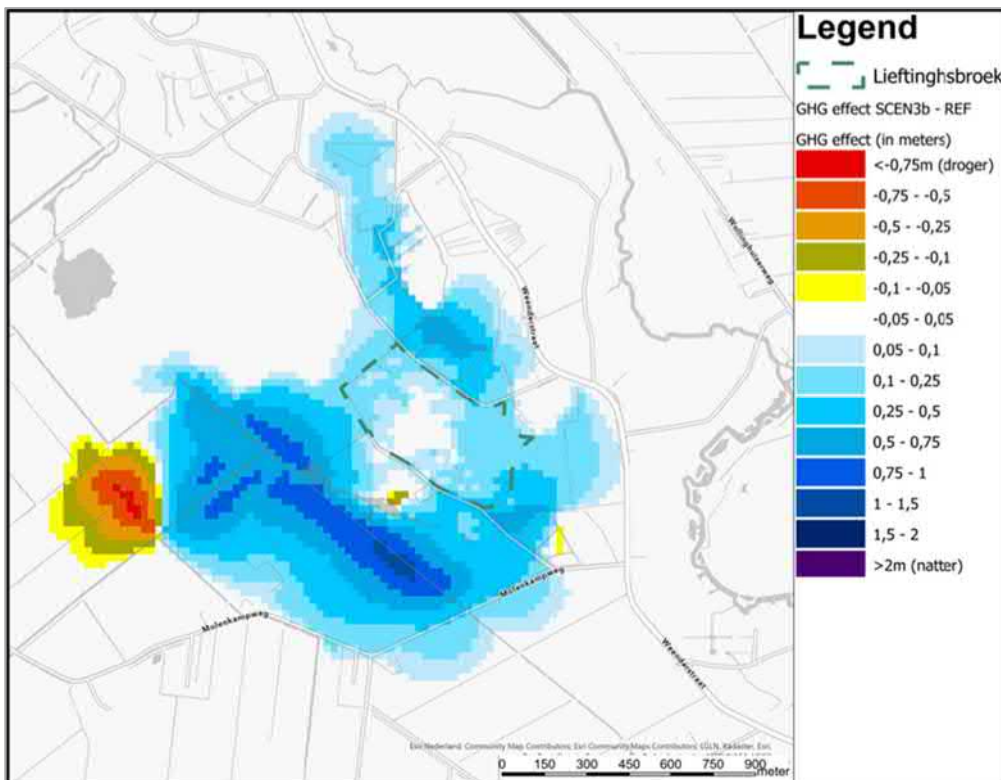


Figuur 3-46 Wegen waar door de maatregelen in scenario 3a mogelijk een knelpunt ontstaat in verband met de ontwatering (geel omcirkeld).

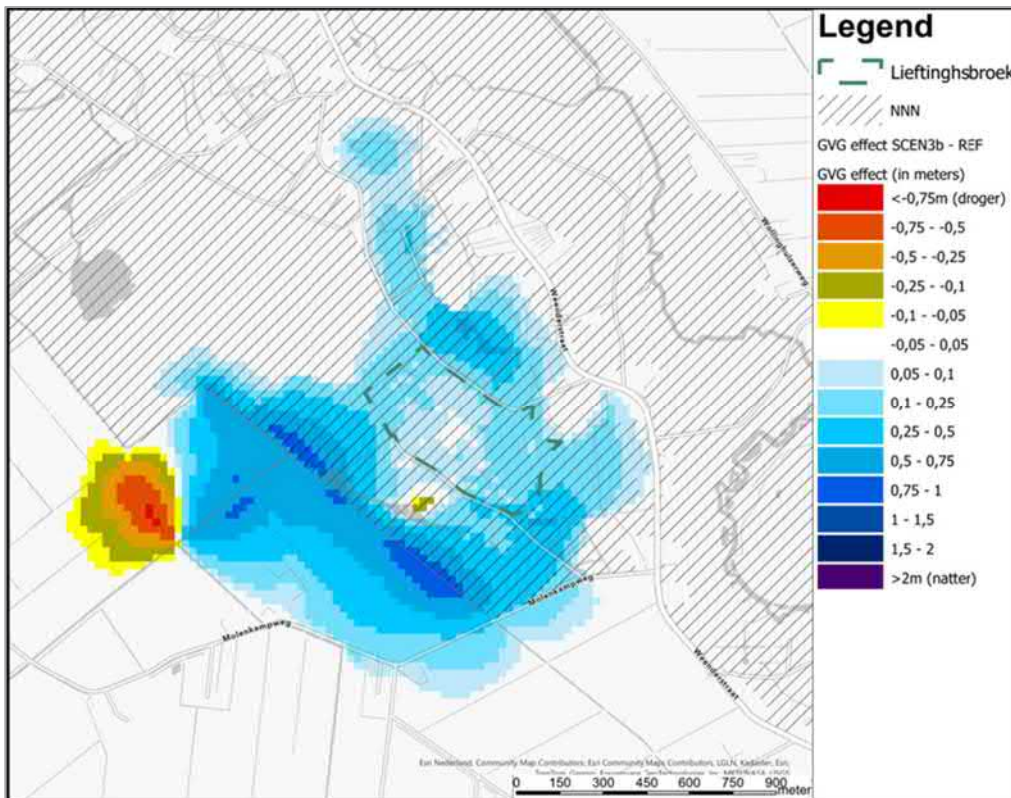
3.2.5 Effecten scenario 3b

Effecten scenario 3b op de GxG's

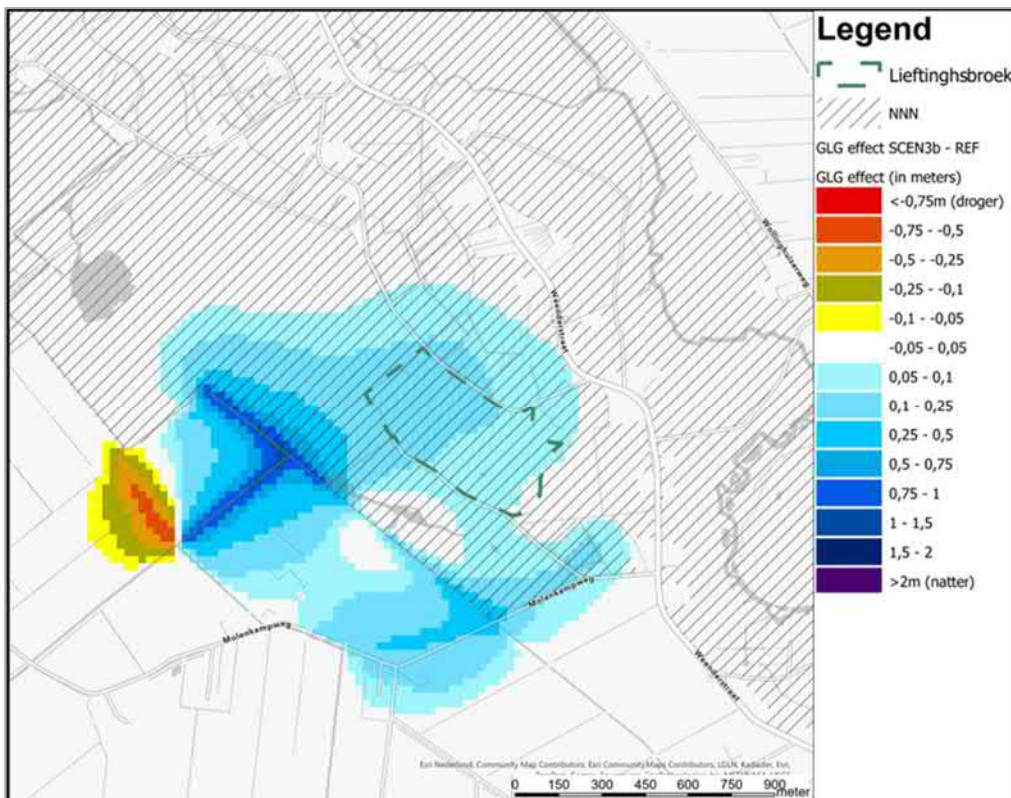
De effecten van scenario 3b op de GHG, GVG en GLG zijn weergegeven in figuur 3-47, figuur 3-48 en figuur 3-49. Ten zuidwesten is in dit scenario, evenals in scenario 3a, overwegend sprake van vernatting. Maar de demping van de primaire watergang (en de twee nieuwe watergangen in dit scenario, herkenbaar door de verlagingen (geel)) hebben nagenoeg geen extra vernattend effect op het Lieftingsbroek.



Figuur 3-47 Scenario 3b: effect op de GHG



Figuur 3-48 Scenario 3b: effect op de GVG

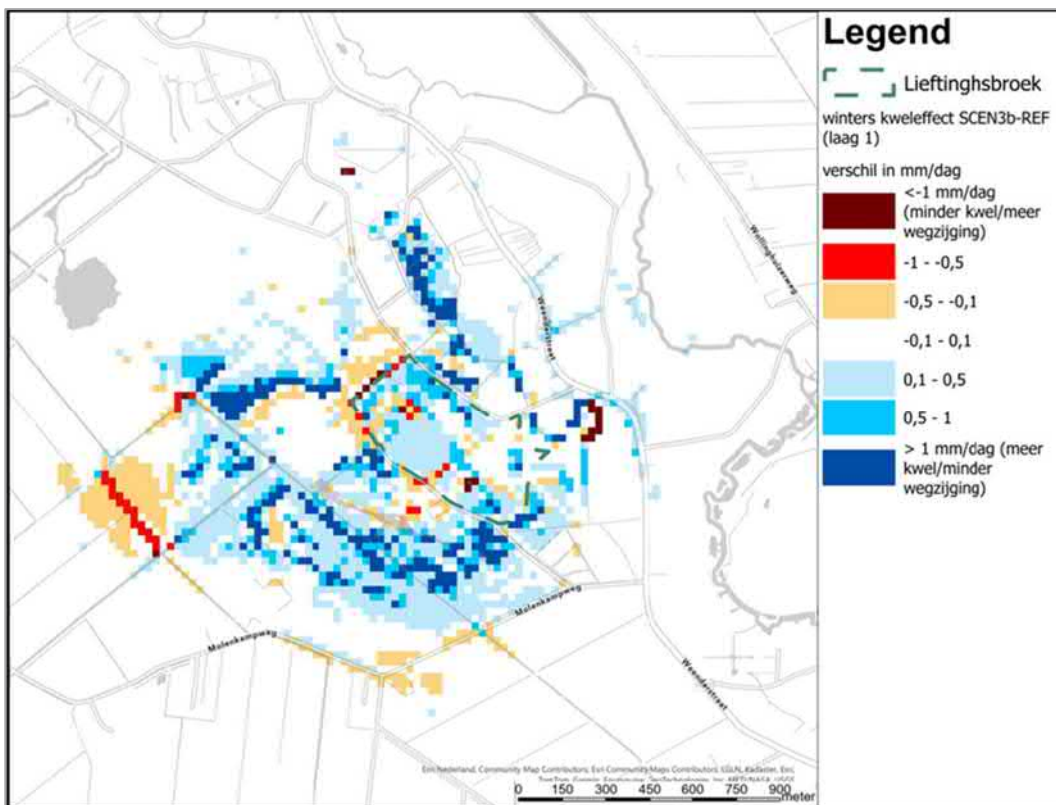


Figuur 3-49 Scenario 3b: effect op de GLG

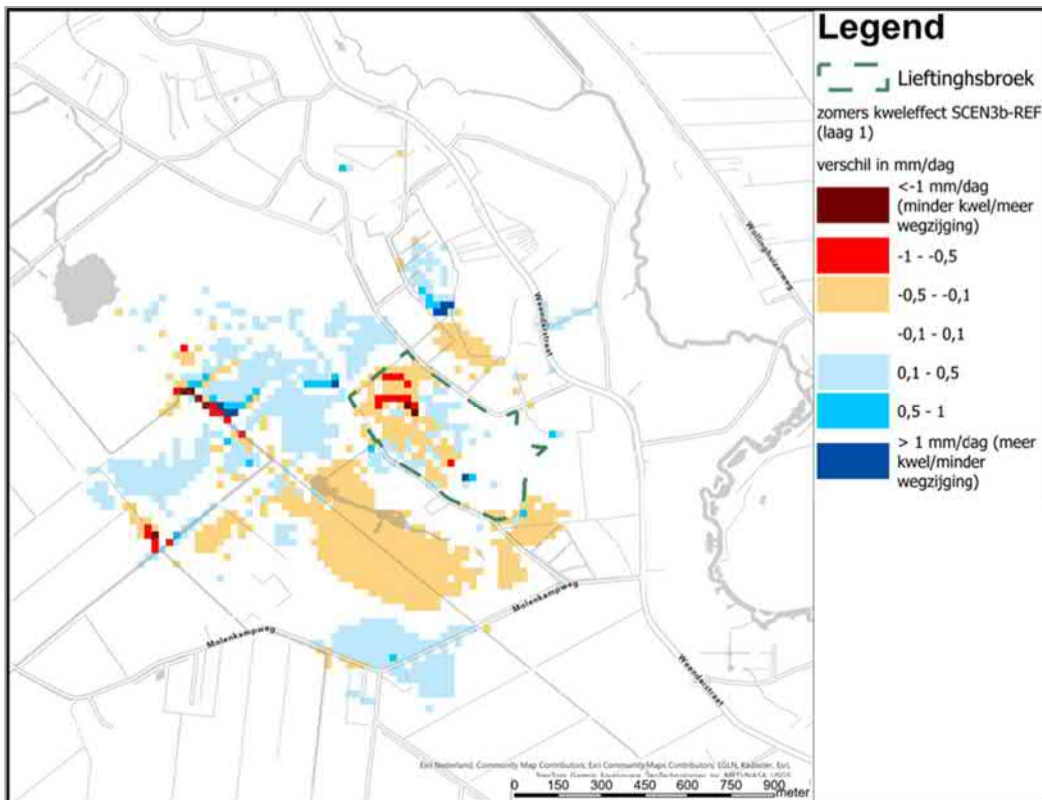
Effecten scenario 3b op de ondiepe kwel

Figuur 3-50 en figuur 3-51 tonen het berekende effect van de maatregelen in scenario 3b op de gemiddelde ondiepe kwel in respectievelijk de winter en de zomer. In de zomer is overwegend een toename van de ondiepe infiltratie (c.q. afname van de ondiepe kwel) zichtbaar. In de winter neemt in delen van het Lieftingsbroek de ondiepe kwel (licht) toe (c.q. neemt de ondiepe infiltratie af).

Maar de demping van de primaire watergang (en de twee nieuwe watergangen in dit scenario 3b) hebben nagenoeg geen invloed op de berekende verandering van de ondiepe kwel in het Lieftingsbroek.



Figuur 3-50 Scenario 3b: effect op de ondiepe kwel in de winter



Figuur 3-51 Scenario 3b: effect op de ondiepe kwel in de zomer

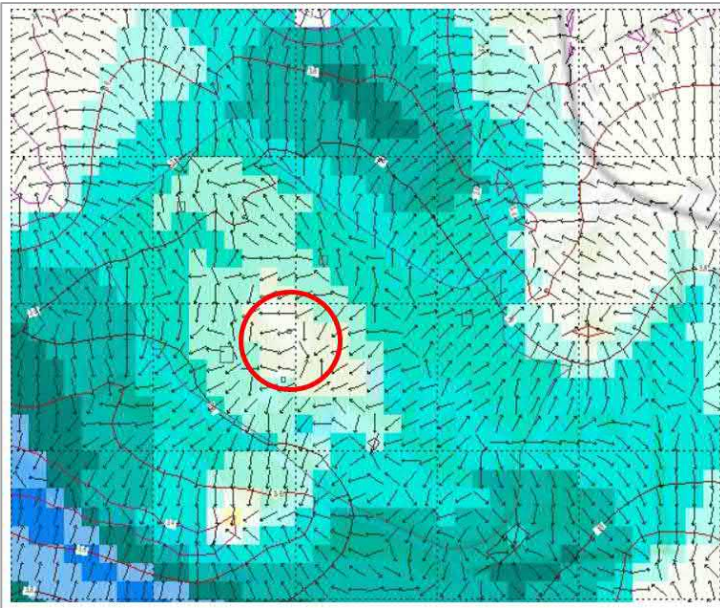
Verandering van de laterale toestroom van (basenrijk) ondiep grondwater in scenario 3b

Figuur 3-52 toont voor scenario 3b:

- de stromingsrichting in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter);
- de isohypsen in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter);
- het berekende effect op de GHG.

De conclusies zijn, op basis van deze figuur, hetzelfde als in scenario 3a:

- in de winter wordt gemiddeld de laterale uitstroom van ondiep grondwater vanuit het Liefstingsbroek minder groot (met name aan de zuidzijde, de noordoostzijde en de zuidwestzijde);
- maatregelen leiden tot een centraal gebied (rood omcirkeld in figuur 3-52) waar verwacht mag worden dat de ondiepe laterale toestrooming in de winter toeneemt.



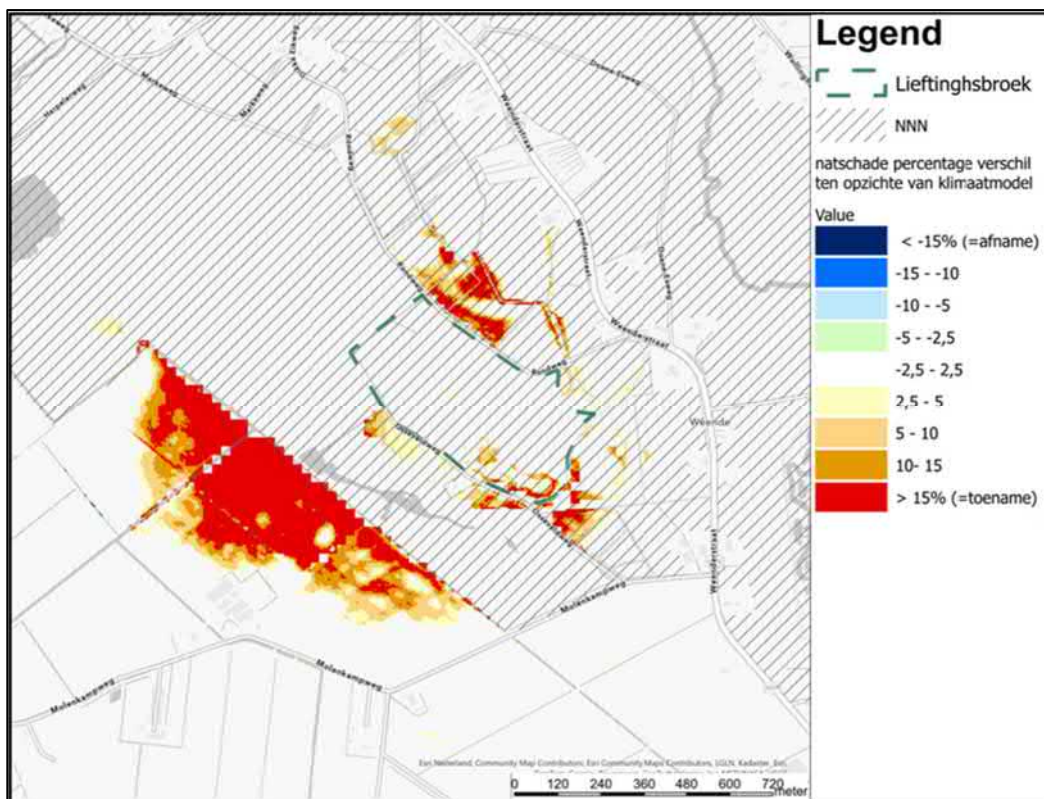
Figuur 3-52 Scenario 3b: Stromingsrichting en isohypsen in het ondiepe grondwater (gemiddeld in de winter). Kleuren: berekend effect op de GHG. Verwacht wordt dat de ondiepe laterale toestroming in de winter toeneemt in het rood omcirkelde gebied.

Nat- en droogteschade in de landbouw in scenario 3b

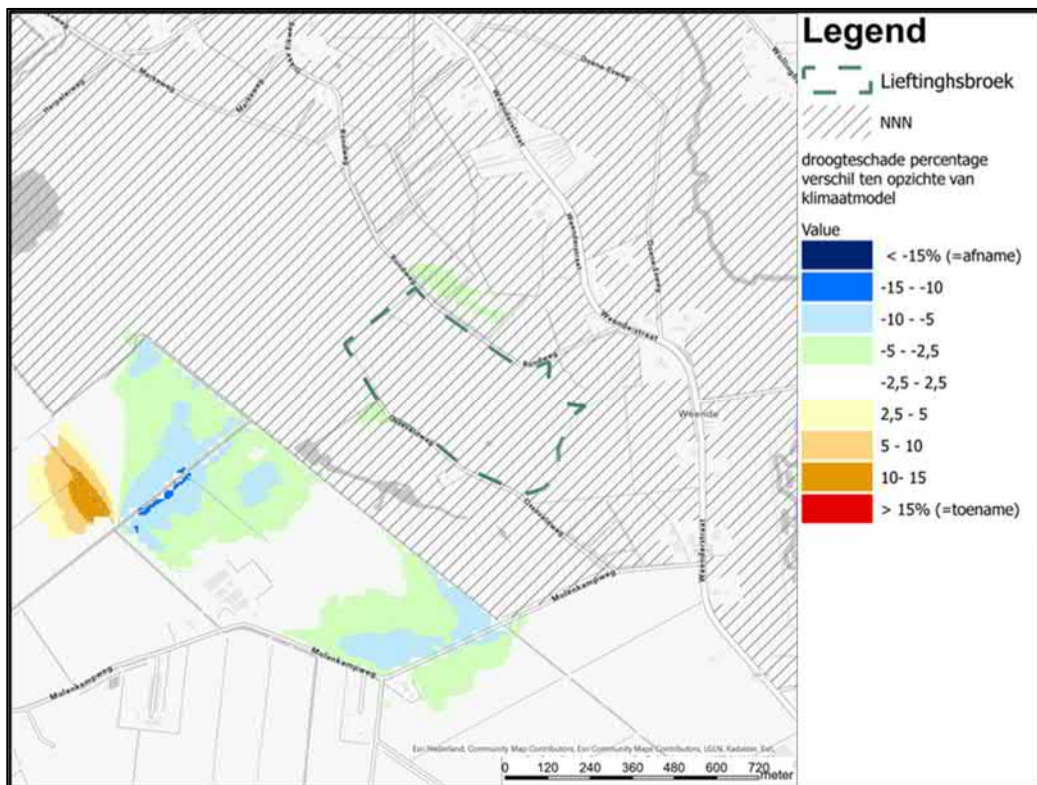
Figuur 3-53, figuur 3-54 en figuur 3-55 tonen respectievelijk de berekende verandering van de natschade, droogteschade en totale schade in scenario 3b.

Uit deze figuren kan worden geconcludeerd dat er een duidelijk toename is van natschade in het gebied waar maatregelen worden getroffen. De natschade is niet beperkt tot het NNN-gebied (gearceerd weergegeven), maar treedt vooral op in het gebied waar in scenario 3b peilverhogingen worden genomen.

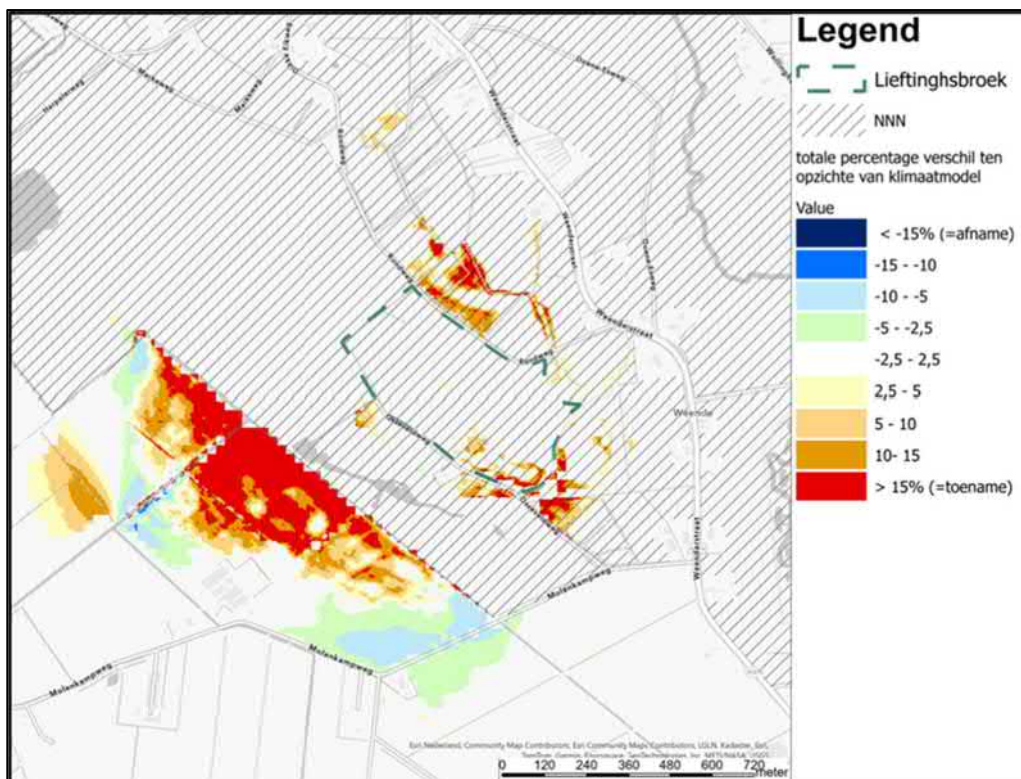
De toename van de natschade is vergelijkbaar met de toename van de natschade in scenario 3a. Anders dan in scenario 3a, is er in scenario 3b tevens sprake van een toename van de droogteschade als gevolg van de nieuwe watergangen die in scenario 3b zijn toegevoegd.



Figuur 3-53 Scenario 3b: verandering van de natschade



Figuur 3-54 Scenario 3b: verandering van de droogteschade



Figuur 3-55 Scenario 3b: verandering van de totale schade

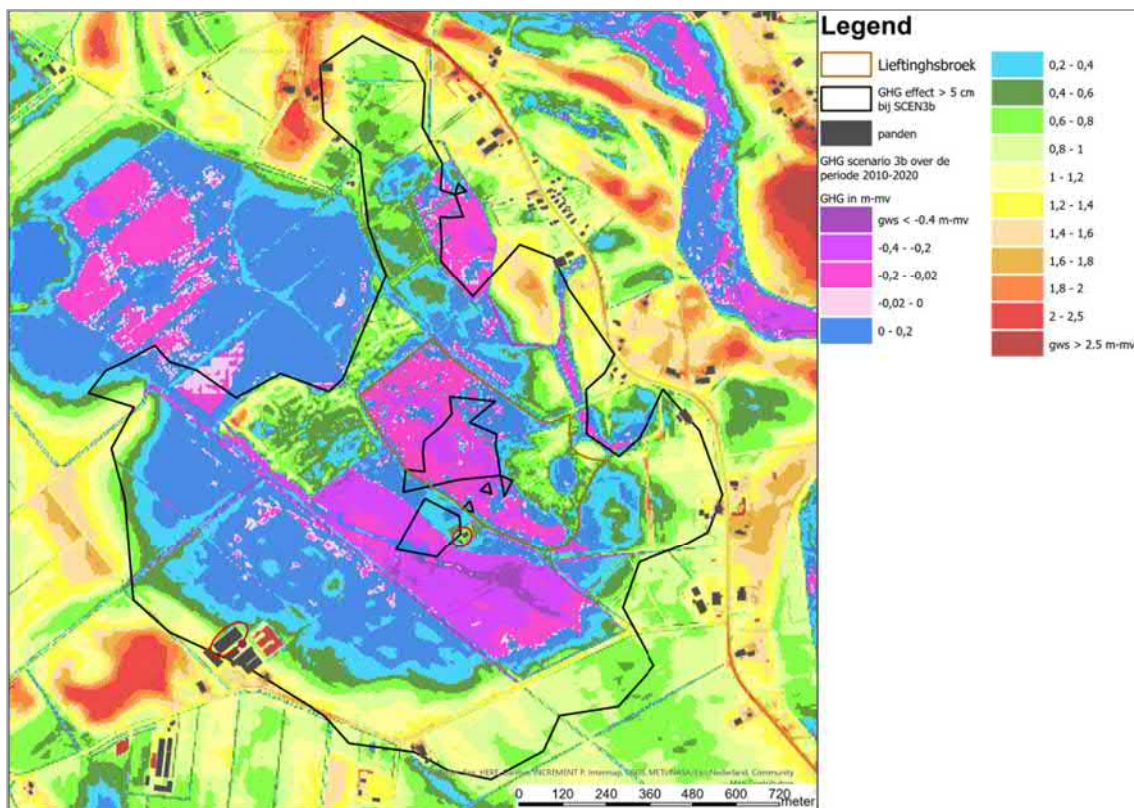
De ontwateringsdiepte bij bebouwing en wegen in scenario 3b

Figuur 3-56 toont de GHG in scenario 3b en de contouren van de 5 cm grondwaterstandsverhoging. De bestaande bebouwing is eveneens in deze figuur weergegeven.

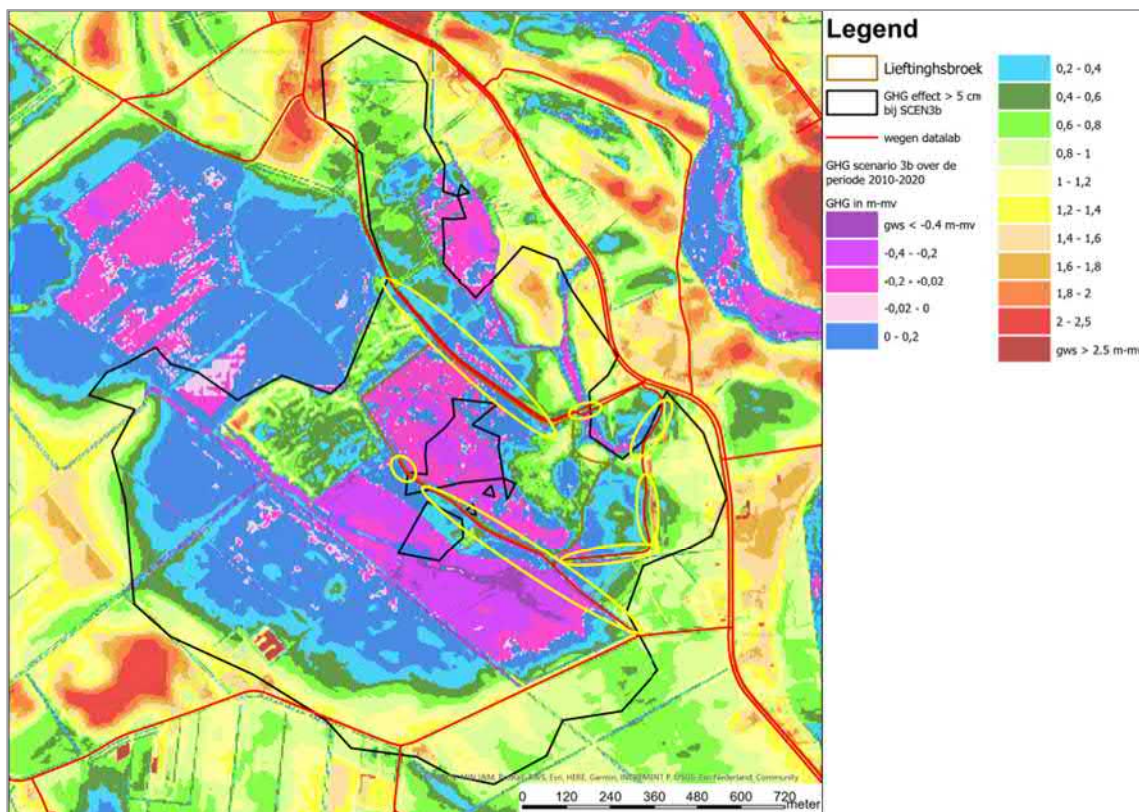
Uit Figuur 3-56 blijkt dat er op twee plaatsen binnen de contour van de 5 cm grondwaterstandsverhoging bebouwing aanwezig is waar de GHG ondieper wordt dan 60 cm-mv (rood omcirkeld).

In scenario 3b vraagt de ontwateringsdiepte ter hoogte van de geel omcirkelde wegen extra aandacht (figuur 3-57).

Deze resultaten met betrekking tot mogelijke ontwateringsproblemen die kunnen ontstaan bij bebouwing en wegen, zijn hetzelfde als in scenario 3a.



Figuur 3-56 Bebouwing waar door de maatregelen in scenario 3b mogelijk een knelpunt ontstaat in verband met de ontwatering (rood omcirkeld).



Figuur 3-57 Wegen waar door de maatregelen in scenario 3b mogelijk een knelpunt ontstaat in verband met de ontwatering (geel omcirkeld).

3.2.6 Effectiviteit van maatregelen voor habitattypen

Tabel 3-4 toont de resultaten met betrekking tot de effectiviteit van de maatregelen voor habitattypen. De scores in deze tabel zijn verkregen op basis van de methodiek, die beschreven is in paragraaf 2.1 en de resultaten in de paragrafen 0 en 3.2.

Tabel 3-4 Score resultaten met betrekking tot de effectiviteit van maatregelen voor het versterken van de omstandigheden voor de verschillende habitattypen in het Lieftingsbroek

Locatie	Scenario	Aspect			
		GVG/GHG	GLG	Ondiepe kwel winter	Lat. Toestroom
Eiken-haagbeukenbos.	1	-	0	0	0
Elzenbroekbos	1	0	+	0	0
Blauwgrasland (midden)	1	0	+	0	0
Blauwgrasland (zuid)	1	0	0	0	0
Beukeneikenbos met Hulst (west).	1	0	0	nvt	nvt
Beukeneikenbos met Hulst (oost)	1	0	0	nvt	nvt
Eiken-haagbeukenbos.	2	-	0	0	0
Elzenbroekbos	2	0	+	+	0
Blauwgrasland (midden)	2	0	+	+	+
Blauwgrasland (zuid)	2	0	+	+	+
Beukeneikenbos met Hulst (west).	2	--	+	nvt	nvt
Beukeneikenbos met Hulst (oost)	2	0	+	nvt	nvt
Eiken-haagbeukenbos.	3a	--	0	+	0
Elzenbroekbos	3a	--	++	+	0
Blauwgrasland (midden)	3a	0	++	+	++
Blauwgrasland (zuid)	3a	0	++	+	++
Beukeneikenbos met Hulst (west).	3a	--	+	nvt	nvt
Beukeneikenbos met Hulst (oost)	3a	0	+	nvt	nvt
Eiken-haagbeukenbos.	3b	--	0	+	0
Elzenbroekbos	3b	--	++	+	0
Blauwgrasland (midden)	3b	0	++	+	++
Blauwgrasland (zuid)	3b	0	++	+	++
Beukeneikenbos met Hulst (west).	3b	--	+	nvt	nvt
Beukeneikenbos met Hulst (oost)	3b	0	+	nvt	nvt

Op basis van tabel 3-4 kunnen de volgende conclusies worden getrokken met betrekking tot de effectiviteit van de maatregelen voor het versterken van de omstandigheden voor de verschillende habitattypen in het Lieftingsbroek:

- De maatregelen in scenario 1 zijn te beperkt en zullen niet wezenlijk bijdragen aan betere omstandigheden.
- De maatregelen in scenario 2 dragen in beperkte mate bij aan betere omstandigheden voor met name blauwgrasland.
- De maatregelen in de scenario's 3a en 3b dragen duidelijk bij aan betere omstandigheden voor met name blauwgrasland. Beide scenario's zijn daarin niet onderscheidend. Door de maatregelen kunnen wel te hoge grondwaterstanden ontstaan voor met name Eiken-haagbeukenbos en Elzenbroekbos.

4 Conclusies

Effectiviteit van maatregelen om de hydrologische condities voor de habitattypen in het Liefstingsbroek te verbeteren

- De maatregelen in scenario 1 zijn te beperkt en zullen niet wezenlijk bijdragen aan betere omstandigheden.
- De maatregelen in scenario 2 dragen in beperkte mate bij aan betere omstandigheden voor met name blauwgrasland.
- De maatregelen in de scenario's 3a en 3b dragen duidelijk bij aan betere omstandigheden voor met name blauwgrasland. Beide scenario's zijn daarin niet onderscheidend. Door de maatregelen kunnen wel te hoge grondwaterstanden ontstaan voor met name Eikenhaagbeukenbos en Elzenbroekbos.

Deze resultaten sluiten aan bij de conclusies van KWR (2022), namelijk dat bij de huidige waterhuishouding in de omgeving van het Liefstingsbroek er zeer beperkte mogelijkheden voor het bereiken van de wortelzone van basenhoudend grondwater zijn.

Dit onderzoek laat zien dat extensivering van de waterhuishouding inderdaad de aanvoer van basenrijk grondwater in het Liefstingsbroek kan versterken en daarmee de omstandigheden voor Blauwgrasland, Haagbeukenbos en Elzenbroekbos verbeteren.

Impact op de landbouw

- De maatregelen in scenario 1 zijn beperkt en leiden nauwelijks tot een toename van de (nat)schade in de landbouw.
- Scenario 2 leidt in beperkte mate tot een toename van natschade in het gebied waar maatregelen worden getroffen. De natschade is beperkt tot het NNN-gebied.
- De maatregelen in scenario 3a leiden duidelijk tot een toename van de natschade in het gebied waar maatregelen worden getroffen. De natschade is niet beperkt tot het NNN-gebied, maar treedt ook op in het gebied waar peilverhogingen zijn voorzien.
- De toename van de natschade in scenario 3b is vergelijkbaar met de toename van de natschade in scenario 3a. Anders dan in scenario 3a is er in scenario 3b tevens sprake van een toename van de droogteschade als gevolg van de nieuwe watergangen die in dit scenario zijn toegevoegd.

Impact op bebouwing

Door de maatregelen in de scenario's 1 en 2 ontstaan naar verwachting geen ontwateringsproblemen bij bebouwing. In de scenario's 3a en 3b kan op twee plaatsen de ontwatering van gebouwen een knelpunt zijn. Opgemerkt wordt dat deze resultaten indicatief zijn. In de praktijk zal elke woning bezocht moeten worden om de daadwerkelijke situatie in kaart te brengen.

Impact op wegen

In alle scenario's vormt de ontwatering van wegen extra aandacht. Dat geldt met name in de scenario's 3a en 3b.

5 Verwijzingen

- (1995). *Bodep handleiding*. DLG.
- Edelman, D., & Burger, A. (2009). Een alternatieve GHG analyse. *Stromingen* 15 nummer 3.
- Immerzeel, C. v. (2023). *HELP tabel 1987*. Opgehaald van Github: <https://github.com/KeesVanImmerzeel/hlptabel>
- KWR. (2022). *Kansen en knelpunten voor natuur in het Liefstingsbroek*. Rapport nummer 2022.018.
- Prolander. (2017). *Definitief beheerplan Liefstingsbroek* Arcadis.
- Sweco Nederland B.V. (2022). *Grondwatermodellering Liefstingsbroek (rapport nummer NL22-648800269-31895)*.
- Wageningen Environmental Research. (2017). *Ecohydrologische systeemanalyse Liefstingsbroek (rapport 2790)*.

Bijlage 1 – Lokale modelaanpassingen

Inleiding

Als basis voor de grondwatermodelleringen in dit onderzoek is het grondwater-model MIPWAv4.1.2 gebruikt.

Voor het onderzoek zijn een aantal modelaanpassingen doorgevoerd. Die modelaanpassingen zijn voor een belangrijk deel gelijk aan de aanpassingen die gedaan zijn in de vorige studie van het gebied (Sweco Nederland B.V., 2022).

Deze bijlage beschrijft de doorgevoerde modelaanpassingen. De aanpassingen zijn erop gericht om de lokale hydrologische condities die relevant zijn voor de habitattypen in het Lieftingsbroek, zo realistisch mogelijk te berekenen. Het gaat om:

- grondwaterstanden;
- toestroming van basenrijk grondwater en
- de afvoer van neerslag over het maaiveld of via waterlopen.

Op de volgende onderdelen zijn modelaanpassingen gedaan:

- de ondergrond (potklei);
- waterlopen (peilen van watergangen);
- maaiveldafvoer.

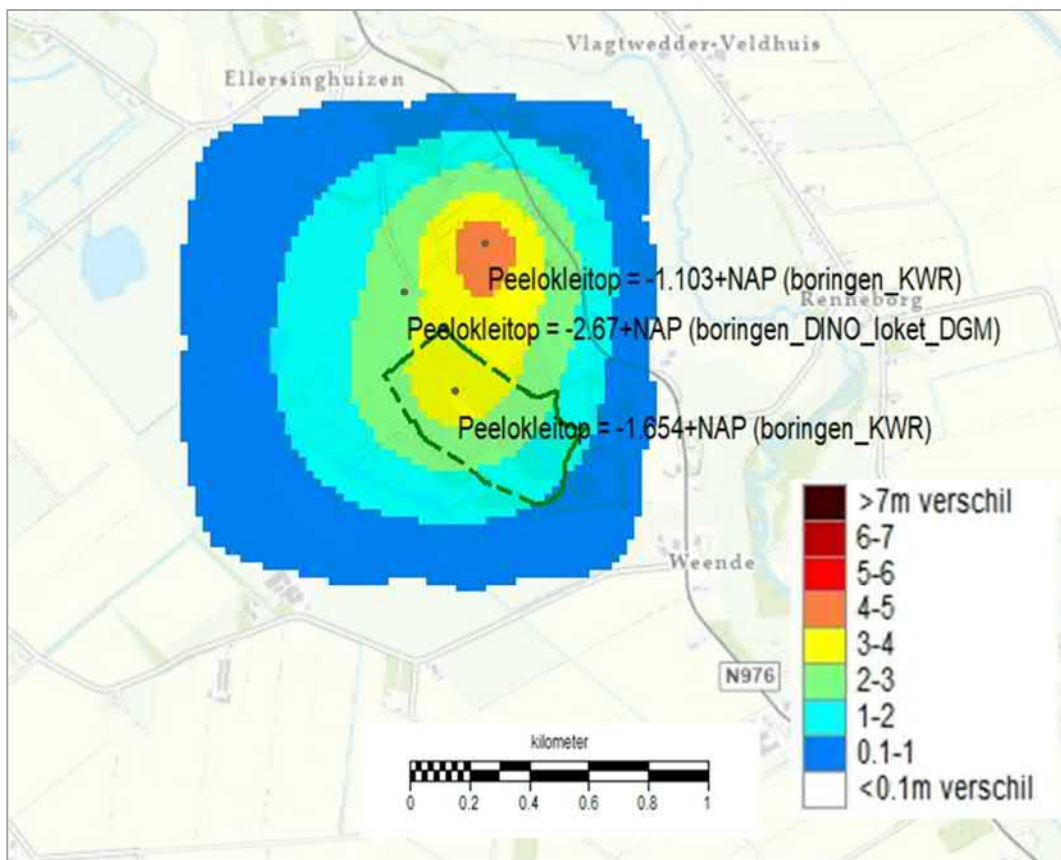
Bij de aanpassingen is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- de boringen in en om Lieftingsbroek van KWR en DINO-loket;
- de AHN4 en de openlucht topografische kaart;
- de peilvakkenkaart van Waterschap Hunze en Aa's en een beoordeling van de slootpeilen door een expert in de projectgroep.

Top van de potklei

KWR heeft recent een aantal peilbuizen in en om het Lieftingsbroek geplaatst. De boringen zijn deels tot aan de potklei. Daarnaast bevat DINO-loket ook boringen in en rondom het Lieftingsbroek.

In *figuur b1- 1* is de top van de potklei volgens de boringen geplot, evenals het (geïnterpoleerde) verschil met de potkleihoogte volgens het bestaande model (= de REGIS potklei top).



Figuur B1- 1 Top van de potklei volgens de boringen en het (geïnterpoleerde) verschil met de potklei hoogte volgens het bestaande model (= de REGIS potklei top).

Op basis van deze informatie is in het model de top van de potklei rondom het Liefdingsbroek opgehoogd.

Waterlopen

De waterlopen spelen een grote rol in de afvoer van grond- en regenwater. Het is van belang dit proces goed te modelleren, omdat deze afvoer tevens van invloed is op de basenverhouding van het grondwater.

De informatie over de waterlopen rondom het Liefdingsbroek zijn in het grondwatermodel aangepast (opgehoogd) op basis van aanwijzingen van een gebiedskenner. Het resultaat is opgenomen in **tabel b1-1** en **figuur b1-2**.

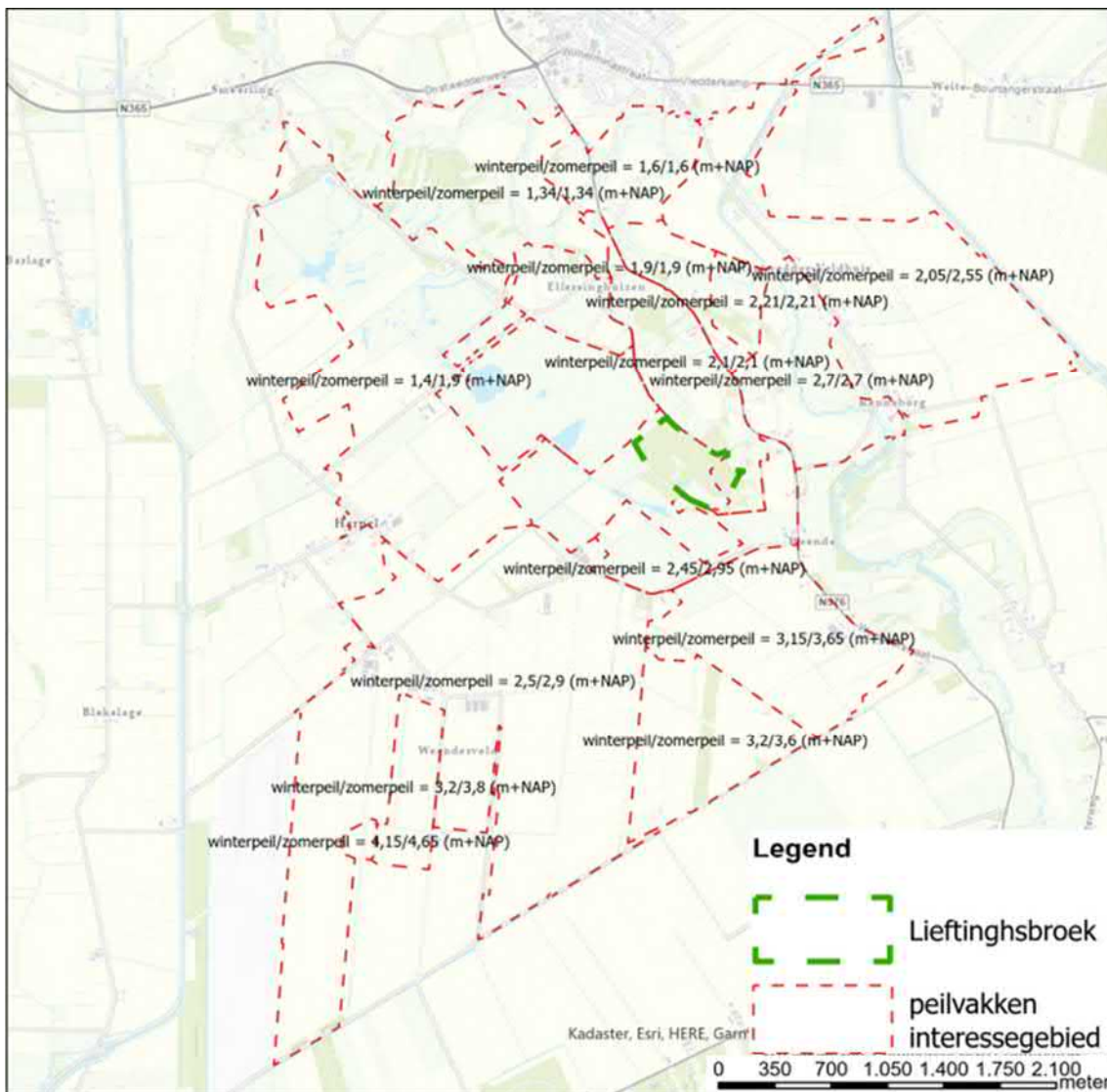
Tabel B1-1 Kenmerken opgehoogde watergangen

Nummer	Bodemhoogte (m+NAP)	Zomerpeil (m+NAP)	Winterpeil (m+NAP)
1	3,2	3,2	3,4
2	3,7	3,7	3,8
3	4,2	4,2	4,2
4	4,1	4,1	4,1
5	3,6	3,6	3,7
6	3,1	3,1	3,3
7	3,2	3,2	3,4



Figuur B1-2 Nummering van de watergangen rondom Liefstingsbroek die in het grondwatermodel zijn aangepast.

Daarnaast zijn in het grondwatermodel de zomer- en winterpeilen van de legger- en top10-waterlopen aangepast in het interessegebied. De informatie die hiervoor is gebruikt, is afkomstig uit het (recent vernieuwde) opendata portaal van Waterschap Hunze en Aa's. *Figuur B1- 3* toont deze peilen in het interessegebied.



Figuur B1- 3 Zomer- en winterpeilen in het interessegebied.

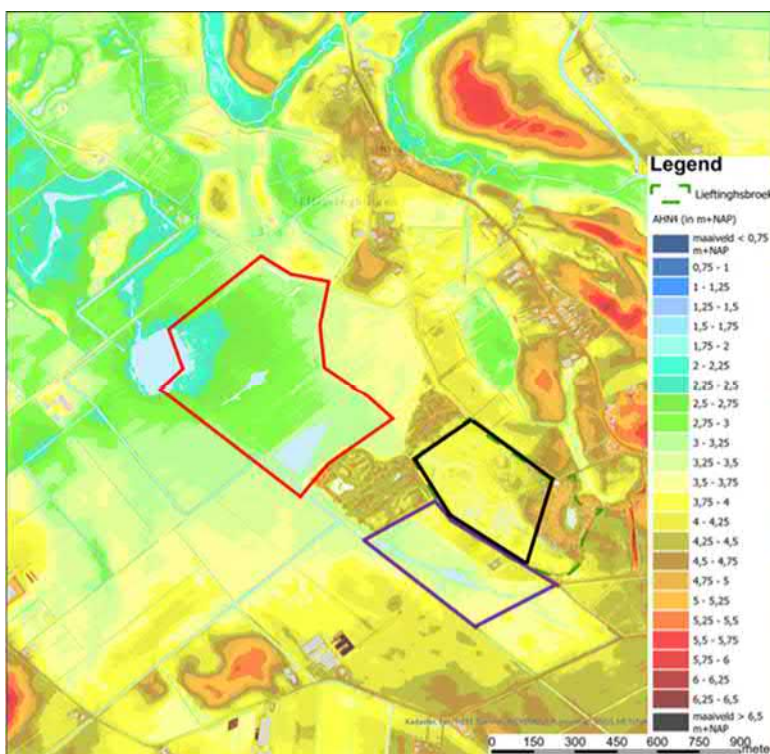
Maaiveldafvoer

Zoals eerder genoemd, speelt in het Liefstingsbroek de maaiveldafvoer een belangrijke rol in de afvoer van het grondwater. Op de openluchtfoto van het Sweco-datalab is te zien dat het rood omlijnde gebied buiten het N2000- gebied duidelijk een andere bodemstaat heeft dan de omgeving, en ook meer water bergt, zie Figuur B1-4. Ook het paars omlijnde gebied heeft (deels) een andere bodemstaat dan de omgeving. Het maaiveld ligt in beide gebieden lager dan in de omgeving, zie Figuur B1-5. In het Liefstingsbroek heeft het geel omlijnde stuk een hogere drempel voor maaiveldafvoer gekregen, zodat het gebied naar het westen afstroomt.

Op basis van bovenstaande informatie is in het grondwatermodel in het rood omlijnde gebied een niveau voor maaiveldafvoer ingebracht van 2.9 m+NAP. In het paars omlijnde gebied is in het model de drempel voor maaiveldafvoer minimaal 2.7 m+NAP; in het geel omlijnde gebied is dat 4 m+NAP.



Figuur B1-4 Openlucht topografische kaart van het Sweco datalab.



Figuur B1-5 AHN4 rondom Lieftingsbroek.

Vergelijking meetgegevens met modelresultaten (validatie)

Het model is gevalideerd op gemeten stijghoogten, waarbij eerst is gekeken of de GxG's gemiddeld goed presteren, daarna is er gekeken of de GxG's ruimtelijk in orde zijn en tenslotte zijn tijd-stijghoogtegrafieken geanalyseerd om het grondwaterstandsverloop te beoordelen.

Voor deze validatie zijn er in en om het Lieftingsbroek gegevens beschikbaar van vijf peilbuizen met in totaal 7 filters.

Bij de beoordeling van de modelresultaten zijn ter vergelijking tevens de resultaten opgenomen van het vorige model (= het recent opgeleverde Lieftingsbroek-model met alleen de MIPWAv41-verrijkingen).

Tabel B1-2 en Tabel B1-3 tonen de gemiddelde en absoluut gemiddelde residuen (afwijkingen) van beide modellen. *Figuur B1-6* toont deze resultaten op de kaart.

Wanneer gekeken wordt naar de individuele prestaties, blijkt het nieuwe model zowel de GHG, de GVG als de GLG beter te modelleren (respectievelijk -0.19 om -0.40 ; -0.39 om -0.58 en -0.63 om -0.71)².

Volgens *tabel b1-2* presteert het nieuwe model gemiddeld slechter bij de GHG en de GVG, maar wordt de GLG wel beter gemodelleerd. Het valt op dat het model de grondwaterstanden vooral natter modelleert en dit klinkt plausibel. De model-verbeteringen (ophogen potklei top, waterlooppeilen en drempel maaiveld-afvoer) zouden namelijk ook tot meer vernatting moeten leiden.

De absoluut gemiddelde residuen worden bij de GVG en de GLG beter gemodelleerd in het nieuwe model (en evengoed bij de GHG). De residuen middelen elkaar in het nieuwe model dus minder uit. Dit duidt op het nauwkeuriger modelleren van de grondwaterstanden.

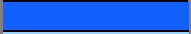
In deze studie is het onder andere van belang om de uitzakkende grondwaterstanden nauwkeurig te modelleren. Op dit gebied presteert het nieuwe Lieftingsbroek-model beter. De extra aanvullende kennis die in het model is verwerkt, is ook van belang voor de stroombaanberekeningen.

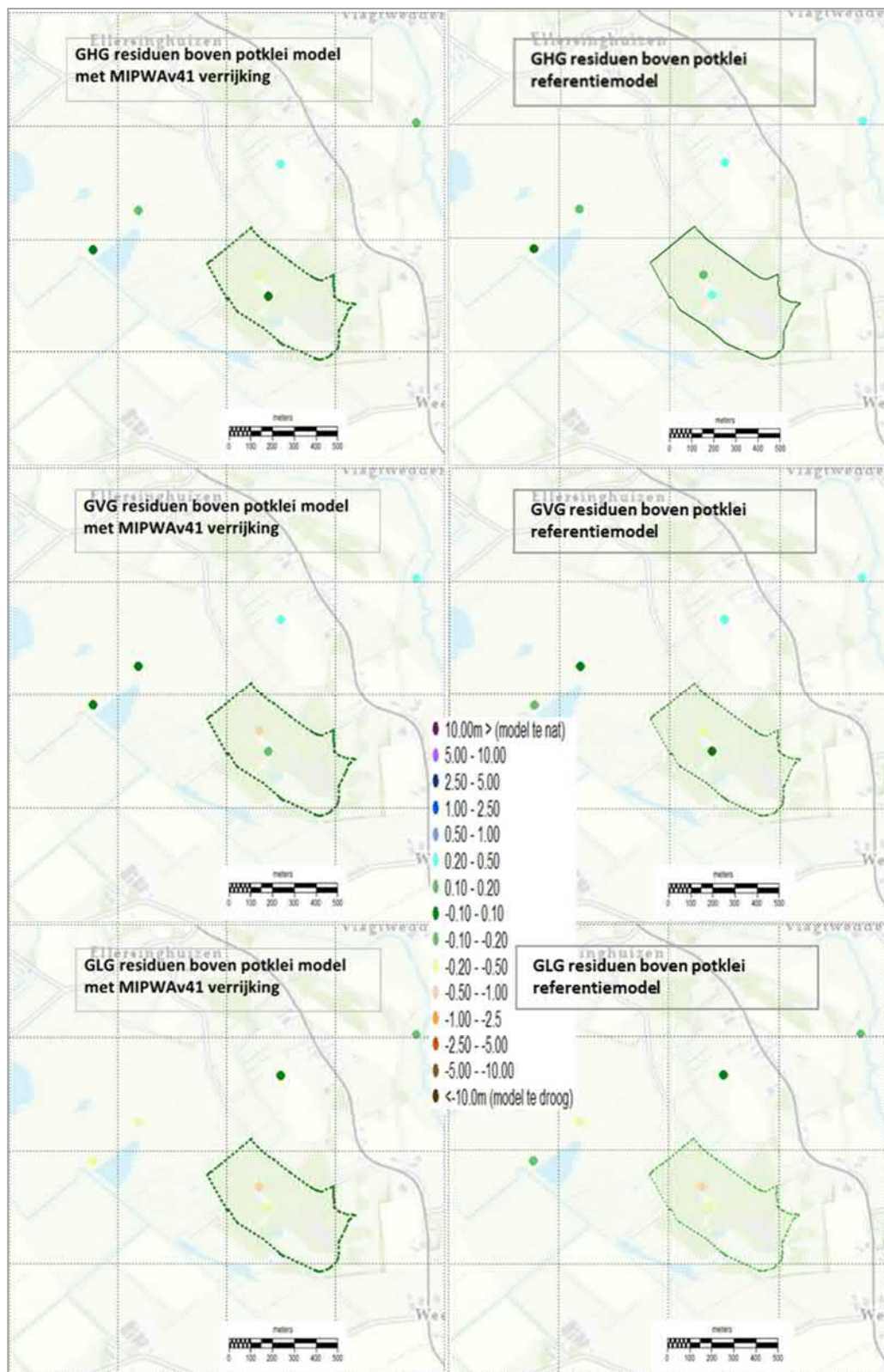
² Het nieuwe Lieftingsbroek model heeft een andere ondergrondschematisering dan het recent opgeleverde Lieftingsbroek model. Hierdoor worden de in totaal 7 filters van 5 peilbuizen over andere lagen verdeeld. Het lijkt daardoor of het model in laag 4 met daarin het filter B13D1040002 nu slechter presteert. Dit is echter niet het geval: in het vorige model werden afwijkingen in deze laag gemiddeld doordat er 5 peilbuisfilters in aanwezig waren.

Tabel B1-2 Modelresiduen referentiemodel en het vorige model (met alleen de MIPWAv41 verrijkingen)

Laag	Aantal peilbuizen	Gemiddeld residu	Absoluut gemiddeld Residu	Gemiddeld Residu	Absoluut gemiddeld residu	Gemiddeld Residu	Absoluut gemiddeld residu
referentiemodel		GHG	GHG	GVG	GVG	GLG	GLG
1	1	0.17	0.17	0.28	0.28	0.13	0.13
2	5	0.19	0.19	0.18	0.18	-0.09	0.15
3	0						
4	1	-0.19	0.19	-0.39	0.39	-0.63	0.63
Totaal	7	0.13	0.19	0.11	0.22	-0.13	0.22
Model met MIPWAv41-verrijking							
1	1	0.17	0.17	0.27	0.27	0.10	0.10
2	6	0.02	0.19	-0.02	0.24	-0.24	0.29
Totaal	7	0.04	0.19	0.02	0.25	-0.19	0.26

Tabel B1-3 Kleurenlegenda modelresiduen

Kleuren gemiddelde residuen		Kleuren absolute gemiddelde residuen	
	>1.00 m (model te nat)		0.00-0.10 m (model accuraat)
	0.50 – 1.0		
	0.20 – 0.50		0.10-0.20
	0.10 – 0.20		
	-0.10 – 0.10		0.20-0.50
	-0.20 - -0.10		
	-0.50 - -0.20		0.50-1.00
	-1.00 - -0.50		
	<-1.00 m (model te droog)		>1.00 m (model niet accuraat)

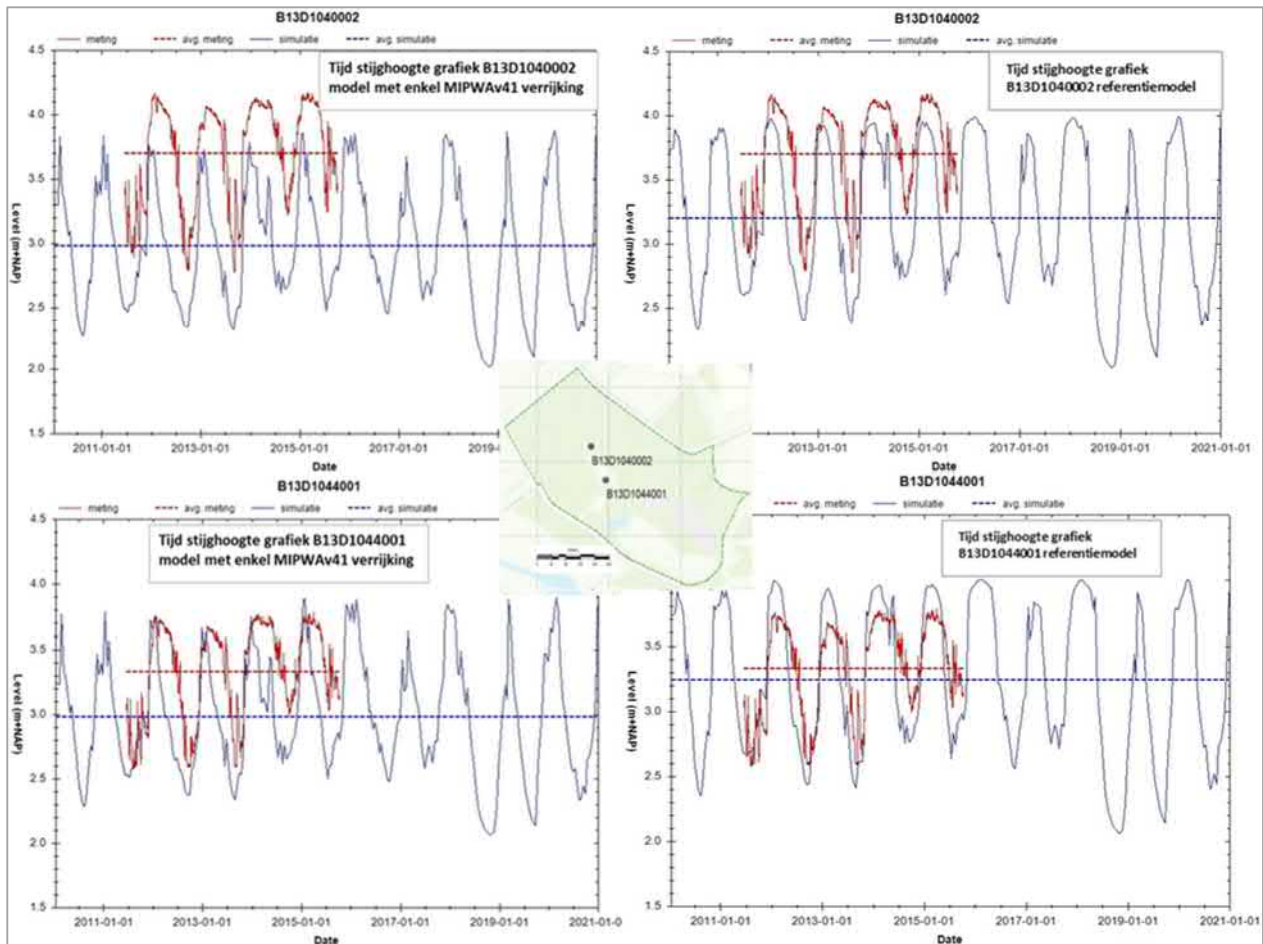


Figuur B1-6 GHG, GVG en GLG modelresiduen van het model met alleen de MIPWAv41-verrijking (links) en het referentiemodel (rechts).

Figuur B1-7 toont de tijd-stijghoogtegrafieken van beide modellen.

De berekende grondwaterstanden van het nieuwe Lieftingsbroek-model in Figuur B1-7 zijn significant hoger dan in het vorige model: de berekende grondwaterstanden op de locaties van peilbuizen B13D1040002 en B13D1044001 zijn gemiddeld respectievelijk 20 en 25 cm hoger.

De grondwaterstand in het Lieftingsbroek-model zakt (evenals in het vorige model) te ver uit. Echter, netto zorgen de modelaanpassingen voor betere prestaties in het Lieftingsbroek.



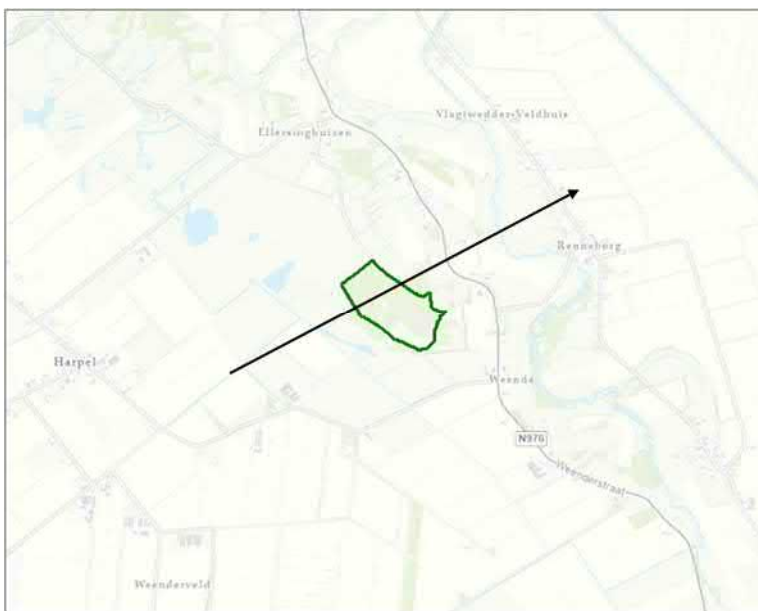
Figuur B1-7 Tijd-stijghoogte grafieken van de peilbuizen B13D1040002 en B13D1044001. Links de resultaten van het vorige model; rechts de resultaten van het vernieuwde model.

Bijlage 2 – Modelresultaten (huidig klimaat)

Deze bijlage beschrijft de werking van het grondwatersysteem in en rondom het Liefstingsbroek op basis van de modelresultaten die betrekking hebben op de huidige klimaatomstandigheden.

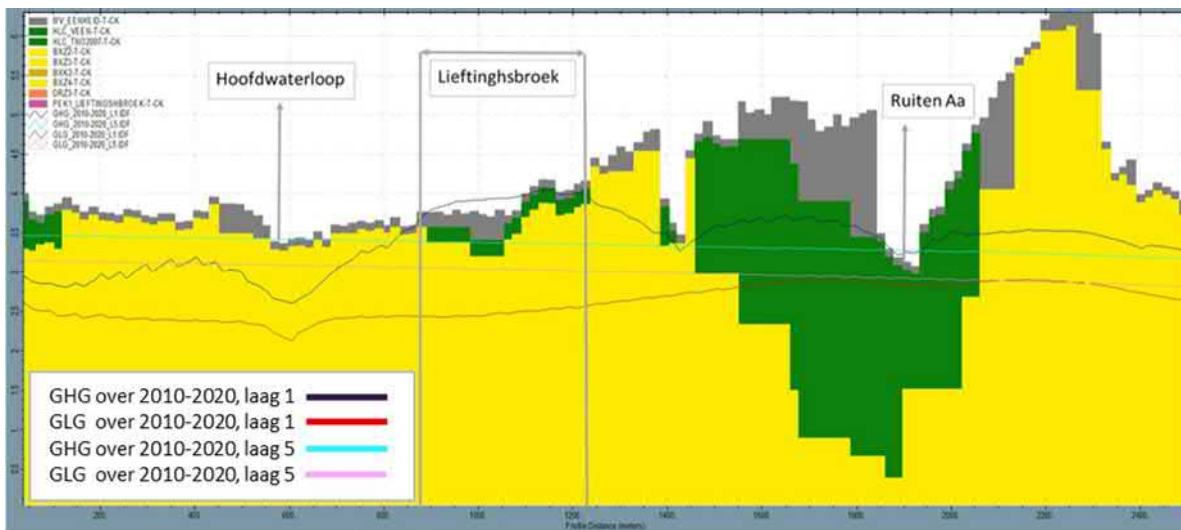
Dwarsdoorsneden

Figuur B2-2 toont een dwarsdoorsnede van de berekende stijghoogten in en rond het Liefstingsbroek, waardoor een beeld ontstaat van de grondwaterstroming. *Figuur B2-1* toont de ligging van deze dwarsdoorsnede.



Figuur B2-1 Ligging van de dwarsdoorsnede.

In *Figuur B2-2* wordt zowel de freatische GHG en GLG getoond als de GHG en GLG onder de potklei.



Figuur B2-2 Zuidwest-noordoost dwarsdoorsnede van de freatische GHG en GLG (laag 1) en de GHG en GLG onder de potklei (laag 5).

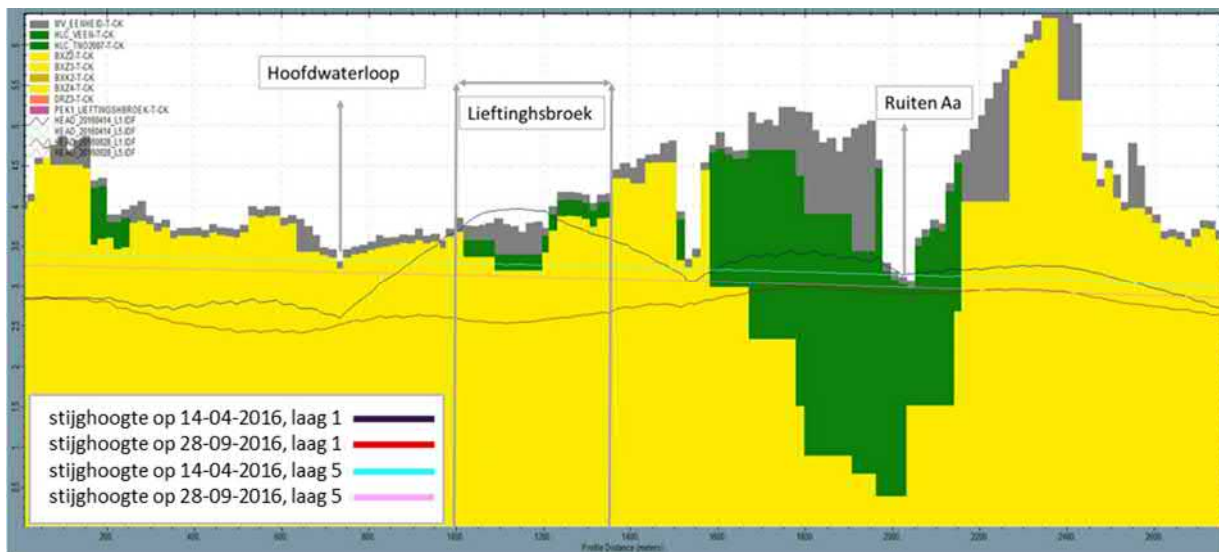
Opgemerkt wordt dat de freatische GHG nabij de hoofdwatervloed in de zomer optreedt vanwege het hogere zomerpeil dan het winterpeil. In het Lieftingsbroek treedt de freatische GHG juist op in de winter. De GLG nabij de hoofdwatervloed treedt boven de potklei op in de winter, terwijl de GLG in het Lieftingsbroek juist optreedt in de zomer.

De freatische GHG inundeert in het Lieftingsbroek en stroomt beide zijden op: het grondwater stroomt het Lieftingsbroek uit. De freatische GLG is hoger bij de Ruiten Aa in vergelijking met het Lieftingsbroek: gebufferd grondwater stroomt in een droge situatie dus naar het Lieftingsbroek. De GHG en GLG onder de potklei laten een lichte helling zien, waaruit blijkt dat het water onder de potklei jaarrond langzaam naar het noordoosten stroomt. De freatische GHG is in het Lieftingsbroek hoger dan de GHG onder de potklei → wegzijging. In de GLG-situatie is er weinig verschil tussen de diepe en ondiepe stijghoogte.

Ter illustratie zijn tevens de stijghoogten geplot op twee momenten in het groeiseizoen van 2016. Dit betreft het begin (14-04-2016) en einde (28-09-2016) van het groeiseizoen (Figuur B2-3).

Aan het begin van het groeiseizoen is de freatische stijghoogte relatief hoog in het Lieftingsbroek (infiltratie) en is er sprake van inundatie. De grondwaterstroming is naar beide zijden van het Lieftingsbroek gericht en stroomt dus het gebied uit. De randsloten vangen dit water af. De hoofdwatervloed vangt ook water uit het Lieftingsbroek af.

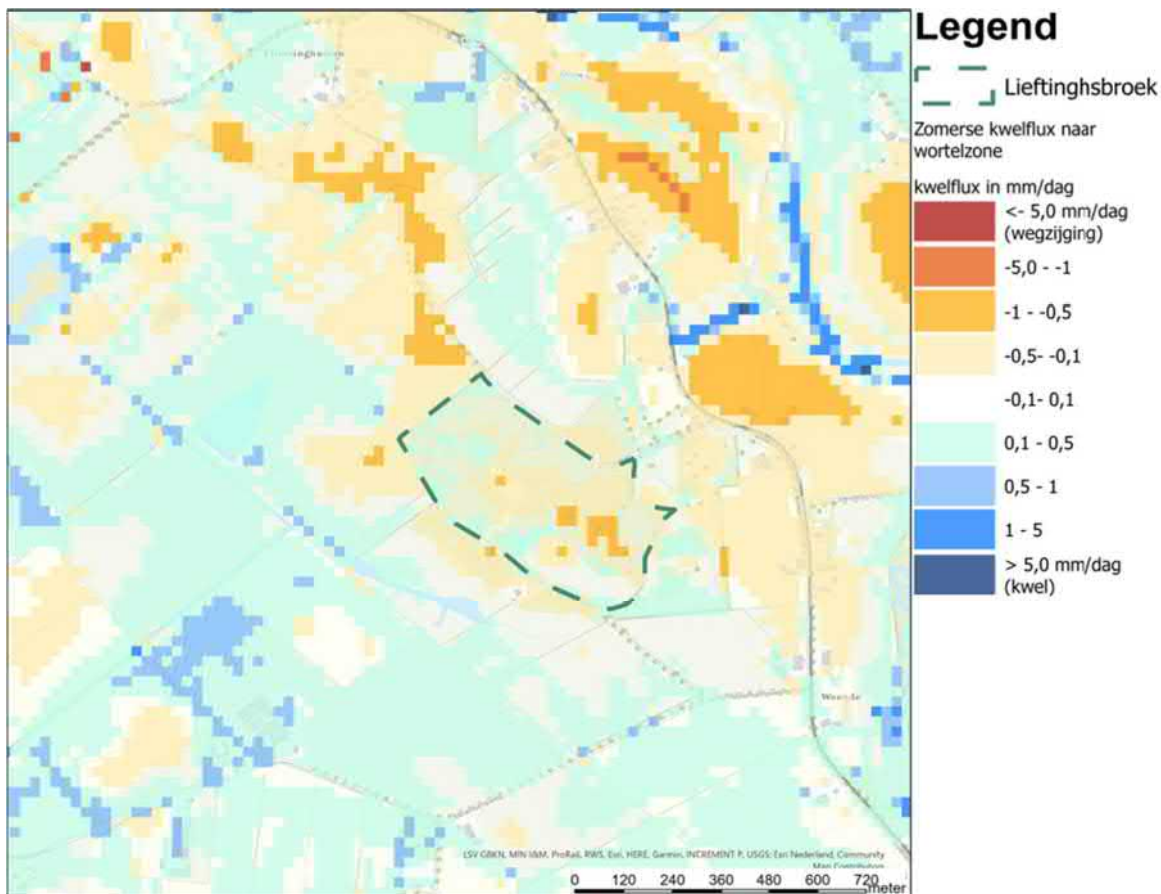
Aan het eind van het groeiseizoen is de freatische stijghoogte in het Lieftingsbroek uitgezakt. De freatische stijghoogte ligt nu lager dan de stijghoogte onder de potklei (kwel) en de grondwaterstroming is naar het Lieftingsbroek toe gericht, vooral vanuit de beekloop.



Figuur B2-3 Zuidwest-noordoost dwarsdoorsnede van de berekende freatische stijghoogtes en de stijghoogtes onder de potklei aan het begin en het einde van het groeiseizoen van 2016.

Ondiepe kwel

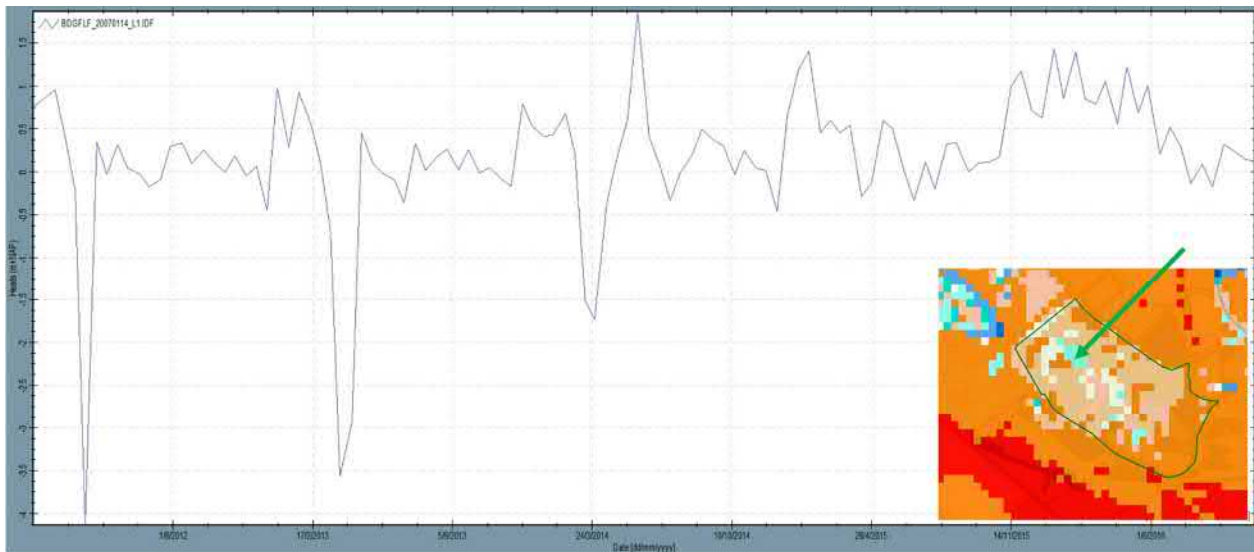
In de dwarsdoorsneden bleek uit het verloop van de stijghoogten dat de grondwaterstand overwegend ondiep aan het maaiveld zit. Vegetatie kan ook in de zomer profiteren van dit ondiepe grondwater, omdat vanuit het grondwater dan een opwaartse flux kan ontstaan richting de wortelzone. *Figuur B2-4* toont ter illustratie de berekende gemiddelde flux in de zomer over modellaag 1.



Figuur B2-4 Kwel (blauwe kleuren) naar de wortelzone, in mm/dag, gemiddeld voor de zomerperiode (april – september). een negatieve Kwel betekent infiltratie (= neerwaarts gerichte flux, rode kleuren).

Om een indruk te krijgen van de dynamiek van de kwel- en wegzijgingsfluxen over laag 1 toont Figuur B2-5 een tijdreeks van deze fluxen op een geselecteerde locatie in het Liefstingsbroek.

De tijdreeks laat zien dat de flux tijdens de winter meermaals van richting omslaat. Soms duikt de flux onder 0 in de winter (van kwel naar wegzijging) en soms stijgt de flux van een negatieve naar een positieve waarde (van wegzijging naar kwel). Dit omslagpatroon is ook waar te nemen in de zomer.

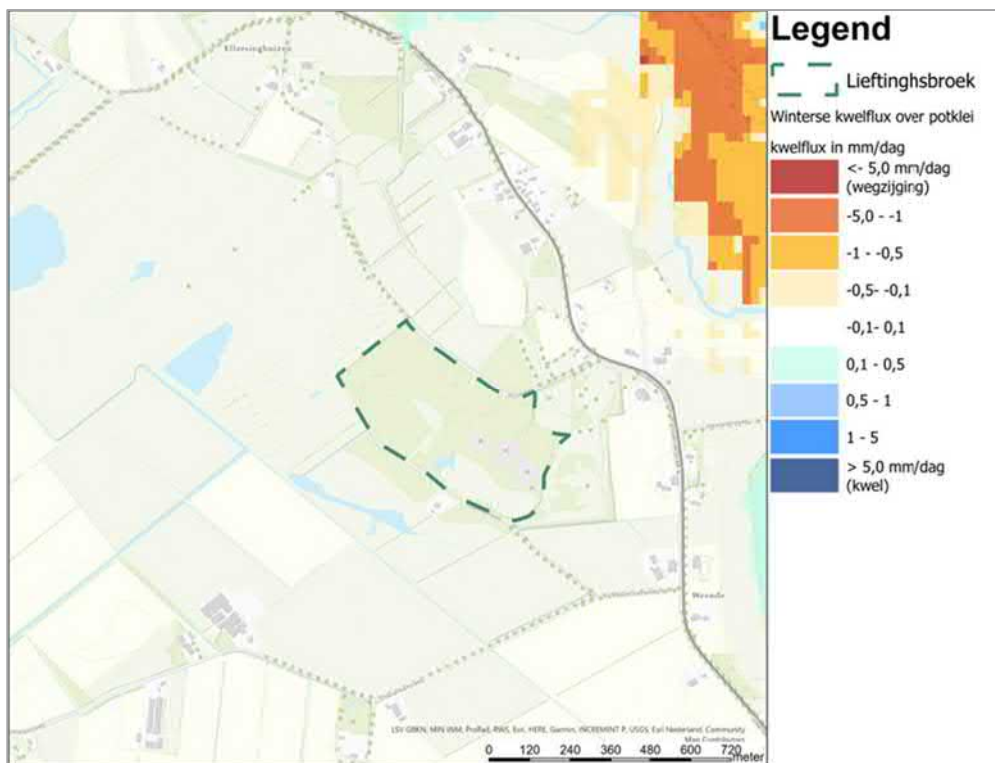


Figuur B2-5 Tijdsreeks van de berekende Kwal door modellaag 1 ($\approx$ flux naar de wortelzone). Negatieve waarden duiden op een neerwaarts gerichte flux (wegzijing); positieve waarden duiden op een opwaartse flux (kwel). De groene pijl in de figuur rechtsonder toont de locatie waarop de tijdsreeks betrekking heeft.

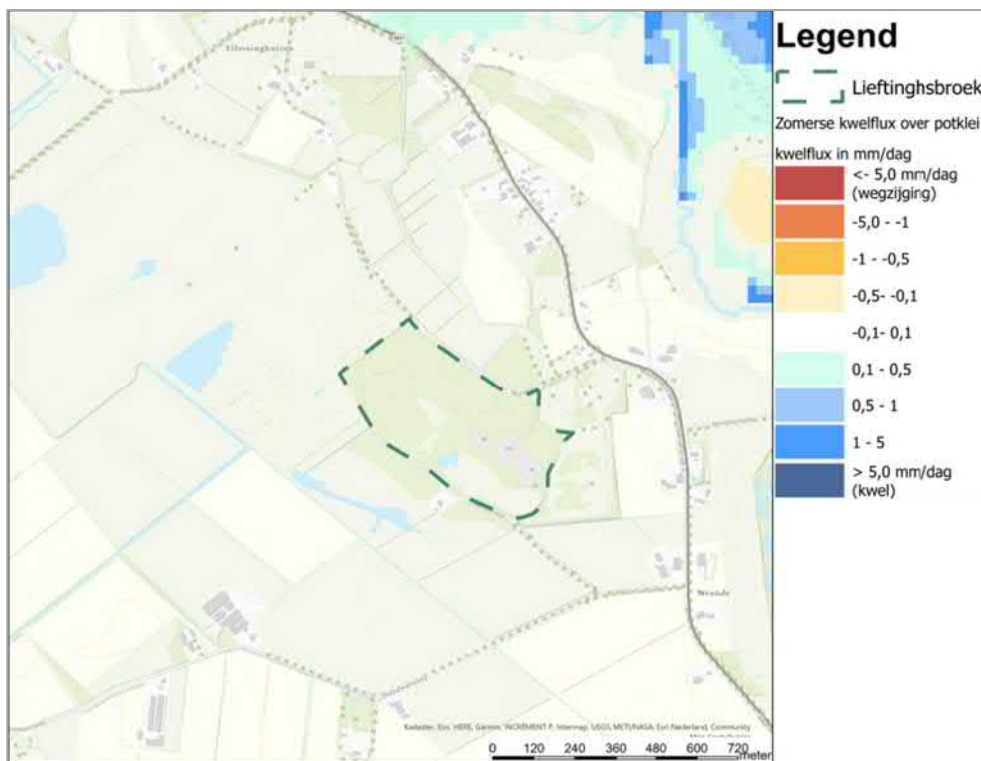
Diepe kwel

Onder diepe kwel wordt in deze paragraaf de opwaartse grondwaterstroming door de potklei verstaan

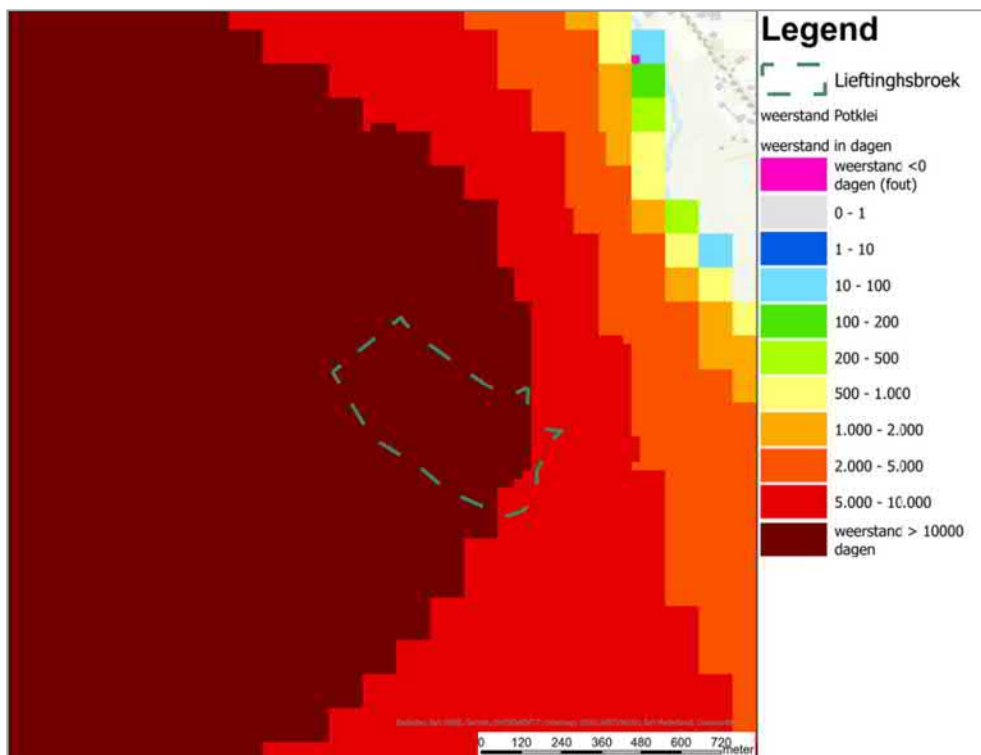
Figuur B2-6 toont de gemiddelde kwel- en wegzijging in de winter over de potklei in en rondom het Liefstingsbroek. Figuur B2-7 toont de gemiddelde kwel- en wegzijging in de zomer over de potklei in en rondom het Liefstingsbroek. De kwel- en wegzijging door de potklei is zeer gering. Dit heeft te maken met de grote hydraulische weerstand van de potklei in en om het Liefstingsbroek, zie Figuur B2-8.



Figuur B2-6 Kwel/wegzijging (in mm/dag) door de potklei in de winter (januari – maart en oktober – december). Een opwaartse flux heeft een positieve waarde (blauw); een neerwaartse flux heeft een negatieve waarde (rood).



Figuur B2-7 Kwel/wegzijing (in mm/dag) door de potklei in de zomer (april – september). Een opwaartse flux heeft een positieve waarde (blauw); een neerwaartse flux heeft een negatieve waarde (rood).



Figuur B2-8 Hydraulische weerstand (c-waarde, in dagen) van de potklei volgens REGISvII.2.

Bijlage 3 – Effecten van klimaatverandering

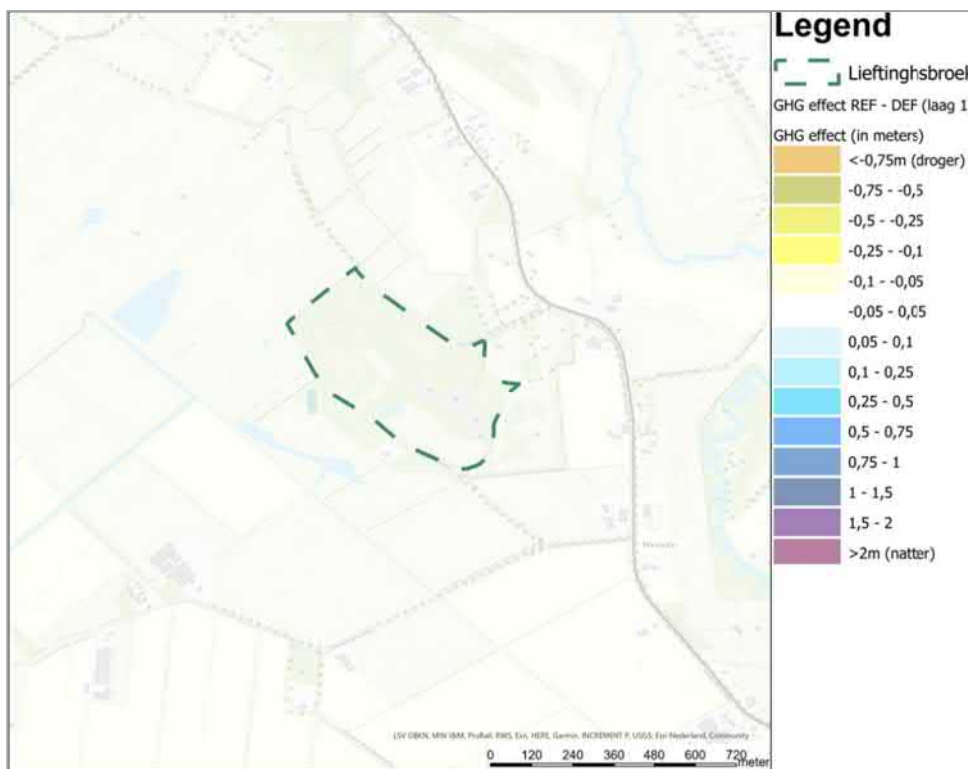
In deze bijlage worden de berekende effecten getoond van de klimaatverandering (W2050+ min de huidige situatie). Het gaat om de verandering van:

- de GxG's;
- de ondiepe kwel.

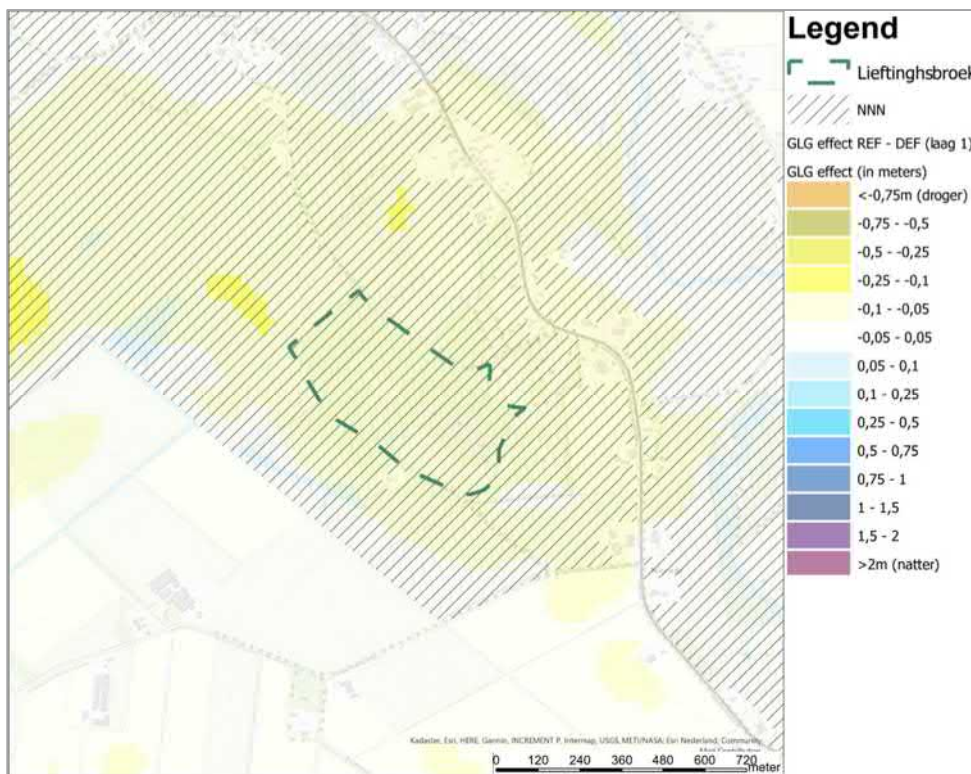
Effecten klimaatverandering op de GxG's

Het GHG effect is te zien in *Figuur B3-1*. In de winter is er nauwelijks (< 5 cm) verschil tussen de berekende GHG in het klimaatmodel en de huidige GHG.

Het GLG-effect is te zien in *Figuur B3-2*. De GLG zakt in het Liefstingsbroek met 5 – 10 cm dieper uit in het W2050+scenario dan in de huidige situatie. Ook in de ruime omgeving van het Liefstingsbroek is de berekende verlaging van GLG 5 – 10 centimeter.



Figuur B3-1 Berekende verandering van de GHG (W2050+ min de huidige situatie).

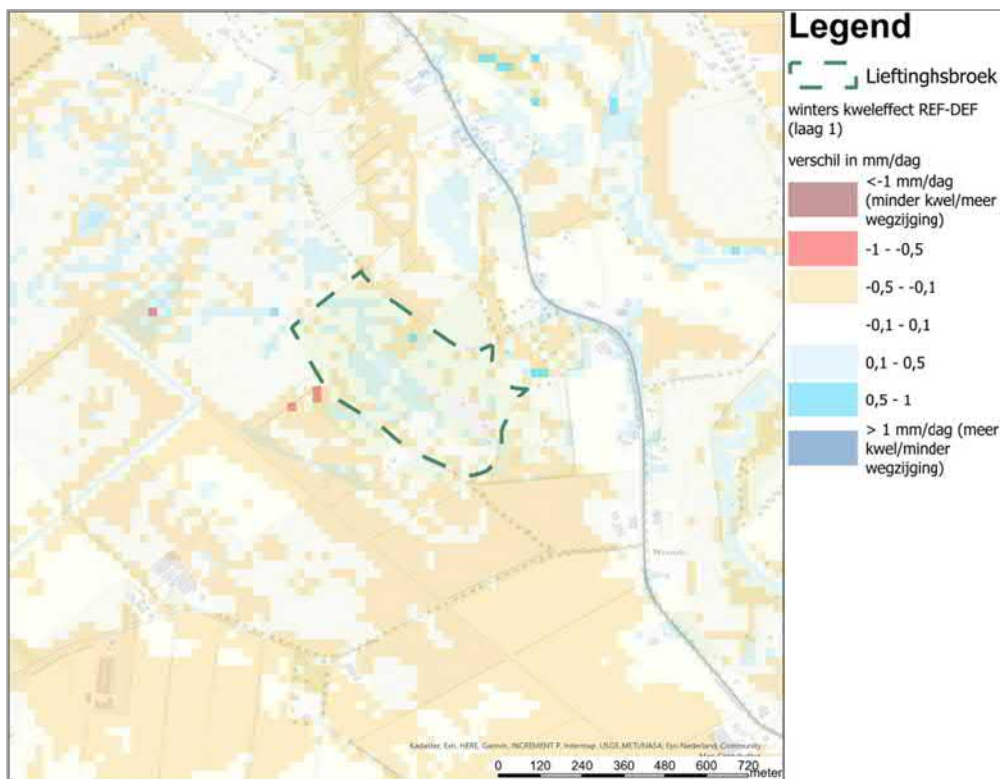


Figuur B3-2 Berekende verandering van de GLG (W2050+ min de huidige situatie).

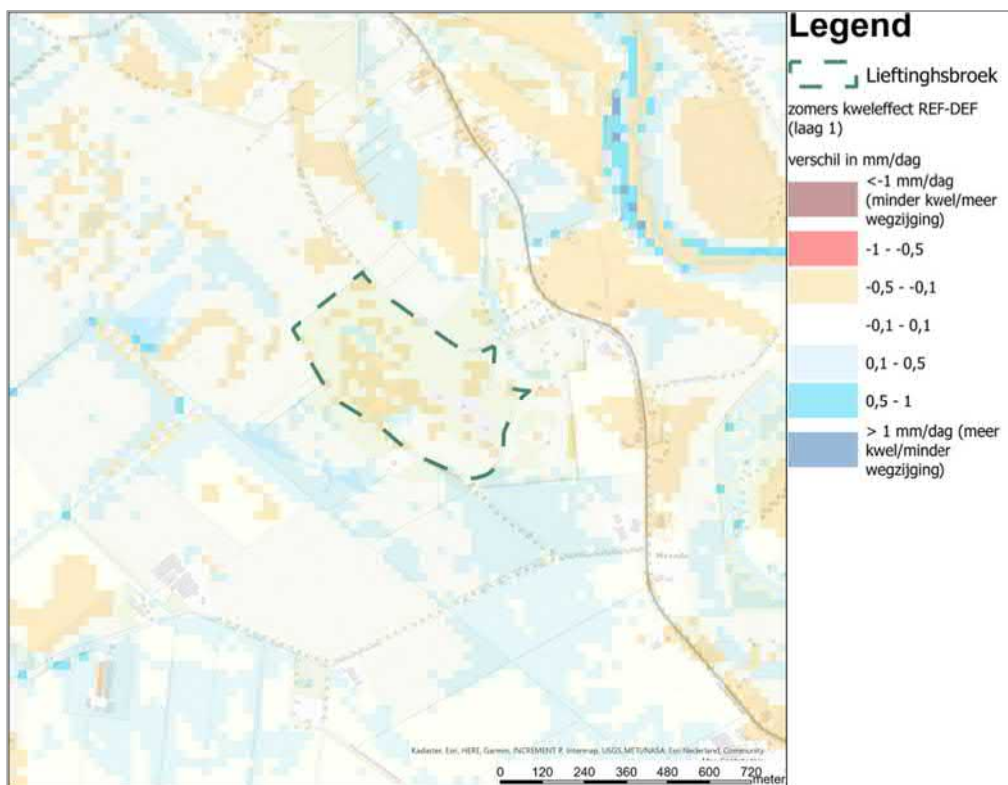
Effecten klimaatverandering op de ondiepe kwel

Het klimaatscenario (=referentie) W2050+ heeft ook invloed op de ondiepe Kwel. *Figuur B3-3* toont het effect op de kwel in de winter; *Figuur B3-4* toont het effect in de zomer.

Hieruit blijkt dat in de winter op een aantal plaatsen in het Liefstingsbroek de kwel zal toenemen (respectievelijk de infiltratie zal afnemen); in de zomer is dat duidelijk op minder plaatsen het geval.



Figuur B3-3 Effect van klimaatverandering op de ondiepe kwel in de winter.

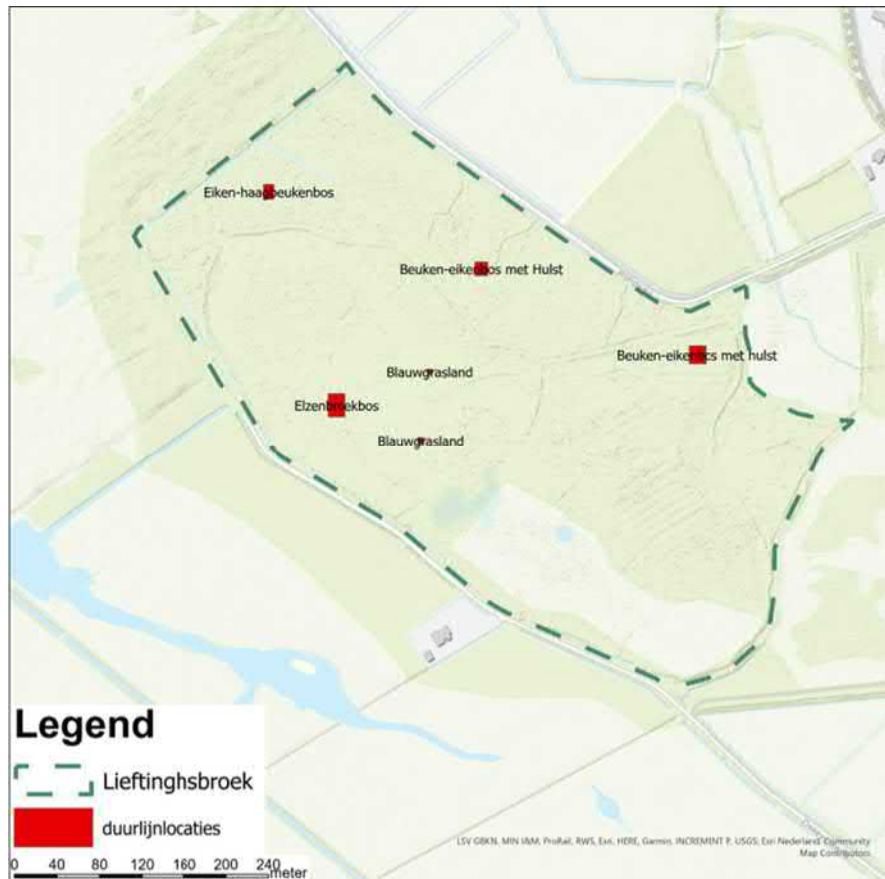


Figuur B3-4 Effect van klimaatverandering op de ondiepe kwel in de zomer.

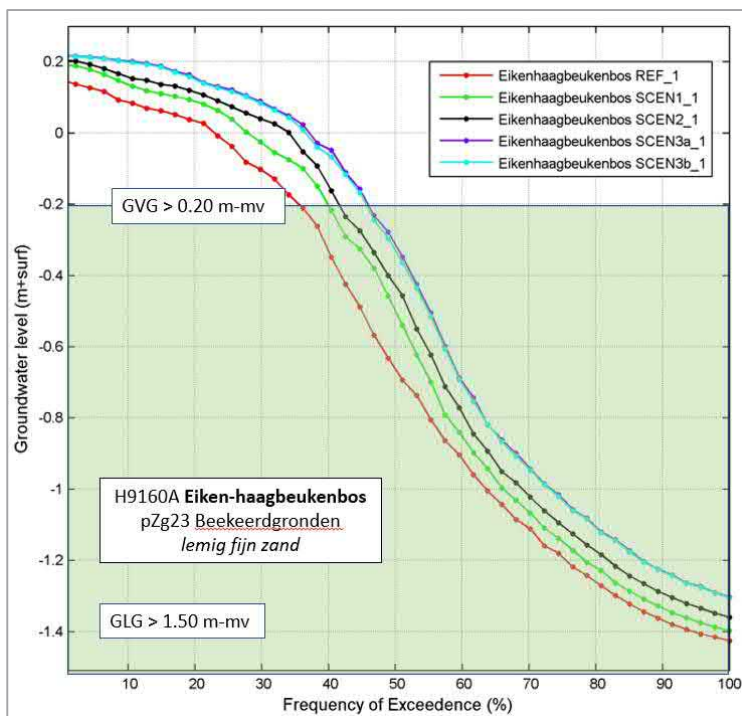
Bijlage 4 – Duurlijnen

Voor een aantal representatieve locaties binnen het Liefstingsbroek zijn met het grondwatermodel de duurlijnen berekend in de verschillende scenario's.

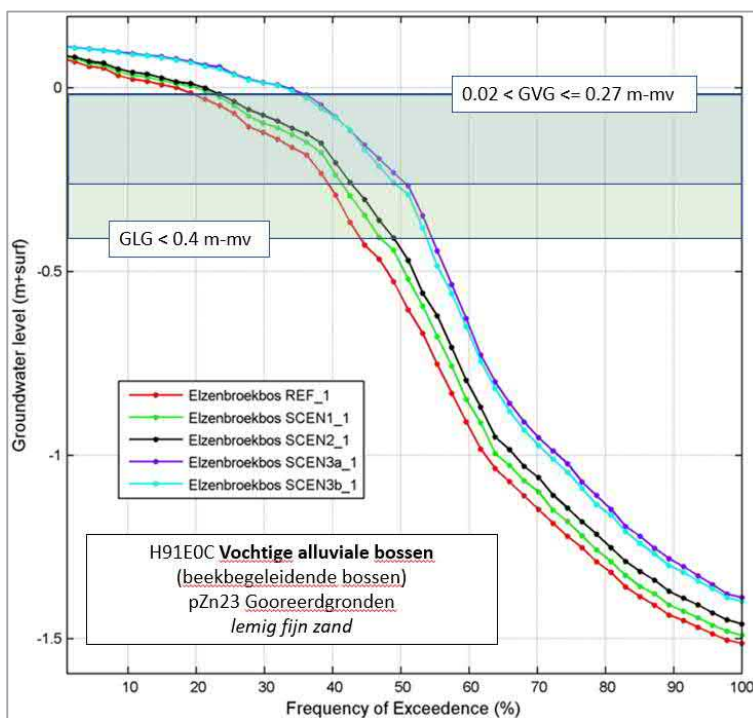
Figuur B4-1 toont deze locaties en de habitattypen. De groene en lichtblauwe zones in deze grafieken geven aan binnen welke grenzen het grondwaterregime zicht moet bevinden voor het desbetreffende habitatype.



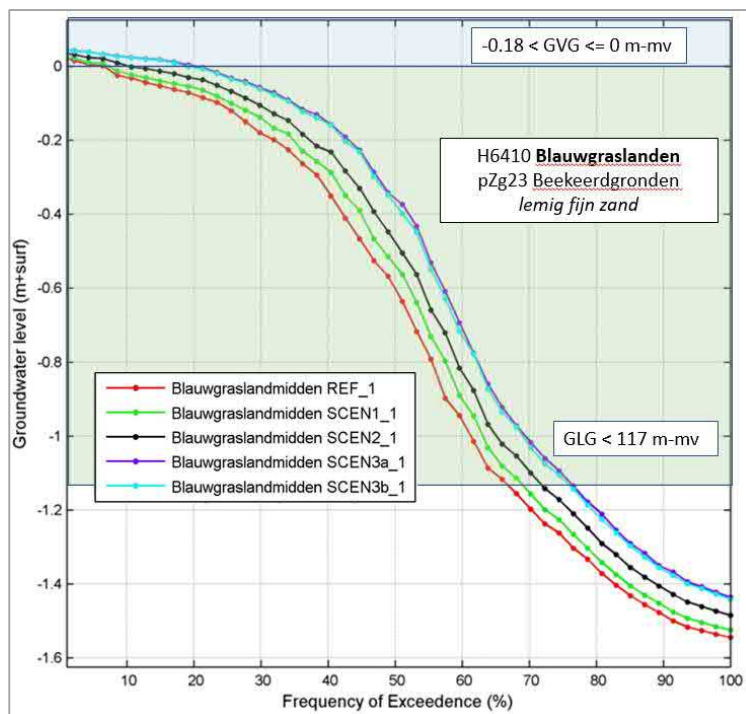
Figuur B4-1 Representatieve locaties voor verschillende habitattypen in het Liefstingsbroek.



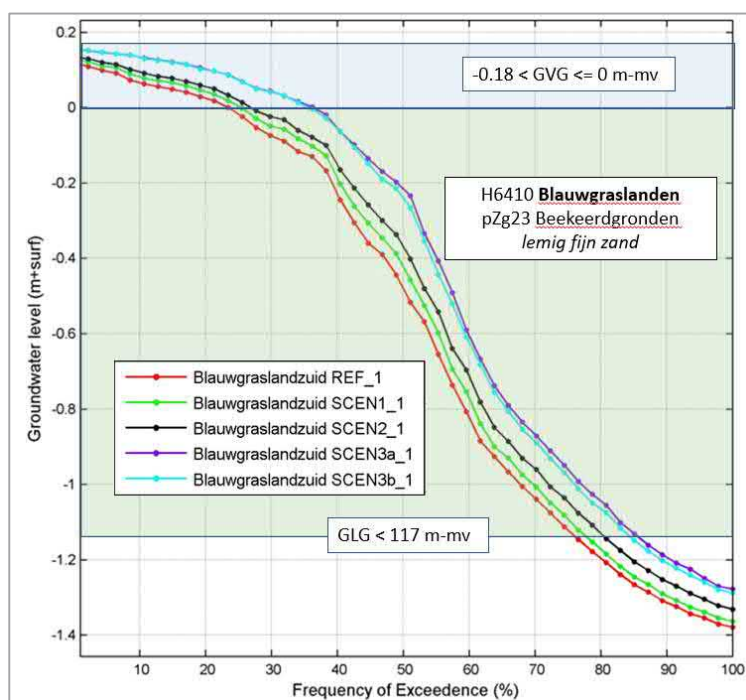
Figuur B4-2 Grondwaterstandsduurlijnen van modellen op locatie met Eikenhaagbeukenbos.



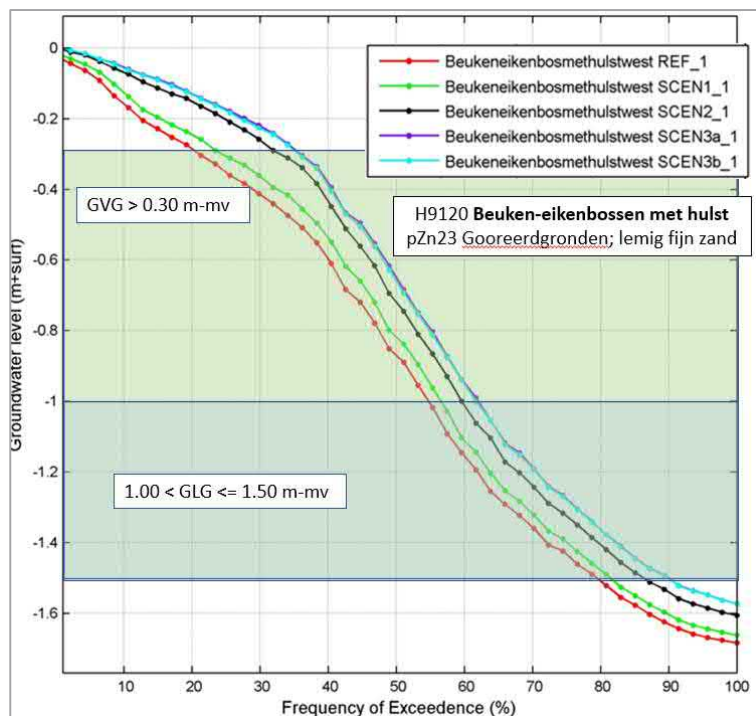
Figuur B4-3 Grondwaterstandsduurlijnen van modellen op locatie met Elzenbroekbos.



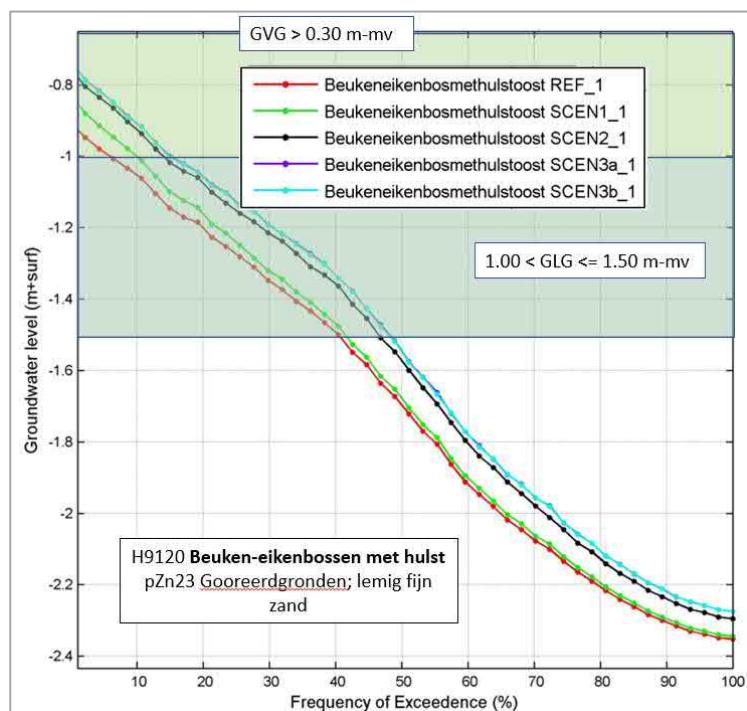
Figuur B4-4 Grondwaterstandsduurlijnen van modellen op locatie blauwgrasland (midden).



Figuur B4-5 Grondwaterstandsduurlijnen van modellen op locatie Blauwgrasland (zuid).



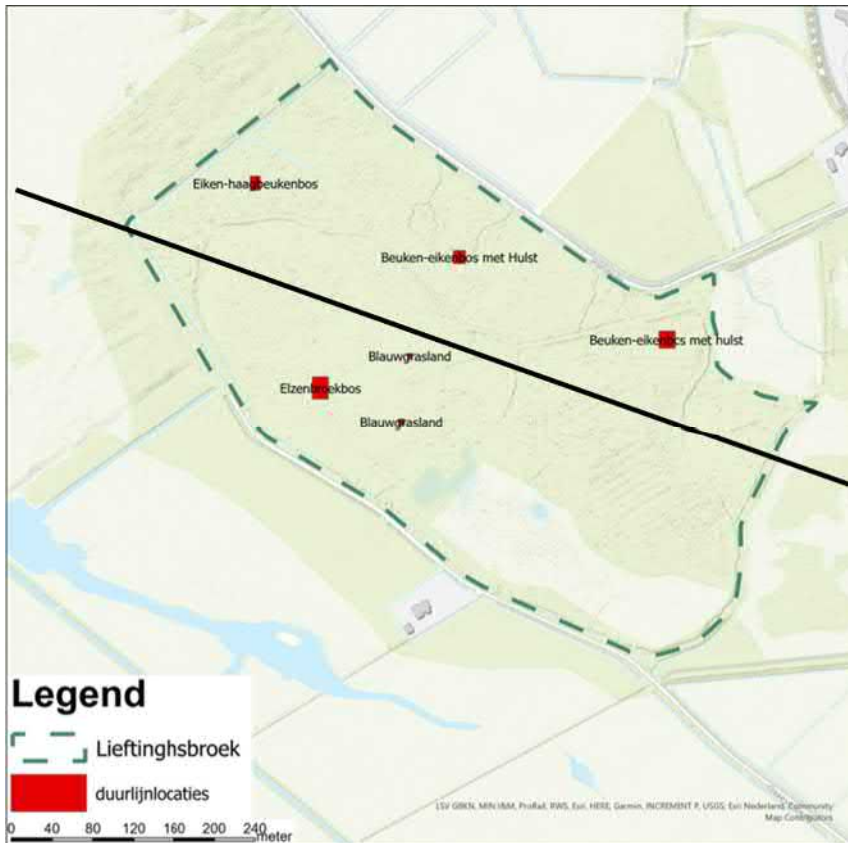
Figuur B4-6 Grondwaterstandsduurlijnen van modellen op locaties met Beukeneikenbos met Hulst (west).



Figuur B4-7 Grondwaterstandsduurlijnen van modellen op locaties met Beukeneikenbos met Hulst (oost).

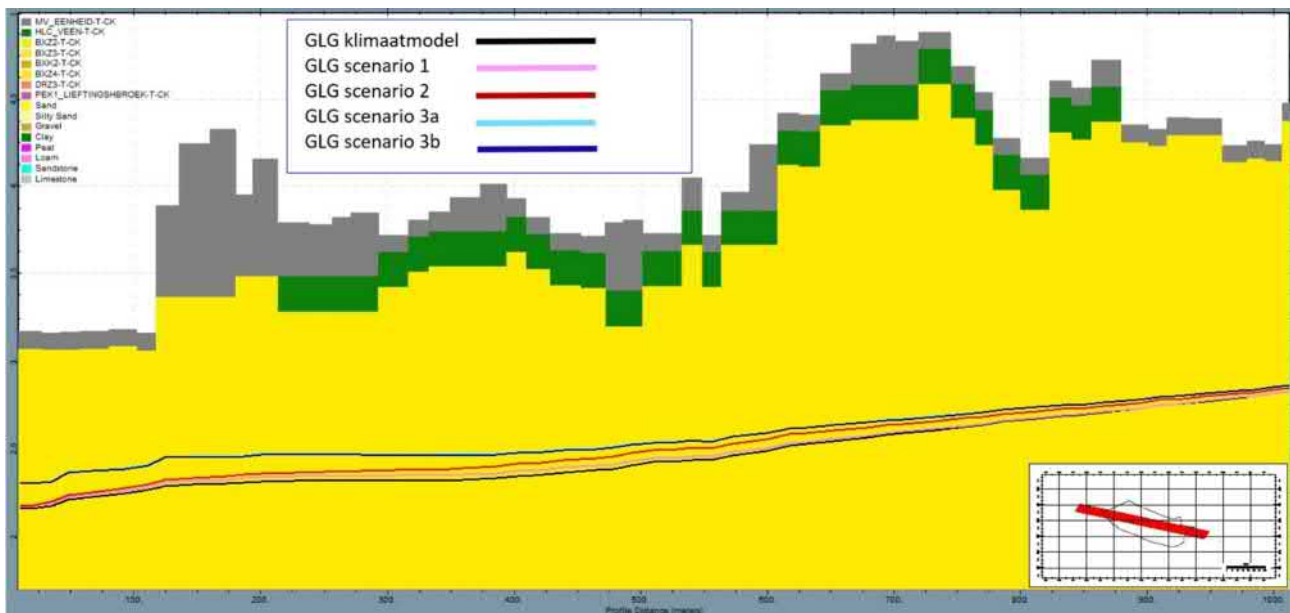
Bijlage 5 – Dwarsdoorsneden

In deze bijlage worden de dwarsdoorsneden getoond van de berekende stijghoogten in de verschillende scenario's. *Figuur B5-1* toont de locatie waarop de dwarsdoorsneden van de berekende stijghoogten zijn gemaakt.



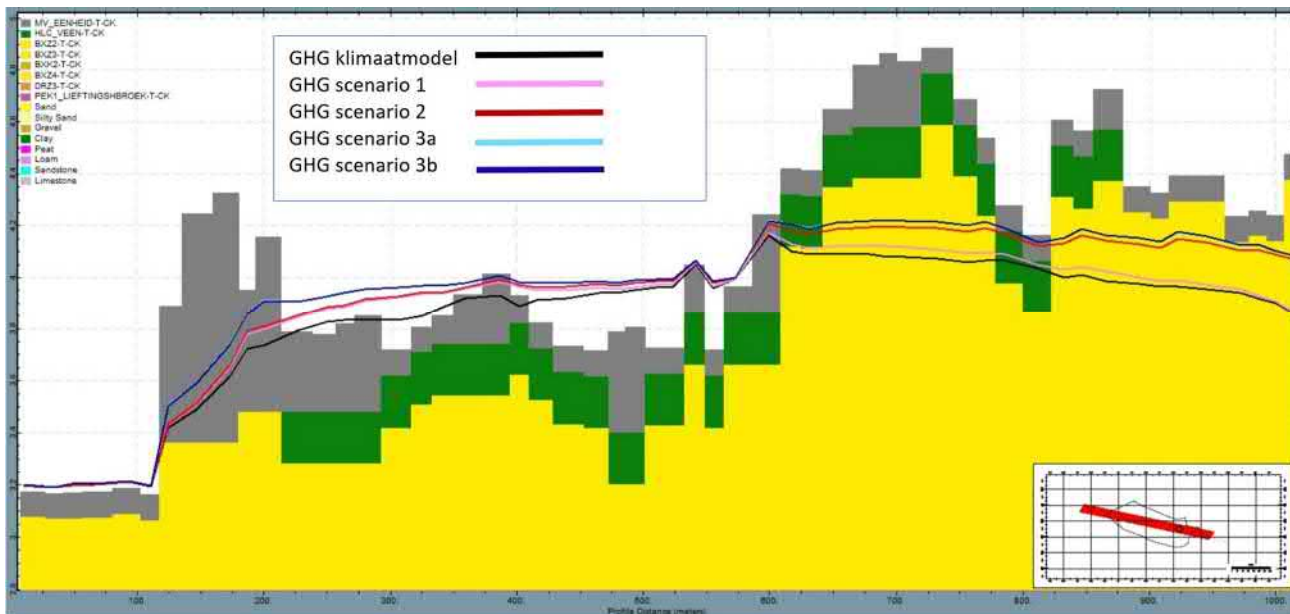
Figuur B5-1 Locatie waarop de dwarsdoorsneden van de berekende stijghoogten zijn gemaakt.

Figuur B5-2 toont de dwarsdoorsnede van de berekende GLG's. Uit deze figuur blijkt dat de effecten van de maatregelen het grootst zijn in het noordwesten. Hier zijn de stijghoogten van scenario's 3a en 3b tot maximaal 15 cm hoger dan in de referentiesituatie.



Figuur B5-2 Dwarsdoorsnede van de berekende GLG's in de verschillende scenario's en de referentieberekening (= klimaatmodel).

Figuur B5-3 toont de dwarsdoorsnede van de berekende GHG's..



Figuur B5-3 Dwarsdoorsnede van de berekende GHG's in de verschillende scenario's en de referentieberekening (= klimaatmodel).

De effecten van scenario's 3a en 3b op de GHG zijn relatief groot: lokaal tot 25 cm hoger dan de berekende GHG in de referentieberekening. Deze verhoging leidt tot een grotere gradiënt richting het centrale gedeelte van het Lieftingsbroek.