IMPACT WIJZIGENDE GRONDWATERSTANDEN DOOR KLIMAATVERANDERING

Opdracht uitgevoerd in opdracht van

VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ

Tim Franken,
Vincent Wolfs

november 2022

Disclaimer

Sumaqua en diegenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de hierin opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van kennis en wetenschap. Desondanks kunnen zich onjuistheden in deze publicatie bevinden. Gebruikers aanvaarden het risico daarvan. Sumaqua sluit, mede ten behoeve van hen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze gegevens.

DOCUMENTIDENTIFICATIE

Titel	Impact wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering
Project	Ontsluiten grondwaterinformatie via het klimaatportaal
Opdrachtgever	VMM

REVISIES

Versie	Datum	Omschrijving
1.0	29/09/2022	Draft rapport versie 1.0
2.0	28/10/2022	Verwerking opmerkingen opdrachtgever op versie 1.0
3.0	23/11/2022	Verwerking finale opmerkingen op versie 2.0

CONTACT

Contactpersoon	Tim Franken
	Tel.: 0485 804 592
	Mail: tim.franken@sumaqua.be
Correspondentieadres	Sumaqua
	Sluisstraat 79 b3.01
	3000 Leuven, België

INHOUD

Inleiding 2

1 Synthese effect van klimaatverandering op de freatische grondwaterstanden 3

2 Impact wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering 7

2.1 Inleiding 7

2.2 Potentiële impact op gewasopbrengst 7

2.2.1 Aanpak op hoofdlijnen 7

2.2.2 Methodologie 7

2.2.3 Resultaten 12

2.3 Potentiële impact op grondwaterafhankelijke natuur 14

2.3.1 Aanpak op hoofdlijnen 14

2.3.2 Methodologie 15

2.3.3 Resultaten 16

2.4 Potentiële impact op freatische winningen 17

2.4.1 Aanpak op hoofdlijnen 17

2.4.2 Methodologie 17

2.4.3 Resultaten 18

3 Algemene conclusie 20

4 Referenties 21

Bijlage A: GxG referentiewaarden 22

Bijlage B: Schematische weergave impact gewasopbrengst 26

LIJST MET AFKORTINGEN

DOV	Databank Ondergrond Vlaanderen
GWI	Grondwaterstandindicator
GLG	Gemiddelde laagste grondwaterstand
GHG	Gemiddelde hoogste grondwaterstand
GG	Gemiddelde grondwaterstand
ML	Machine Learning

INLEIDING

Voorliggend rapport maakt deel uit van de opdracht "*Ontsluiten grondwaterinformatie via het klimaatportaal"* en beschrijft de werkwijze en resultaten voor de berekening van de impact van wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering op kwetsbare receptoren.

Hoofdstuk 1 geeft een beknopte synthese van het effect van klimaatverandering op de freatische grondwaterstanden. Dit hoofdstuk geeft een samenvatting van de resultaten bekomen in de opdracht "*Actualiseren grondwaterstandsindicator en berekening effecten van klimaatverandering op de freatische grondwaterstanden (L 2021 S 0001 X).*

De berekening van de impact van de wijzigende grondwaterstanden op kwetsbare receptoren wordt beschreven in hoofdstuk 2. Dit hoofdstuk beschrijf per beschouwde receptor de gevolgde methodologie alsook de bekomen resultaten.

In hoofdstuk 3 tenslotte worden enkele algemene conclusies weergegeven.

1 Synthese effect van klimaatverandering op de freatische grondwaterstanden

Het effect van klimaatverandering op de freatische grondwaterstanden wordt uitgebreid beschreven in het synthese rapport van de opdracht "*Actualiseren grondwaterstandsindicator en berekening effecten van klimaatverandering op de freatische grondwaterstanden*" (Franken et al., 2022). De belangrijkste conclusies van dit rapport worden hieronder beknopt hernomen. Voor meer uitgebreide beschrijving van het effect van klimaatverandering op de freatische grondwaterstanden en de gevolgde werkwijze wordt verwezen naar het desbetreffende rapport.

Op 217 locaties verspreid over Vlaanderen werd het effect van klimaatverandering begroot door tijdreeksen van neerslag en evapotranspiratie die representatief zijn voor het huidig en toekomstig klimaat (d.m.v. klimaatperturbaties) op te leggen als randvoorwaarde aan gekalibreerde SWAP-modellen. Deze locaties zijn zodanig gekozen te worden dat ze:

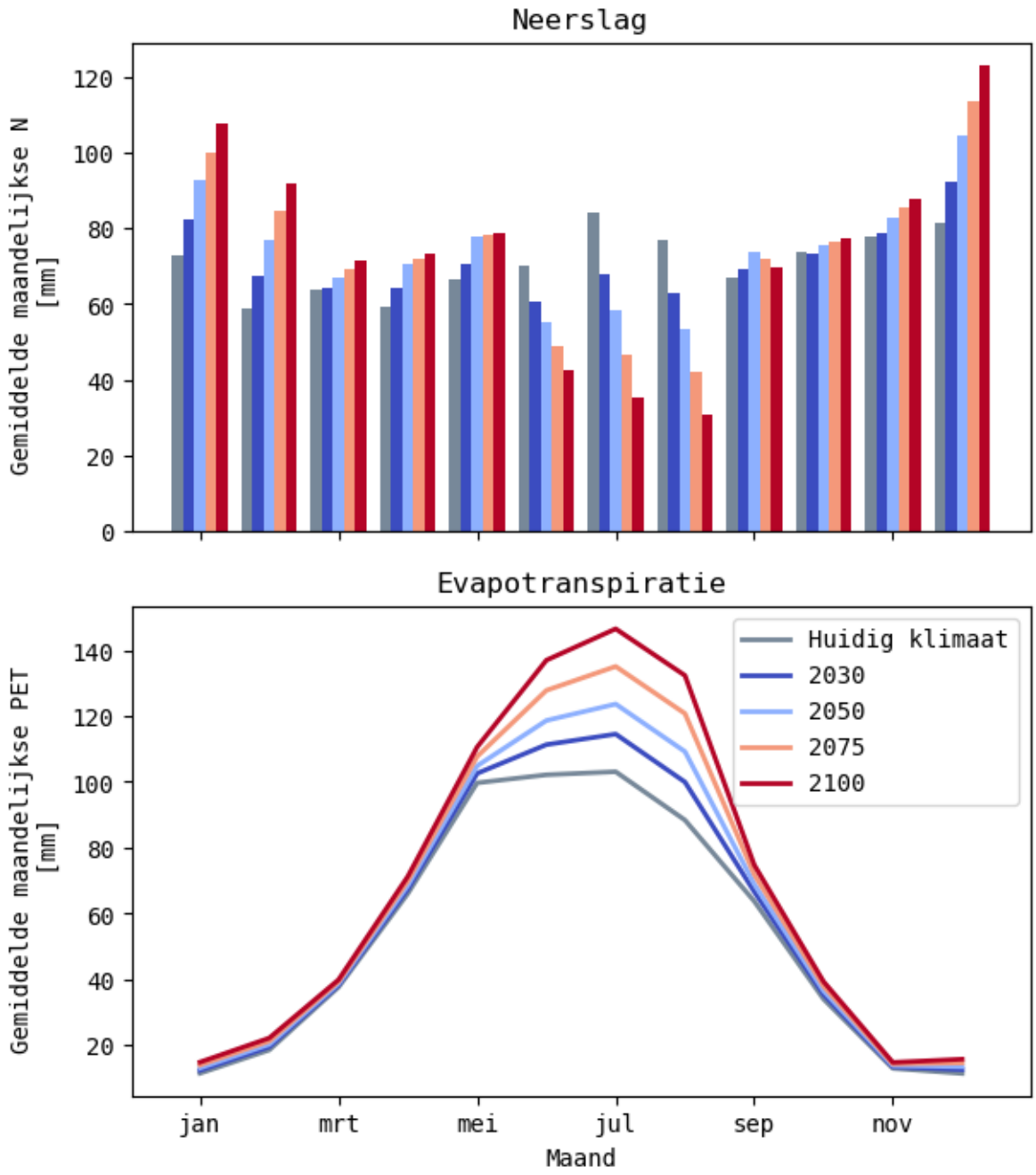
1. Voldoende ruimtelijk homogeen verspreid zijn
2. Verspreid zijn over de verschillende geohydrologische clusters
3. Representatief zijn voor de verschillende receptoren die we beschouwen voor het begroten van de impact
4. Een voldoende lange tijdreeks bevatten waarop een performant SWAP model gekalibreerd kan worden

Voor deze studie werd gewerkt met het "hoge impact" klimaatscenario die eerder de bovengrens van de te verwachten impacts van klimaatverandering weergeeft (maar er zijn scenario's die nog hogere impacts voorspellen) (VMM 2015). Het werken met dit hoge impactscenario is in lijn met overige beleidsstudies in het kader van de ontwikkeling van het Klimaatportaal van de Vlaamse Milieumaatschappij. Het hoge impact klimaatscenario zal resulteren in een toename van de neerslag in de wintermaanden en een afname van de neerslag in de zomermaanden. Door de verwachte temperatuurstijging zal ook de evapotranspiratie toenemen (Figuur 1-1).

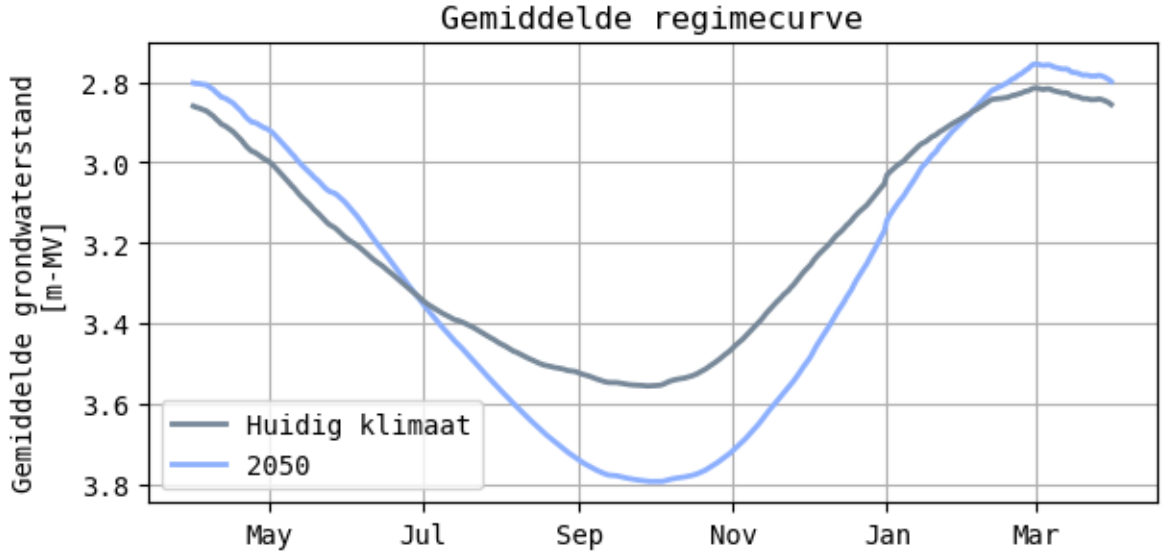
Op basis van de analyse van het effect van klimaatverandering op deze puntlocaties kunnen we een duidelijk beeld scheppen van het gemiddeld effect in Vlaanderen. De toegenomen neerslag in de wintermaanden zorgt voor een lichte stijging van de gemiddelde hoogste grondwaterstanden (GHG). De GHG is gedefinieerd als het gemiddelde van de drie hoogste peilen per jaar gesampeld om de 14 dagen over meerdere jaren. Het gemiddelde van de drie laagste peilen per jaar gesampeld om de 14 dagen, de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG), neemt echter sterker af door een combinatie van de lagere neerslaghoeveelheden en de verhoogde evapotranspiratie in de zomermaanden. Dit is duidelijk merkbaar in de daggemiddelde regimecurve [1] die, uitgemiddeld over alle locaties, is weergegeven in Figuur 1-2 voor zowel het huidige klimaat als 2050 onder het hoge impact scenario. De drogere en warme zomermaanden impliceren ook een sterke toename van het aantal droge

[1] Een daggemiddelde regimecurve wordt bepaald door de grondwaterstand voor iedere datum over de 100 gesimuleerde jaren uit te middelen.

dagen en de droogte-intensiteit van een gemiddeld jaar. Voor een extreem droog jaar blijkt op basis van de continue modelsimulaties dat de daling van de laagste grondwaterstand beperkt is, maar de frequentie van extreme droge jaren neemt wel sterk toe. We krijgen dus vaker extreem lage grondwaterstanden maar de diepte van deze extremen neemt niet meer sterk toe. De effecten van klimaatverandering zijn reeds merkbaar in 2030 maar nemen duidelijk toe in de tijd.

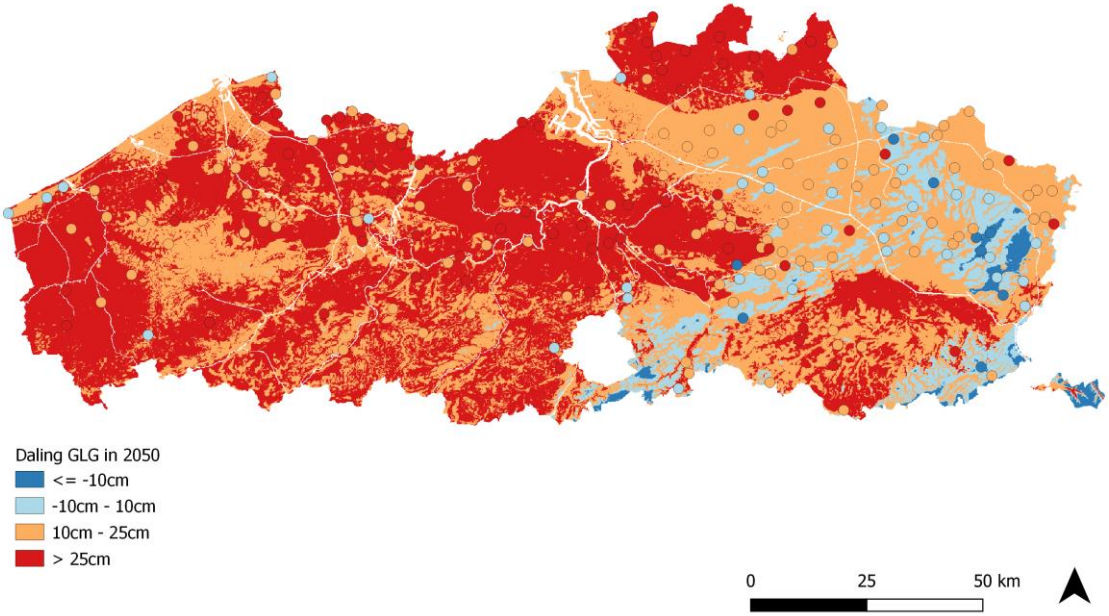


Figuur 1-1: Vergelijking gemiddelde maandelijkse neerslag en potentiële evapotranspiratie in Ukkel bij het hoge impact klimaatscenario voor tijdshorizonten 2030, 2050, 2075 en 2100



Figuur 1-2: Gemiddelde daggemiddelde regimecurve voor de grondwaterstanden onder het huidige klimaat en rond 2050 onder het hoge impact scenario

Dit beeld van de gemiddelde locatie is echter niet geldig voor gans Vlaanderen. Met behulp van een ruimtelijk interpolatiemodel werd de informatie van deze 217 puntlocaties vertaald naar gebiedsdekkende kaarten. Het ruimtelijk interpolatiemodel is een ML model dat rekening houdt met o.a. de dikte van de freatische aquifer, de topografische positie index, de afstand tot de drainagebasis, de bodemtextuur, het gemiddeld neerslagoverschot en het landgebruik. De informatie uit het model en de resulterende kaarten scheppen samen een duidelijk beeld van de meest kwetsbare regio's in Vlaanderen. Globaal genomen zijn locaties met een dunne watervoerende laag, ondiepe grondwaterstanden en een beperkte laterale aanvoer gevoeliger voor verdroging door toedoen van klimaatverandering. In het IJzerbekken bijvoorbeeld zien we de sterkste dalingen van de gemiddelde laagste grondwaterstanden (Figuur 1-3) en ook een sterke toename van het aantal droge dagen en de frequentie van extreem lage grondwaterstanden. Ook het noordelijk Maasbekken kleurt op de meeste kaarten rood. Daar staat tegenover dat locaties met een dikke watervoerende laag en diepe gemiddelde grondwaterstanden net een vernatting kennen en een afname van het aantal droge dagen. Omwille van het hoge bufferend vermogen van de aquifer en de dikke onverzadigde zone zal de stijging van de neerslag in de wintermaanden bij die locaties immers zorgen voor hogere grondwaterstanden.



Figuur 1-3: Daling van de GLG in 2050. Punten geven de resultaten weer op basis van de SWAP-modellen

Op basis van de resultaten van bovengenoemde studie is een selectie gemaakt van de meest relevante kaarten om te tonen in het klimaatportaal. Voor deze selectie wordt gekeken naar (1) de betrouwbaarheid van de gebruikte modellen en (2) de informatieve waarde van de kaarten. Op basis hiervan worden volgende kaarten getoond in het klimaatportaal:

- Gemiddelde grondwaterstand in het huidige klimaat
- Gemiddelde grondwaterstand voor de verschillende klimaathorizonten (2030, 2050, 2075, 2100)
- Daling van de gemiddelde hoogste grondwaterstand voor de verschillende klimaathorizonten (2030, 2050, 2075, 2100)
- Daling van de gemiddelde laagste grondwaterstand voor de verschillende klimaathorizonten (2030, 2050, 2075, 2100)
- Toename van het gemiddeld aantal droogtedagen per jaar voor de verschillende klimaathorizonten (2030, 2050, 2075, 2100). Een droge dag wordt hierbij gedefinieerd als een dag dat het grondwaterpeil onder een kritische drempelwaarde valt. Als kritische drempelwaarde nemen we het grondwaterpeil dat in het huidige klimaat minder dan 5% van de tijd onderschreden wordt.
- Stijging van de terugkeerperiode van extreem lage grondwaterstanden voor de verschillende klimaathorizonten (2030, 2050, 2075, 2100). Hiervoor wordt de terugkeerperiode van de minimale grondwaterstand van een extreem droog jaar in het huidig klimaat (terugkeerperiode van 25 jaar) bepaald in het toekomstige klimaat. Concreet geeft deze indicator dus aan hoe sterk de frequentie stijgt van een extreem lage grondwaterstand die nu gemiddeld slechts 1 keer per 25 jaar voorkomt.

2 Impact wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering

2.1 Inleiding

Om de impact van het wijzigende grondwaterregime door klimaatverandering op kwetsbare receptoren te begroten wordt een kruising doorgevoerd tussen de gebiedsdekkende kaarten die het effect van klimaatverandering op het grondwaterregime weergeven en de verschillende beschouwde receptoren. Dit hoofdstuk beschrijft per receptor de gevolgde methodologie alsook de bekomen resultaten voor de receptoren gewasopbrengst, grondwaterafhankelijke natuur en freatische winningen.

De wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering zullen ook hun effect hebben op de hydrologische basisafvoer. De basisafvoer is het deel van de totale afvoer dat trager reageert op de neerslag en voor een groot deel via het grondwater een waterloop bereikt. Dalende grondwaterstanden kunnen bijvoorbeeld zorgen voor een verlaging van de basisafvoer. Er is momenteel echter geen gebiedsdekkend modelinstrumentarium voor handen waarmee betrouwbare uitspraken gedaan kunnen worden over de impact van wijzigende grondwaterstanden op de basisafvoer. De impact van klimaatverandering op laagwaterdebieten zijn wel reeds doorgerekend met een hydrologisch model en de resultaten worden weergegeven in het klimaatportaal. Vermits het gebruikte hydrologisch model expliciet gekalibreerd is op laagwaterdebieten, vormt deze kaart de best mogelijke inschatting van de impact van klimaatverandering op de basisafvoer.

2.2 Potentiële impact op gewasopbrengst

2.2.1 Aanpak op hoofdlijnen

Om de potentiële impact van de wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering op de gewasopbrengst op landbouwpercelen in te schatten wordt vertrokken van de gebiedsdekkende (effect)kaarten die de gemiddelde grondwaterstand en de gemiddelde laagste grondwaterstand weergeven voor zowel het huidige klimaat als o.b.v. klimaatverandering. Deze worden vergeleken met de maximale worteldiepte van de hoofdteelt van de landbouwpercelen om zo een vereenvoudigde inschatting te maken van de potentiële flux van het grondwater naar het gewas en dit zowel voor het huidige klimaat als voor de toekomstige klimaathorizonten. Op basis van een vergelijking van de huidige situatie met de toekomstige situatie o.b.v. klimaatverandering kan vervolgens een inschatting gemaakt worden van de potentiële impact op de gewasopbrengst.

2.2.2 Methodologie

2.2.2.1 Worteldiepte en capillaire opstijging

Om de potentiële impact van wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering in kaart te brengen dienen we eerst te bepalen tot welke diepte er een flux vanuit het grondwater naar de wortelzone van de plant mogelijk is. Dit wordt in belangrijke mate bepaald door de worteldiepte van het gewas.

Om deze te bepalen gebruiken we de landbouwgebruikspercelen 2020 zoals beschikbaar op de website van AGIV (Departement Landbouw en Visserij, 2021). Deze databank bevat een geografisch overzicht van alle landbouwpercelen in Vlaanderen. Naast de perceelsgrenzen bevat de databank verschillende metadata waaronder de hoofdteelt op het perceel en de meer generieke gewasgroep waartoe de hoofdteelt behoort. Voor ieder perceel wordt een inschatting gemaakt van de worteldiepte door de cijfers uit de "FAO Irrigation and drainage paper No.56" (Han 2018) te vertalen naar de beschikbare hoofdteelten en gewasgroepen.

De landbouwgebruikspercelen bevatten 270 verschillende hoofdteelten. De vertaling maken voor elk van deze hoofdteelten is een arbeidsintensief proces dat buiten de scope van deze studie ligt. De worteldieptes zijn daarom bepaald voor 24 hoofdteelten die tezamen op 90% van de landbouwgebruikspercelen te vinden zijn. Voor de overige 10% van de percelen wordt de vertaling gemaakt via de meer generieke gewasgroepen. Tabel 2-1 en Tabel 2-2 geven de maximale worteldieptes weer voor respectievelijk de hoofdteelten en de gewasgroepen.

Tabel 2-1: Maximale worteldiepte per hoofdteelt op basis van FAO No. 56

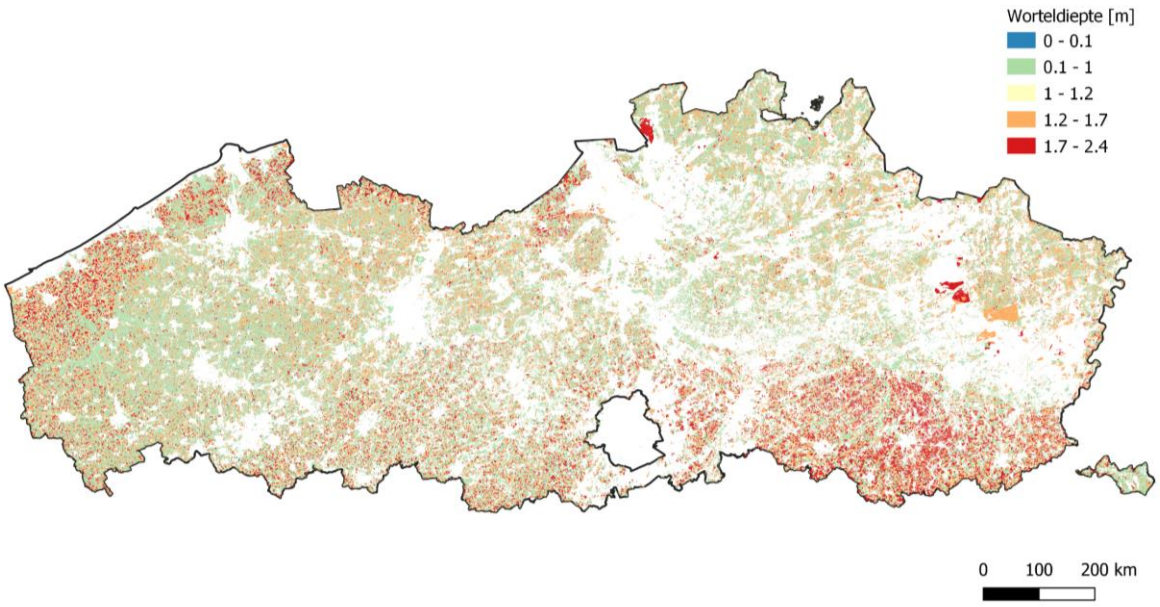
Hoofdteelt	Maximale worteldiepte [m]	Percentage percelen [%]
Grasland	1	38.5
Silomaïs	1.7	16.3
Korrelmaïs	1.7	6.6
Wintertarwe	1.8	5.5
Aardappelen (geplande oogst vanaf 1/9)	0.6	4
Grasklaver	0.9	2.2
Wintergerst	1.5	1.7
Meerjarige fruitteelten (peer)	2	1.4
Suikerbieten	1.2	1.4
Aardappelen (geplande oogst voor 1/9)	0.6	0.8
Natuurlijk grasland met minimumactiviteit	1.5	0.7
Voederbieten	1	0.7
Graskruiden mengsel	1	0.6
Meerjarige fruitteelten (appel)	2	0.6
Boomkweek - bos- en haagplanten	2.4	0.5
Bloemenmengsel	0.9	0.4
Prei - vers	0.5	0.3
Vezelvlas (bestemd voor vezelproductie)	1.5	0.3
Triticale	1.8	0.3
Aardbeien	0.3	0.3

Bloemkool - industrie	0.7	0.3
Zaaizaad grassen	1.5	0.2

Tabel 2-2: Maximale worteldiepte per gewasgroep op basis van FAO No. 56

Gewasgroep	Maximale worteldiepte [m]	Percentage percelen [%]
Grasland	1	40.4
Maïs	1.7	22.9
Granen, zaden en peulvruchten	1.8	8.9
Aardappelen	0.6	4.9
Groenten, kruiden en sierplanten	0.5	4.1
Voedergewassen	0.9	3.1
Fruit en Noten	2	2.9
Overige gewassen	1.5	2.5
Suikerbieten	1.2	1.4
Houtachtige gewassen	2.4	1.3
Vlas en hennep	1.5	0.3

Vanuit een watertafel onder de maximale worteldiepte kan door capillaire opstijging echter nog steeds een flux van het grondwater naar de plant ontstaan. De capillaire opstijging dient dan ook in rekening gebracht te worden om de maximale diepte van de watertafel te bepalen waarop een relevante flux naar de plant mogelijk is. Deze maximale capillaire opstijging wordt bepaald door de bodemkarakteristieken, waaronder de textuur en de hydraulische conductiviteit. Op basis van de internationale literatuur (o.a. Raes et al., 2018) wordt daarom geopteerd voor een maximale capillaire opstijging van 1m in zandige bodems en 1.5 m in de rest van Vlaanderen.



Figuur 2-1: Ruimtelijk overzicht van de worteldiepte per perceel

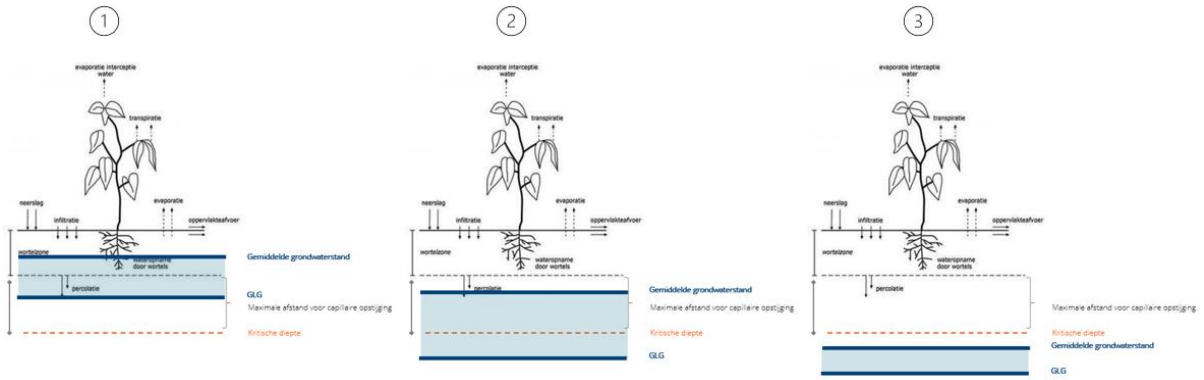
2.2.2.2 Bepaling potentiële impact op gewasopbrengst

Op basis van de worteldiepte en de maximale capillaire opstijging kan een kritische diepte bepaald worden waaronder er geen flux meer mogelijk is van het grondwater naar het gewas. Als we deze kritische diepte vergelijken met de gemiddelde grondwaterstand en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) zijn er 3 mogelijke situaties die schematisch zijn weergegeven in Figuur 2-2 en Bijlage B:

1. De gemiddelde grondwaterstand en GLG zijn beide hoger dan de kritische diepte. Dit wil zeggen dat er in een gemiddeld jaar zo goed als steeds een flux van het grondwater naar het gewas mogelijk is.
2. De gemiddelde grondwaterstand is hoger dan de kritische diepte maar de GLG is lager dan de kritische diepte. Dit wil zeggen dat er in een gemiddelde jaar geen flux van het grondwater naar het gewas mogelijk is in de maanden met lage grondwaterstanden.
3. De gemiddelde grondwaterstand en de GLG zijn beide lager dan de kritische diepte. Dit wil concreet zeggen dat er voor (een deel van) een gemiddeld jaar geen flux naar het gewas mogelijk is.

Op basis van bovenstaande grenzen kunnen we zowel voor het huidige klimaat als voor het toekomstige klimaat alle percelen onderverdelen in één van deze drie klassen. Figuur 2-3 geeft een vergelijking van het percentage percelen per klasse onder het huidig klimaat en in 2030. Vervolgens spreken we van een potentiële impact van klimaatverandering op de gewasopbrengst indien de klasse van het perceel in de toekomst wijzigt ten opzichte van de huidige situatie. Indien bijvoorbeeld onder het huidige klimaat zowel de gemiddelde grondwaterstand als de GLG boven de kritische drempel liggen maar in het toekomstige klimaat zakt de GLG onder de kritische drempel, dan kunnen we redelijkerwijs veronderstellen dat dit een potentiële impact heeft op de gewasopbrengst.

We spreken volgens bovenstaande methodologie niet van potentiële impact indien de klasse van een perceel in de toekomst niet wijzigt ten opzichte van de huidige situatie. Maar dat wil niet zeggen dat er zeker geen impact is. Iedere bijkomende daling van de GLG op een perceel in klasse 2 kan bijvoorbeeld zorgen voor een langere periode waarin geen flux van het grondwater naar het gewas meer mogelijk is en bijgevolg zorgen voor een impact op de gewasopbrengst.



Figuur 2-2: Schematische weergave van de mogelijke verhoudingen van de gemiddelde grondwaterstand en de GLG tot de kritische diepte

	2030 Toekomst		
Huidig	KD < GLG	GLG < KD < GG	GG < KD
KD < GLG	44	7	
GLG < KD < GG		12	2
GG < KD			35

Figuur 2-3: Percentage percelen per klassen, vergelijking tussen huidig klimaat en 2030 (KD=Kritisch Diepte)

2.2.2.3 Beperkingen van de methodologie

Bovenstaande methodologie stelt ons in staat om op basis van de beschikbare gegevens een eerste inschatting te maken van de potentiële impact van de wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering voor gans Vlaanderen. Zowel de schaal van de oefening als de beschikbaarheid van de gegevens leiden echter tot een aantal aannames en beperkingen die belangrijk zijn bij het gebruik en de interpretatie van de data.

Voor deze oefening zijn enkel statische kaarten van de gemiddelde grondwaterstand en de GLG beschikbaar. Er zijn met andere woorden geen dynamische kaarten die de grondwaterstanden doorheen de tijd weergeven voor gans Vlaanderen waardoor geen dynamisch gewasgroeimodel kan worden gebruikt. Er wordt daardoor ook geen rekening houden met het specifieke groeiseizoen van ieder gewas. Bovenstaande methodologie gaat er dan ook impliciet vanuit dat het groeiseizoen samenvalt met de periode van de gemiddelde laagste grondwaterstanden.

Voor de hoofdteelt per perceel wordt daarnaast enkel gewerkt met de hoofdteelt zoals opgegeven in de databank van 2020. Er wordt met andere woorden niet gekeken naar het voorkomen van gewasrotaties op een perceel. Hoewel dit voor een individueel perceel niet noodzakelijk tot correcte resultaten leidt, laat de methodologie niettemin toe om zinnige uitspraken te doen zeker op groter schaalniveau zoals bv. voor het geheel van landbouwpercelen in een gemeente.

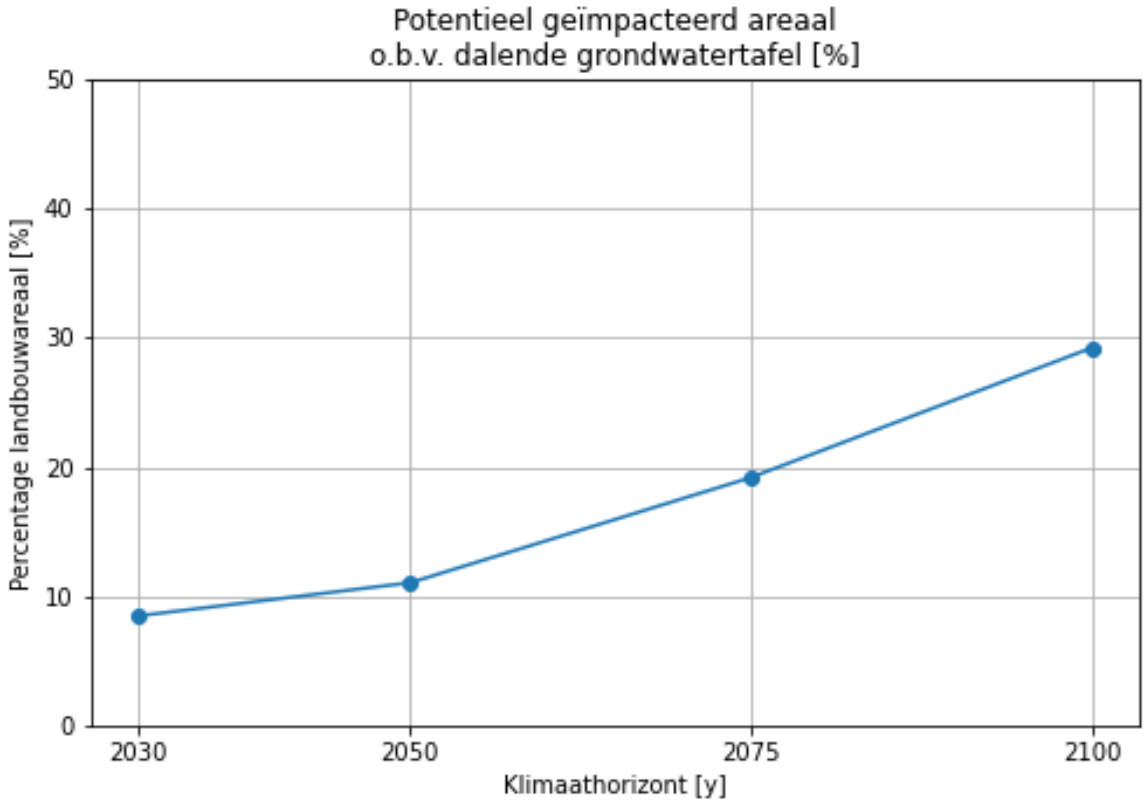
In de poldergebieiden kan door grondwaterstandsdalingen o.b.v. klimaatverandering verzilting optreden. Het potentieel negatief effect van verzilting op de gewasgroei werd niet meegenomen in deze methodologie. Tot slot wordt ook geen rekening gehouden met lokale landbouwpraktijken, drainages of irrigaties, omdat daarvoor geen gebiedsdekkende gegevens voorhanden zijn.

2.2.3 Resultaten

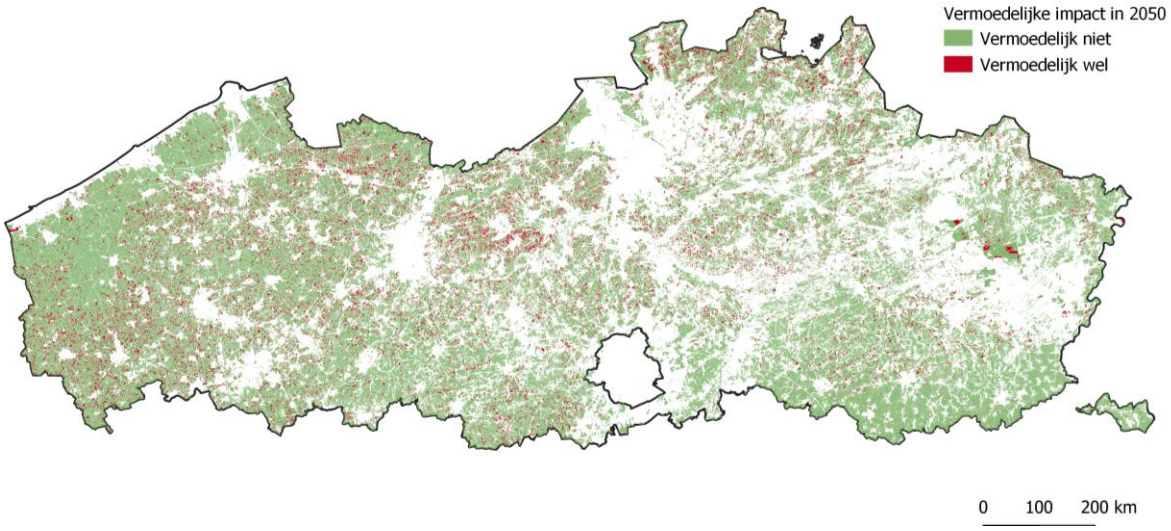
Figuur 2-4 geeft een overzicht van de potentiële impact van de wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering op de gewasopbrengst op landbouwpercelen voor de verschillende klimaathorizonten. De wijzigende grondwaterstanden hebben een potentiële impact op iets minder dan 10% van het landbouwareaal in 2030. Dit aandeel van het areaal stijgt naar ongeveer 30% tegen 2100.

Figuur 2-5 geeft een ruimtelijk overzicht van de potentiële impact op gewasopbrengst o.b.v. dalende grondwatertafel in 2050.

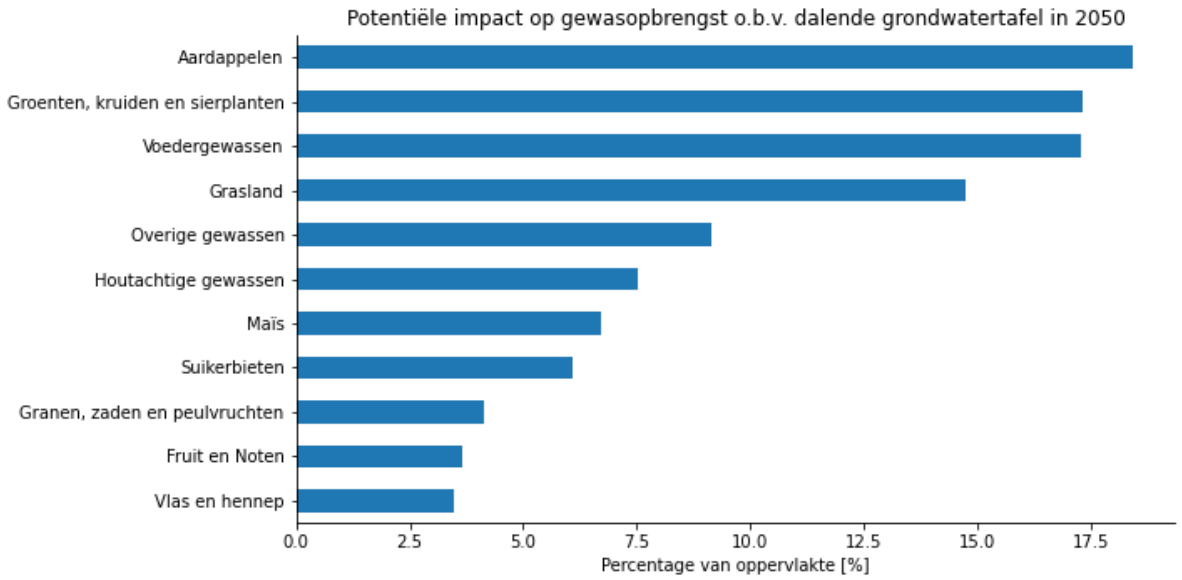
Figuur 2-6 geeft tot slot per gewasgroep het percentage van de oppervlakte van die gewasgroep waar we een potentiële impact op de gewasopbrengst berekenen in 2050. Hieruit blijkt dat de wijzigende grondwaterstanden relatief gezien de grootste potentiële impact hebben op aardappelen, groenten, kruiden en sierplanten, voedergewassen en grasland.



Figuur 2-4: Potentiële impact op gewasopbrengst o.b.v. dalende grondwatertafel voor de verschillende klimaathorizonten



Figuur 2-5: Ruimtelijk overzicht van de potentiële impact op gewasopbrengst o.b.v. dalende grondwatertafel in 2050



Figuur 2-6: Percentage oppervlakte met potentiële impact op gewasopbrengst o.b.v. dalende grondwatertafel in 2050 per gewasgroep

2.3 Potentiële impact op grondwaterafhankelijke natuur

2.3.1 Aanpak op hoofdlijnen

Om de potentiële impact van de wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering op de grondwaterafhankelijke natuur in te schatten wordt gebruik gemaakt van de gebiedsdekkende kaarten die de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) weergeven voor zowel het huidige klimaat als o.b.v. klimaatverandering. Deze worden gekruist met de kaart die de locaties van grondwaterafhankelijke natuur weergeeft op basis

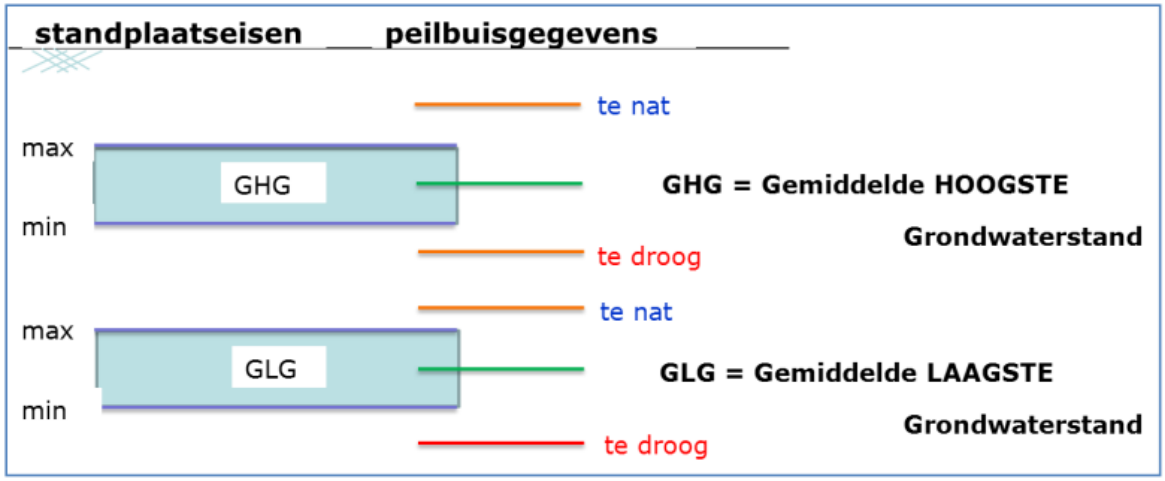
van de gestandaardiseerde versie van de habitatkaart. Door gebruik te maken van de standplaatseisen van ieder habitattype kunnen vervolgens bedreigde habitats geïdentificeerd worden.

2.3.2 Methodologie

Om te bepalen of een habitattype bedreigd is wordt gebruik gemaakt van de standplaatseisen. Deze zijn samengevat door INBO (INBO, 2019) en geven voor verschillende habitattypes o.a. bandbreedtes van de grondwaterstand in functie van het bodemtype. De bandbreedtes geven een minimale en maximale waarde voor zowel de GHG als de GLG met (semi) optimale condities voor het habitattype. Indien de gemodelleerde GLG en GHG op een bepaalde locatie binnen deze grenzen vallen, dan wordt deze als compatibel met het habitattype beschouwd. Indien de gemodelleerde GHG of GLG op een bepaalde locatie echter lager is dan wat is weergegeven voor de combinatie van bodemtype en habitattype dan zal er droogtestress optreden voor deze habitat. Bij een hogere GHG of GLG zijn de condities te nat en dus evenmin optimaal voor de aanwezige habitat. Figuur 2-7 geeft een schematisch overzicht van de mogelijke verhouding van de standplaatseisen tot de GHG of de GLG op een bepaalde locatie.

Op basis van de standplaatseisen en de gemodelleerde GHG en GLG kan voor iedere locatie en iedere klimaathorizont berekend worden of een habitattype al dan niet bedreigd wordt. Dit is het geval indien de GHG of GLG buiten de bandbreedtes vallen (zowel te hoog als te laag). Iedere polygoon in de habitatkaart kan één of meerdere habitattypes bevatten. Voor ieder habitattype binnen een polygoon wordt bepaald of deze al dan niet bedreigd is o.b.v. bovenstaande methodologie. De volledige polygoon wordt als bedreigd ingekleurd indien één van de habitattypes binnen een polygoon bedreigd is. Het ecosysteem met de soortensamenstelling zoals deze hier vandaag bestaat is dan immers bedreigd.

Het is belangrijk om aan te halen dat niet voor alle grondwatergevoelige habitattypes momenteel referentiewaarden beschikbaar zijn. Het volledige overzicht van de gebruikte referentiewaarden is terug te vinden in Bijlage A. De uitgevoerde kartering is dus per definitie onvolledig, maar levert wel een goede eerste inschatting op basis van wat momenteel mogelijk/gekend is. Tot slot wordt hier enkel uitspraak wordt gedaan over de impact van dalende grondwaterstanden op grondwaterafhankelijke natuur. Een dalende neerslag verhoogde evapotranspiratie kunnen ook aanleiding geven tot dalende bodemvochtgehaltes die een impact kunnen hebben op kwetsbare ecotopen.

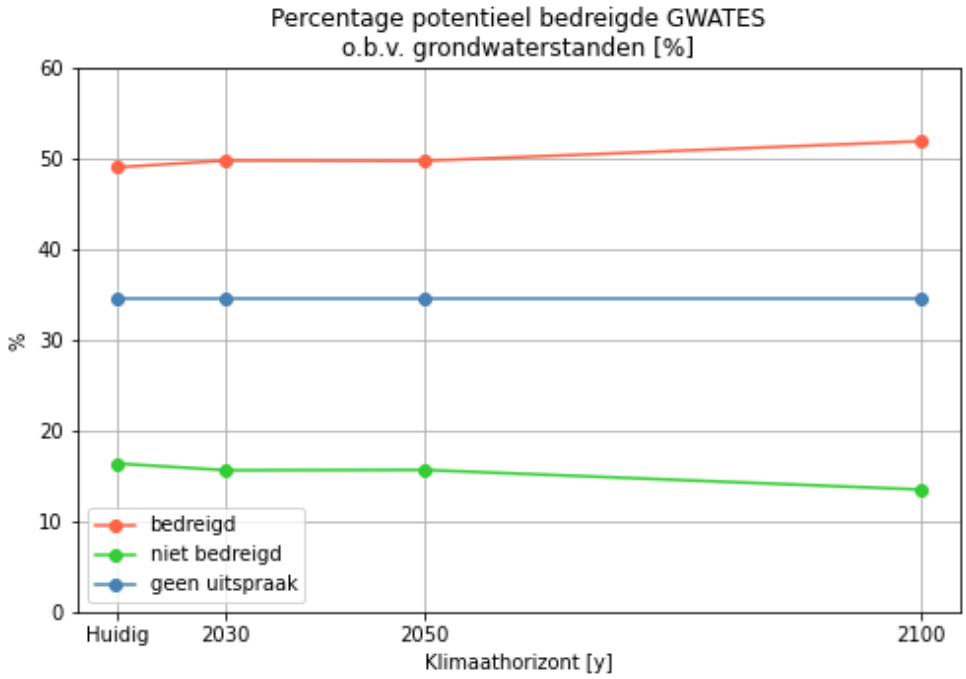


Figuur 2-7: Schematisch overzicht van de mogelijke verhouding van de standplaatseisen tot de GHG of GLG op een bepaalde locatie (INBO, 2019).

2.3.3 Resultaten

Figuur 2-8 geeft de evolutie van het percentage van de potentieel bedreigde oppervlakte grondwaterafhankelijke natuur ten gevolge van de grondwaterstanden. In het huidige klimaat is 49% van de oppervlakte grondwaterafhankelijke natuur reeds bedreigd. Door toedoen van klimaatverandering stijgt dit aantal relatief beperkt verder naar 52% in 2100. Merk op dat we een volledige polygoon als bedreigd classificeren indien één van de habitattypes binnen deze polygoon bedreigd is. Daarnaast werken we voor 'het huidige klimaat' met de gedetrended tijdreeksen van neerslag en evapotranspiratie. De gedetrended tijdreeksen zijn de meest representatieve tijdreeksen voor het huidig klimaat die beschikbaar zijn. Hierbij worden de langjarige (sinds 1898) tijdreeksen aangepast aan de klimatologische toestand aan de periode 1988-2017. In klimatologisch onderzoek wordt de laatste 30 jaar beschouwd als representatief voor het "huidig klimaat". Deze langjarige tijdreeks werd opgemaakt in een studie i.o.v. de Vlaamse Milieumaatschappij (Ntegeka et al., 2018). De gedetrended langjarige tijdreeks bevat bijgevolg ook extreme perioden van neerslag en droogte (zoals bijvoorbeeld het jaar 1976). De laatste jaren is er bijvoorbeeld een toename merkbaar van de evapotranspiratie o.b.v. de toename van de temperatuur. In de gedetrended tijdreeksen worden de historische data daarom aangepast, rekening houdend met deze toename van de evapotranspiratie, zodat ze representatief zijn voor het huidig klimaat (Ntegeka et al., 2018). Deze tijdreeks wordt ook in overige beleidsstudies m.b.t. overstromingen en droogte gebruikt.

In het huidig klimaat is volgens deze analyse slechts 16% van de oppervlakte niet bedreigd en dit aantal daalt verder naar 13% in 2100. Over een kleine 35% van de oppervlakte kunnen we geen uitspraak doen omdat de standplaatseisen ontbreken.



Figuur 2-8: Evolutie van het percentage potentieel bedreigde oppervlakte grondwaterafhankelijke natuur o.b.v. grondwaterstanden

2.4 Potentiële impact op freatische winningen

2.4.1 Aanpak op hoofdlijnen

Om de potentiële impact van de wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering op de bedrijfszekerheid van grondwaterwinningen in de freatische aquifer in te schatten wordt vertrokken van de gebiedsdekkende kaarten die de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) weergeven voor zowel het huidige klimaat als o.b.v. klimaatverandering. Deze worden gekruist met het overzicht van de actieve freatische grondwaterwinvergunningen om zo de kwetsbaarheden te identificeren op basis van de verhouding tussen de daling van de GLG en de afstand van de GLG tot de diepte van de winning.

2.4.2 Methodologie

Voor de freatische winningen wordt eerst de "kriticiteit" van de freatische winning bepaald. De kriticiteit bepaalt hoe sterk de GLG zal dalen ten opzichte van het huidige verschil tussen de GLG en de diepte van de grondwaterwinning. Figuur 2-9 geeft een illustratie van het concept van de kriticiteit van freatische winningen ten opzicht van klimaatverandering. Bij een hoge kriticiteit is de daling van de GLG ten gevolge van klimaatverandering proportioneel groot, wat voor een verhoogde kwetsbaarheid van de grondwaterwinning kan zorgen. Een daling van 25cm is bijvoorbeeld kritischer voor de continuïteit van de freatische winning indien het verschil tussen de GLG en de diepte van de winning momenteel slechts 1m is dan wanneer de winning 25m onder de huidige GLG gelegen is. Voor de bepaling van de kriticiteit van de freatische winning wordt vetrokken van de kaart met de actieve grondwatervergunningen. Deze bevat informatie omtrent de diepte van de winning onder de vorm van een diepteklasse. Deze categorische variabele wordt omgezet naar een numerieke variabele volgens de vertaaltabel weergegeven in

Tabel 2-3.

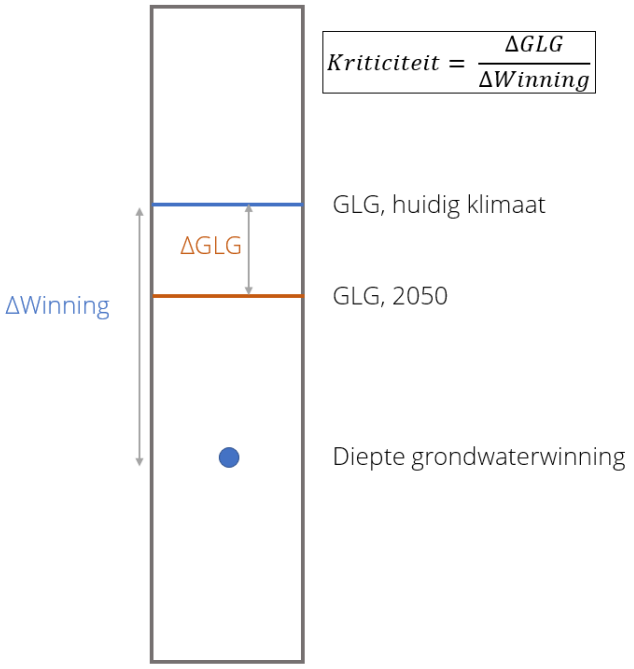
Op basis van de waarde van de kriticiteit worden de freatische winningen vervolgens opgedeeld in discrete klassen. Freatische winningen met een kriticiteit lager dan 10% worden geclassificeerd als weinig kwetsbaar. De daling van de GLG is relatief klein ten opzichte van de afstand tussen de GLG en de diepte van de winning. Freatische winningen met een kriticiteit hoger dan 10% worden geclassificeerd als matig kwetsbaar. Voor deze winningen is de daling van de GLG minimaal 10% van de afstand tussen de diepte van de winning en de huidige GLG. De GLG is een gemiddelde over meerdere jaren waardoor voor deze winningen de bedrijfszekerheid tijdens drogere periodes in het gedrang kan komen. Freatische winningen met een kriticiteit hoger dan 90% worden geclassificeerd als kwetsbaar. Voor deze winningen is de daling van de GLG zeer sterk ten opzichte van de afstand tussen de GLG en de diepte van de winning.

Merk op dat de concepten van de kriticiteit en kwetsbaarheid zoals hier gedefinieerd geen onderscheid maken naar het vergunde debiet van de winning, noch rekening houdt met eigenschappen van de bodem. Het debiet en de (hydraulische) bodemeigenschappen zullen in belangrijke mate de lokale verlaging van de grondwaterstanden bepalen op basis waarvan per winning een meer gedetailleerde uitspraak mogelijk is. Het doel van deze oefening is echter voornamelijk het identificeren van de regio's met de belangrijkste kwetsbaarheden eerder dan een gedetailleerde analyse per winning. De kwetsbaarheid moet dus geïnterpreteerd worden als een kwetsbaarheid enkel en alleen op basis van de diepte van de freatische winningen, en doet bovendien geen uitspraak over de kwetsbaarheid van de watervoerende laag waaruit onttrokken wordt. Omwille van bovenstaande beperkingen wordt ook aanbevolen om de kwetsbaarheid niet op het niveau van de individuele winning te evalueren. De methodologie laat echter wel toe om op grotere schaal (bv.

het niveau van een gemeente of statistische sector) een ruimtelijk beeld te schetsen van de potentiële impact op freatische winningen.

Tabel 2-3: Vertaaltabel diepteklasse naar numerieke diepte voor analyse kriticiteit van de freatische winningen

Diepteklasse	Overeenkomstige Diepte [m]
0 - 3	3
3 - 5	4
5 - 7.5	6.25
7.5 - 10	8.75
10 - 15	12.5
15 - 20	17.5
meer dan 20 m	25

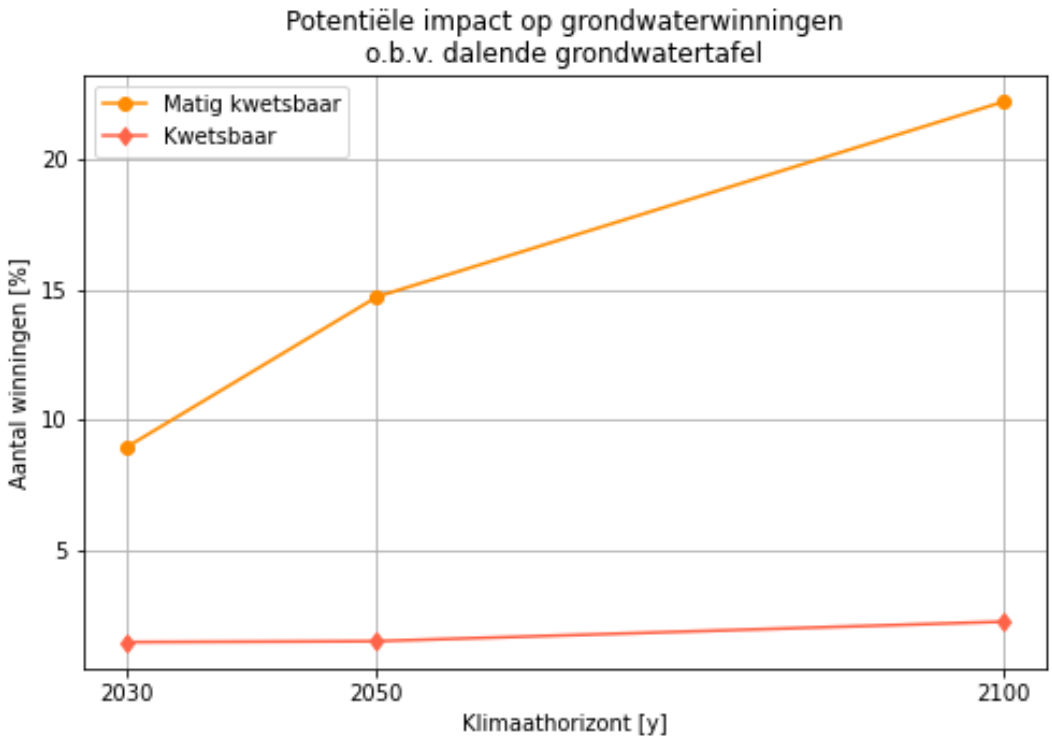


Figuur 2-9: Illustratie van het concept van de kriticiteit van freatische winningen ten opzicht van klimaatverandering

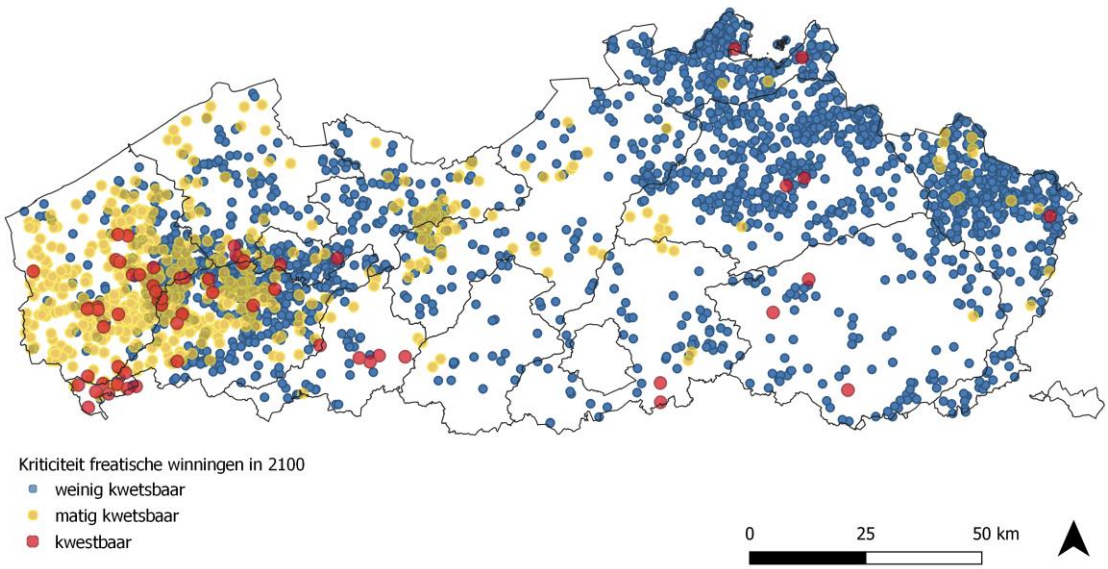
2.4.3 Resultaten

Figuur 2-10 toont de evolutie van het percentage matig kwetsbare en kwetsbare freatische winningen ten gevolge van de wijzigende grondwaterstanden o.b.v. klimaatverandering. Van de huidige grondwaterwinningen wordt 10 % bedreigd tegen 2030: 9% blijkt daartegen matig kwetsbaar, en 1 % zelfs (heel) kwetsbaar. Naar 2100 toe neemt het aandeel toe naar 24 % (waarvan 22% matig kwetsbaar en 2% (heel) kwetsbaar).

Figuur 2-11 toont een geografisch overzicht van de kriticiteit van de freatische winningen in 2100. De meest kwetsbare freatische winningen zijn duidelijk gesitueerd in het IJzer- en het Leiebekken waar in de relatief dunne freatische aquifer met ondiepe grondwaterstanden sneller kritische dalingen zullen optreden.



Figuur 2-10: Evolutie van het percentage matig kwetsbare en kwetsbare freatische winningen o.b.v. grondwaterstanden



Figuur 2-11: Kriticiteit freatische winningen in 2050

3 Algemene conclusie

Het voorliggende rapport beschrijft de impact van de wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering op kwetsbare receptoren.

Door klimaatverandering zal de neerslag in de wintermaanden toenemen, wat resulteert in een lichte stijging van de gemiddelde hoogste grondwaterstanden voor de gemiddelde filter. De gemiddelde laagste grondwaterstanden nemen echter steker af door een combinatie van de lagere neerslaghoeveelheden in de zomermaanden en de verhoogde evapotranspiratie. Dit beeld van de gemiddelde filter is echter niet geldig voor iedere locatie. Globaal genomen zijn locaties met een dunne watervoerende laag, ondiepe grondwaterstanden en een beperkte laterale aanvoer gevoeliger voor verdroging door toedoen van klimaatverandering. Daar staat tegenover dat locaties met een dikke watervoerende laag en diepe gemiddelde grondwaterstanden net een vernatting kennen en een afname van het aantal droge dagen. Omwille van het hoge bufferend vermogen van de aquifer en de dikke onverzadigde zone zal de stijging van de neerslag in de wintermaanden bij deze laatste immers zorgen voor hogere grondwaterstanden (Franken et al., 2022).

De wijzigende grondwaterstanden hebben een potentiële impact op de gewasopbrengst op iets minder dan 10% van het landbouwareaal in 2030. Dit aantal stijgt naar ongeveer 30% tegen 2100. Deze potentiële impact is relatief gezien het grootst op het areaal aardappelen, groenten, kruiden en sierplanten, voedergewassen en grasland dewelke allen een relatief beperkte worteldiepte hebben.

De stijging van de oppervlakte potentieel bedreigde grondwaterafhankelijke natuur onder invloed van klimaatverandering is relatief beperkt. Dit is vooral te wijten aan het feit dat onder het huidige klimaat reeds veel habitattypes bedreigd zijn. De gemodelleerde GHG en GLG waarden liggen reeds buiten de standplaatseisen voor veel grondwatergevoelige habitattypes. Voor de gemiddelde locatie in Vlaanderen zal de GLG door toedoen van klimaatverandering nog verder zakken waardoor de situatie ook voor de reeds bedreigde grondwaterafhankelijke natuur nog verder kan verslechteren.

Voor de freatische winningen zal het aantal matig kwetsbare tot kwetsbare winningen toenemen van 10% in 2030 tot 24% in 2100. Voor deze winningen komt bedrijfszekerheid mogelijks in het gedrang door toedoen van de dalende grondwaterstanden. De grootste groepering van kwetsbare winningen zijn gesitueerd in het IJzer- en het Leiebekken waar in de relatief dunne freatische aquifer met ondiepe grondwaterstanden sneller kritische dalingen zullen optreden.

De impactindicatoren die in deze opdracht berekend zijn geven op basis van de beschikbare gegevens anno 2022 een eerste inschatting van de potentiële impact van de wijzigende grondwaterstanden door klimaatverandering op kwetsbare receptoren voor gans Vlaanderen. Zowel de schaal van de oefening als de beschikbaarheid van de gegevens leiden echter tot aannames en beperkingen die belangrijk zijn bij het gebruik en de interpretatie van de data.

4 Referenties

Departement Landbouw en Visserij, 2021. Landbouwgebruikspercelen LV, 2020. Dataset identificator: 6896b1b3-f793-421f-ac2a-29dc405b0e12

Franken, T., Wolfs, V. 2022. Effecten van klimaatverandering op de freatische grondwaterstanden - Syntheserapport. Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij., 86 p.

Han, Daorui. 2018. "FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56." Global Change Biology.

INBO 2019, Evaluatie van de toestand van grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen (GWATEs): update 2019

Ntegeka, V., Wolfs, V., Willems, P. 2018. Aanpassen historische Ukkelreeksen aan huidig klimaat. Opdracht uitgevoerd door Sumaqua i.o.v. VMM. 42p.

Raes, Dirk, Pasquale Steduto, Theodore C. Hsiao, and Elias Fereres. 2018. "Reference Manual : AquaCrop Version 6.0 - 6.1." Fao.

VMM. 2015. MIRA Klimaatrapport 2015. Over Waargenomen En Toekomstige Klimaatveranderingen.

Bijlage A: GxG referentiewaarden

Tabel gebaseerd op INBO (2019).

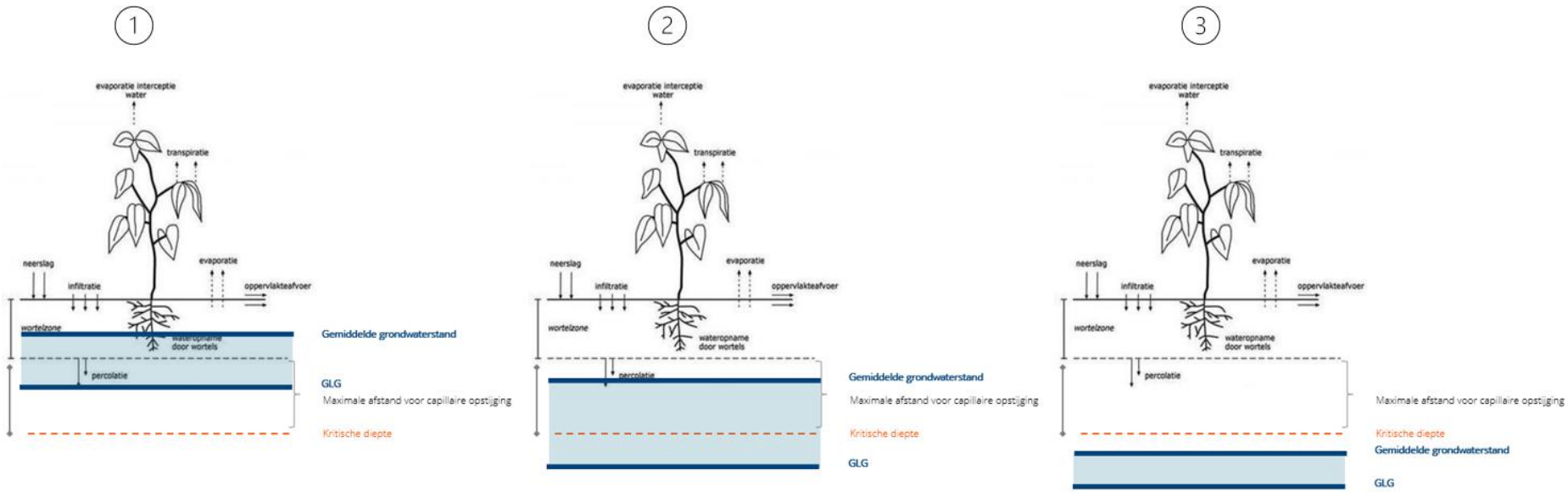
Habitattype	Bodemtype	GHGmin	GHGmax	GLGmin	GLGmax
1330_hpr	B	-999	999	-999	999
1330_hpr	KV	-999	999	-999	999
1330_hpr	NG	-999	999	-999	999
2130_had	D	-999	999	-999	-0.6
2130_had	Z1	-1.72	-0.51	-1.96	-1.14
2130_hd	D	-999	999	-999	-0.6
2130_hd	K1	-999	999	-999	-0.6
2130_hd	Z1	-999	999	-999	-0.6
2160	D	-999	999	-999	-1.25
2160	Z1	-999	999	-999	-1.25
2170	D	-999	999	-1.7	999
2180	D	-999	999	-999	-1.25
2180	Z1	-999	999	-999	-1.25
2190	D	-999	999	-1.65	999
2190	Z1	-999	999	-1.65	999
2190_mp	D	-999	999	-1.65	999
2190_mp	Z1	-999	999	-1.65	999
3130_aom	K1	-999	999	-999	999
3130_aom	L1	-999	999	-999	999
3130_aom	LV	-999	999	-999	999
3130_aom	Z1	-999	999	-999	999
3130_aom	ZV	-999	999	-999	999
3140	KV	-999	999	-999	999
3160	B	-999	999	-999	999
3160	D	-999	999	-999	999
3160	Z1	-999	999	-999	999
3160	ZV	-999	999	-999	999
4010	B	-999	999	-0.8	0
4010	D	-999	999	-0.8	0
4010	NG	-999	999	-0.8	0
4010	V	-999	999	-0.8	0
4010	ZV	-999	999	-0.8	0
4010	K	-999	999	-0.8	0
4010	Z1	-0.47	0.2	-1.66	-0.01
4010	Z2	-0.46	0.03	-1.17	-0.36
6410	V	-999	999	-0.8	-0.4

6230	V	-999	999	-0.8	-0.4
6410	Z1	-999	999	-0.8	-0.4
6230	Z1	-999	999	-0.8	-0.4
6410	Z2	-999	999	-0.8	-0.4
6230	Z2	-999	999	-0.8	-0.4
6230_hmo	B	-999	999	-1.5	-0.6
6230_hmo	D	-999	999	-1.5	-0.6
6230_hmo	K1	-999	999	-1.5	-0.6
6230_hmo	Z1	-999	999	-1.5	-0.6
6230_hmo	ZV	-999	999	-1.5	-0.6
6410_mo	KV	-0.16	0.04	-0.42	-0.13
6410_mo	L1	-999	999	-0.8	-0.4
6410_mo	NG	-999	999	-0.8	-0.4
6410_mo	V	-0.16	0.07	-0.42	0.01
6410_ve	V	-0.16	0.07	-0.42	0.01
6410_ve	KV	-0.16	0.04	-0.42	-0.13
6410_ve	Z1	-0.76	0	-1.17	-0.16
rbbhf	K1	-0.45	0.31	-1.72	-0.42
6430	K1	-0.45	0.31	-1.72	-0.42
rbbhf	L1	-0.8	0.31	-1.7	-0.21
6430	L1	-0.8	0.31	-1.7	-0.21
rbbhf	V	-0.36	0.35	-0.87	0.2
6430	V	-0.36	0.35	-0.87	0.2
rbbhf	ZV	-0.46	0.35	-1.09	0.2
6430	ZV	-0.46	0.35	-1.09	0.2
rbbhf	L1	-0.8	0.31	-1.7	-0.21
6430	L1	-0.8	0.31	-1.7	-0.21
6430_hf	B	-999	999	-0.8	-0.4
6430_hf	K1	-0.45	0.31	-1.72	-0.42
6430_hf	LV	-0.8	0.31	-1.7	-0.21
6430_hf	V	-0.36	0.35	-0.87	0.2
6510_hus	K1	-0.85	-0.25	-2.5	-0.5
6510_hus	L1	-1.05	-0.25	-2.5	-0.5
7110	B	-999	999	-0.1	0
7140	V	-999	999	-0.2	0
rbbms	V	-999	999	-0.2	0
7140	V	-999	999	-0.2	0
rbbms	Z1	-999	999	-0.2	0
7140	Z1	-999	999	-0.2	0
7140_base	NG	-999	999	-0.2	0
7140_cl	LV	-999	999	-0.2	0
7140_meso	KV	-999	999	-0.2	0
7140_meso	L1	-999	999	-0.2	0

7140_meso	LV	-999	999	-0.2	0
7140_meso	V	-0.07	0.22	-0.57	-0.04
7140_meso	Z1	-0.04	0.22	-0.7	-0.02
7140_meso	ZV	-0.25	0.22	-0.95	-0.05
7140_mrd	B	-999	999	-0.2	0
7140_oli	B	-999	999	-0.2	0
7140_oli	V	-0.2	0.06	-0.74	-0.13
7140_oli	Z1	-0.2	-0.01	-0.74	-0.29
7140_oli	ZV	-0.2	0.06	-0.74	-0.13
7150	Z1	0	0.44	-0.66	0.12
7210	Z1	-0.33	0.03	-0.74	-0.08
7230	NG	-999	999	-0.2	0
7230	Z1	-0.33	0.03	-0.74	-0.08
gh	LV	-0.33	0.03	-0.74	-0.08
7230	LV	-0.33	0.03	-0.74	-0.08
7230	LV	-0.33	0.03	-0.74	-0.08
9130_end	L1	-999	999	-999	-0.8
9130_end	V	-999	999	-999	-0.8
9160	D	-999	999	-999	-0.8
9160	L1	-0.66	-0.05	-2.14	-0.17
9160	LV	-999	999	-999	-0.8
9160	Z1	-999	999	-999	-0.8
9160	K1	-999	999	-999	-0.8
9190	K1	-999	999	-999	-0.8
9190	B	-999	999	-999	-0.8
9190	Z1	-1.79	-0.21	-2.72	-0.38
9190	Z2	-1.79	-0.12	-2.72	-0.38
gh	Z1	-1.79	-0.12	-2.72	-0.38
9190	Z1	-1.79	-0.12	-2.72	-0.38
9160	NG	-999	999	-999	999
91E0	NG	-999	999	-999	999
91E0_va	D	-999	999	-0.8	-0.2
91E0_va	K1	-0.42	-0.01	-0.89	-0.14
91E0_va	L1	-0.42	-0.01	-0.89	-0.14
91E0_va	LV	-0.43	0.13	-0.79	-0.06
91E0_va	V	-999	999	-0.8	-0.2
91E0_vc	L1	-999	999	-0.2	0
91E0_vc	Z1	-999	999	-0.2	0
91E0_vm	B	-999	999	-0.2	0
91E0_vm	K1	-999	999	-0.2	0
91E0_vm	L1	-0.46	0.06	-1.1	-0.29
91E0_vm	LV	-0.46	0.06	-1.1	-0.29
91E0_vm	NG	-999	999	-0.2	0

91E0_vm	V	-0.18	0.24	-0.32	0.15
91E0_vm	Z1	-0.46	0.06	-0.97	-0.14
91E0_vm	Z2	-0.46	0.06	-0.97	-0.14
91E0_vm	ZV	-0.46	0.06	-0.97	-0.14
91E0_vn	B	-999	999	-0.8	0
91E0_vn	K1	-0.3	0.19	-0.82	-0.04
91E0_vn	KV	-0.22	0.23	-0.62	-0.13
91E0_vn	L1	-0.89	0.47	-1.24	0.08
91E0_vn	LV	-0.22	0.23	-0.62	-0.13
91E0_vn	Z1	-999	999	-0.8	0
91E0_vn	ZV	-0.22	0.23	-0.62	-0.13
91E0_vo	B	-999	999	-0.2	0
91E0_vo	K1	-999	999	-0.2	0
91E0_vo	V	-0.23	0.18	-0.36	-0.05
91E0_vo	Z1	-999	999	-0.2	0
91E0_vo	ZV	-0.36	0.01	-0.77	-0.2
6430,rbbhf	K1	-0.45	0.31	-1.72	-0.42
6430,rbbhf	L1	-0.8	0.31	-1.7	-0.21
6430,rbbhf	V	-0.36	0.35	-0.87	0.2
6430,rbbhf	ZV	-0.46	0.35	-1.09	0.2

Bijlage B: Schematische weergave impact gewasopbrengst



SUMAQUA
Tiensesteenweg 28
3001 Leuven, BELGIUM
dr. ir. Vincent Wolfs
Tel.: +32 474 422 003
Mail: vincent.wolfs@sumaqua.be
www.sumaqua.be