

# **De effecten van permanente grondwater- onttrekkingen door waterleidingbedrijven voor de landbouw in Nederland**

**Een verkennende studie uitgevoerd met het LHM en de HELP-methodiek,  
in opdracht van Droogteschade Nederland BV**

**december 2019**

**Definitieve versie**

**Jan van Bakel (De Bakelse Stroom)  
Jacco Hoogewoud (Advies in Water)**



## Inhoudsopgave

0 Managementsamenvatting.....	5
1 De onderzoeksvraag.....	7
1.1 Aanleiding .....	7
1.2 De onderzoeksvraag.....	9
1.3 Op te leveren product.....	9
2 Onderzoeksmethode .....	11
3 Berekeningen .....	13
3.1 Beginvoorwaarden.....	13
3.2 Meteogegevens (bovenrandvoorwaarden).....	13
3.3 Zij- en onderrandvoorwaarden.....	14
3.4 Landgebruik.....	15
3.5 Beschrijving van referentiesituatie en scenario 1 .....	15
4 Rekenresultaten LHM .....	17
4.1 Inleiding.....	17
4.2 Grondwaterstanden.....	17
4.3 Gewasverdamping .....	19
4.4 Invloedsgebied en areaal diffuus.....	21
4.5 Berekening .....	21
5 Beoordeling plausibiliteit resultaten LHM .....	23
5.1 Is de waterbalans sluitend? .....	23
5.2 Zijn de door LHM berekende veranderingen in stijghoogtes en grondwaterstanden plausibel? .....	24
5.3. Zijn de door LHM berekende veranderingen in gewasverdamping en berekening plausibel? .....	25
5.4 Eindoordeel plausibiliteit .....	26
6 Landbouwschade berekend met de HELP-methode .....	27
6.1 Verandering in droogte- en natschade.....	27
6.2 De fractie diffuus.....	28
6.3 Correcties voor niet-landbouwkundig gebruik en klimaat .....	29
6.4 De verrekening van de natschade .....	29
6.5 Vertaling naar euro's.....	30

6.6 HELP-resultaten omgezet naar verandering in verdamping.....	31
7 Conclusies/beoordeling .....	33
7.1 Conclusies .....	33
7.2 Beoordeling.....	33
Bijlage 1: Onderbouwing van de methodiek .....	34
Bijlage 2: Beschrijving LHM .....	37
Bijlage 3: Beschrijving HELP-methodiek .....	39
Bijlage 4: CDG-normbedragen .....	41

## 0 Managementsamenvatting

### 1. Achtergrond, relatie tussen grondwater en gewasopbrengsten

De opbrengst van landbouwgewassen wordt mede bepaald door de waterhuishoudkundige omstandigheden van het perceel waarop het gewas staat. In Nederland ligt de grondwaterstand vaak op minder dan 2 meter onder maaiveld. In de agrohydrologie is het daarom gebruikelijk de opbrengsten te relateren aan het verloop van de grondwaterstand. Een te hoge grondwaterstand geeft natschade, een te lage grondwaterstand geeft droogteschade. Door allerlei maatregelen zoals de aanleg van drainage streeft de boer ernaar de natschade te minimaliseren. Voorkomen van droogteschade is ook mogelijk, door bijvoorbeeld het peil in de sloten in de zomer te verhogen. In gebieden als de Veluwe en Zuid-Limburg, waar de grondwaterstand ver onder maaiveld ligt, is sprake van zogenaamde hangwaterprofielen. In deze gebieden heeft de grondwaterstand geen directe invloed meer op de gewasgroei. Veranderingen in de grondwaterstand hebben geen direct effect op de droogteschade. Op hoger gelegen percelen in het vrij afwaterende deel van Nederland is zonder berekening droogteschade niet te voorkomen.

### 2. Effect van een grondwateronttrekking op de grondwaterstand

Jaarlijks wordt er in Nederland door de waterleidingbedrijven en industrie gemiddeld 750 resp. 300 miljoen kubieke meter aan het grondwater onttrokken. Door onttrekking van grondwater daalt de grondwaterstand in de omgeving van de onttrekkingspunten. Een lagere grondwaterstand kan droogteschade veroorzaken. In Nederland keren waterleidingbedrijven ter compensatie van droogteschade, naar schatting, ca. 3 miljoen euro per jaar uit aan benadeelde boeren.

### 3. Berekening grondwaterstands­daling

In Nederland is een Landelijk Hydrologisch Model (LHM) gemaakt door verschillende kennisinstituten. Dit model bevat het hele hydrologische systeem van Nederland en is ook geschikt om landsdekkend grondwaterstanden mee uit te rekenen. De modelresultaten zijn niet geschikt voor lokale toepassingen, maar wel om op landelijke schaal uitspraken te doen. Met dit model is berekend hoeveel de (gemiddelde) grondwaterstand daalt als gevolg van de drinkwaterwinningen. Hiervoor zijn 2 modelscenario's voor de periode 1998-2006 met elkaar vergeleken. Eén referentiescenario *met* de huidige grondwateronttrekkingen en één scenario *zonder* grondwateronttrekkingen ten behoeve van drinkwater. In Figuur 1 is de aldus berekende verlaging van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand weergegeven.

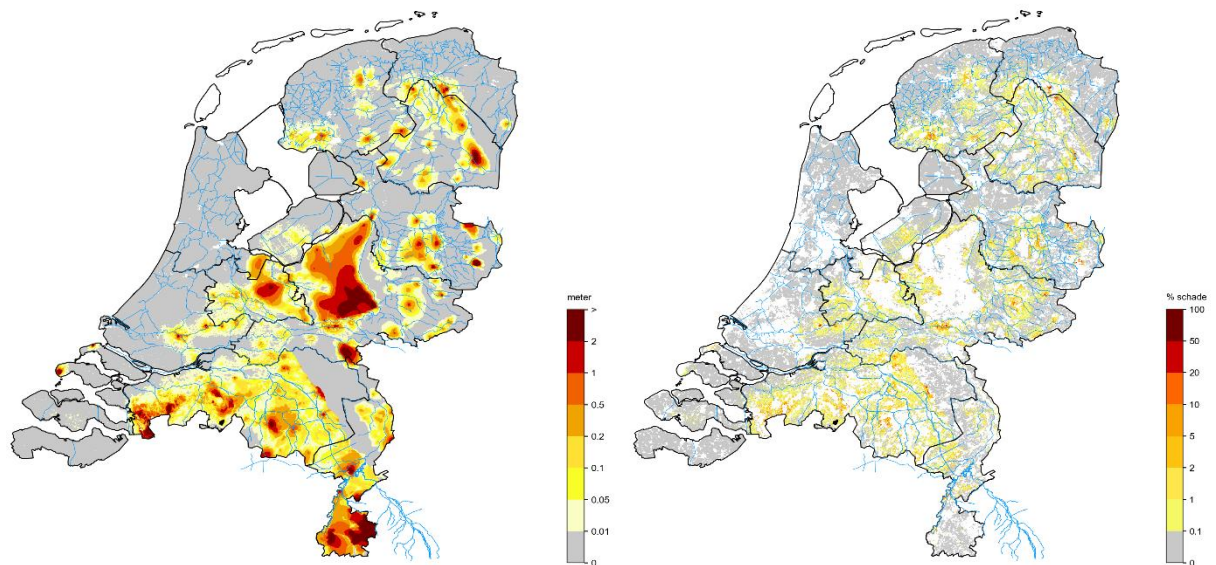
### 4. Berekende landbouwschade als gevolg van winningen

Op landbouwpercelen waar de grondwaterstand daalt heeft dit extra droogteschade (ten opzichte van de situatie zonder onttrekkingen) tot gevolg. Maar de natschade kan door de grondwaterwinningen afnemen. Over het algemeen geldt: hoe groter de daling van de grondwaterstand hoe groter de toename van de droogteschade en hoe groter de afname van de natschade.

Met behulp van tabellen die zijn opgenomen in de zogenoemde HELP-methodiek is op landelijke schaal te bepalen hoeveel de nat- en droogteschade van een landbouwperceel verandert. Deze berekening gebeurt op basis van de resultaten van de twee eerder beschreven modelscenario's. Deze werkwijze is de gangbare praktijk bij landelijke studies.

Met de berekende grondwaterstands­daling, de bodemkaart, de landgebruikskaart en de HELP-tabellen is de droogte- en natschade bepaald voor de geschematiseerde modelplots met landbouw. Ter

illustratie is in figuur 2 is de berekende droogteschade voor landbouwgebieden weergegeven. De schade is uitgedrukt als percentage van de totale gewasopbrengst voor gebieden die in het model geschematiseerd zijn als landbouw. Als de grondwaterstand ver onder maaiveld ligt, zoals op de Veluwe en in Zuid Limburg, heeft de berekende grondwaterstandsverlaging uiteindelijk geen effect op de gewasopbrengst. (zie ook paragraaf 1). De nat- en droogteschade zijn met elkaar verdisconteerd volgens de gangbare methode. In totaal is de landbouwschade (incl. verrekening natschade) berekend op meer dan 15 miljoen euro per jaar.



*Figuur 1: Berekende verlaging van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (meter), als gevolg van de grondwaterwinningen door waterleidingbedrijven.*

*Figuur 2: Berekende droogteschade (percentage van totale gewasopbrengst) voor landbouw als gevolg van verlaagde grondwaterstanden door grondwaterwinningen.*

## 5. Conclusie

Met het Landelijk Hydrologisch Model is berekend hoeveel de grondwaterstand in delen van Nederland verlaagd wordt door grondwaterwinningen door waterleidingbedrijven. Door toepassing van de HELP-methodiek is vervolgens berekend dat de schade in heel Nederland meer dan 15 miljoen euro per jaar bedraagt. De berekende schade komt goed overeen met eerdere schattingen op basis van eenvoudigere aannames. Alhoewel het hier gaat om berekeningen met een landelijk model is het verschil in berekende schade en uitgekeerde schade aanzienlijk. We bevelen dan ook aan om nader onderzoek te doen naar de oorzaak van dit verschil.

# 1 De onderzoeksvraag

## 1.1 Aanleiding

Onttrekkingen van grondwater resulteren in verlaging van de stijghoogten van het pakket waaruit het water wordt onttrokken, maar ook in verlagingen van het freatisch pakket (het bovenste grondwater waarin de stijghoogte alleen afhangt van de hoogte van de waterkolom). De stijghoogte in het freatisch pakket wordt aangeduid als grondwaterstand.

De verlaging van de grondwaterstand kan resulteren in verlaging van de afvoer naar het oppervlaktewater en/of in vermindering van de verdamping. Omdat de waterbalans moet sluiten is de onttrokken hoeveelheid grondwater gelijk aan de vermindering van de afvoer en de vermindering van de verdamping, afgezien van tijdelijke afwijkingen als gevolg van bergingsveranderingen<sup>1</sup> in het grondwatersysteem. De vermindering van de verdamping van landbouwgewassen leidt tot opbrengstvermindering en dus tot schade die in principe vergoed moet worden. In Nederland is dat wettelijk geregeld in de Waterwet en de door de provincies ingestelde AdviesCommissie Schade Grondwater (ACSG) kan hiernaar een onderzoek (laten) instellen.

Voor een aantal winningslocaties zijn schaderegelingen opgesteld. Echter, door allerlei ontwikkelingen kan gesteld worden dat deze regelingen actualisatie behoeven. In dit verband zijn te noemen:

- het beschikbaar komen van betere data (lagenopbouw en bijbehorende geohydrologische eigenschappen) van de ondergrond (REGIS II; zie *DINOloket*);
- de snelle ontwikkelingen in hard- en software;
- de reeds opgetreden en nog te verwachten klimaatverandering;
- de manier waarin wordt omgegaan met de zogenoemde achtergrondverlaging. Achtergrondverlaging is het niet-verklaarbare deel van de verlaging van de grondwaterstand die in de afgelopen decennia is opgetreden. Als die bij een winningslocatie niet goed bekend is ontstaan er onzekerheden over welk deel van de verlaging kan worden toegerekend aan de grondwateronttrekking. De manier waarop de achtergrondverlaging door Maas als correctie werd toegepast bij de winning Terwisscha<sup>2</sup> is discutabel en was voor Van den Akker aanleiding voor het ontwikkelen van een analytische methode. Zie hiervoor diverse artikelen in *Stromingen*<sup>3,4,5,6</sup>
- ook kan het zijn dat een deel van de achtergrondverlaging wordt veroorzaakt door grondwaterwinningen in de omgeving, als verlagingengebieden elkaar overlappen. In dit geval is de oorzaak van achtergrondverlaging dus het gevolg van 'onvolkomen modellering' die modelmatig kan worden opgeheven. Voor meer informatie zie rapport van de NHV-werkgroep Achtergrondverlaging<sup>7</sup>.

---

<sup>1</sup> Verandering van de grondwatervoorraad in de tijd.

<sup>2</sup> Maas, K., 2012. Valkuilen in de tijdreeksanalyse: Het geval Terwisscha. *Stromingen* 18 (2012), nr 2.

<sup>3</sup> Van den Akker, C., 2013. Tussen Dupuit en De Glee, het ontstaan van toegevoegde stijghoogteverlaging. *Stromingen* 2013 (2).

<sup>4</sup> Van den Akker, C., 2014. Een fysische onderbouwing van de overdrachtsfactor. *Stromingen* 2014 (1).

<sup>5</sup> Van den Akker, C., 2014. Tussen Theis en Hantush. *Stromingen* 2014 (2).

<sup>6</sup> Van den Akker, C., 2015. Is de balans zoek? *Stromingen* 2015 (2).

<sup>7</sup> Werkgroep Achtergrondverlaging, 2017. Zicht op achtergrondverlaging. NHV.

Impliciet of expliciet waren bovengenoemde punten voor Brabant Water en Vitens aanleiding aan KWR, De Bakelse Stroom en DHV opdracht te verstrekken een visie-rapport op te stellen<sup>8</sup>. In deze visie wordt gepleit voor een GGOR-aanpak, dat wil zeggen dat de waterhuishoudkundige inrichting en het beheer van een gebied zodanig is dat de maatschappelijke baten en kosten van waterhuishoudkundige maatregelen tegen elkaar opwegen. Toegepast op winningslocaties met alleen landbouw (niet realistisch): de situatie zonder winning is optimaal ingericht voor de landbouw (de Actueel Grond- en OppervlaktewaterRegime (AGOR) is dan gelijk aan de Gewenst Grond- en OppervlaktewaterRegime (GGOR)). Vervolgens wordt de situatie met winning geoptimaliseerd door met de modernste middelen te berekenen wat het effect is van de winning op de landbouwkundige opbrengsten (in geld uitgedrukte verandering van de inkomsten van landbouwbedrijven binnen de invloedzone van de winning (hierna te noemen landbouwkundige schade) en worden eventueel mitigerende maatregelen genomen (of achterwege gelaten) waarvan de effecten op de landbouw worden doorgerekend zodat kan worden bepaald of die rendabel zijn. De daaraan toe te kennen kosten worden opgeteld bij dan nog resterende schade (in geld uitgedrukte vermindering van de opbrengsten van landbouwbedrijven). Het saldo is de uit te keren schadevergoeding aan de landbouw. Dit is de GGOR-situatie met winning.

Het uitbrengen van het hiervoor aangehaalde visie-rapport in 2012 was voor LTO-Nederland aanleiding een covernotitie op te stellen waarin wordt gepleit voor toepassing van de GGOR-systematiek. Ook heeft LTO door Van den Akker een rapport laten opstellen<sup>9</sup> waarin wordt gepleit voor toepassing van een analytische methode om globaal de invloed van winningen op de grondwaterstand te bepalen. Dit rapport is aangeboden aan VEWIN en KWR. Vooralsnog heeft een en ander niet geleid tot concrete acties om te komen tot actualisering van de schaderegelingen.

Het visie-rapport was voor één van de auteurs aanleiding voor het schrijven van een artikel in Stroomingen<sup>10</sup>. In dit artikel wordt beredeneerd dat maximaal ca. 10% van de daarin aangenomen grondwateronttrekking door waterleidingbedrijven met een omvang van 800 miljoen m<sup>3</sup>, zijnde 80 miljoen m<sup>3</sup>, afkomstig is van vermindering van de verdamping. Er van uitgaande dat 60% van het totale landareaal wordt ingenomen door de landbouw zou dat afgerond 50 miljoen m<sup>3</sup> per jaar zijn. De bruto productiewaarde van 1 m<sup>3</sup> gewasverdamping is voor grasland anno 2018 ca. 60 eurocent, derhalve een jaarlijkse reductie van de bruto-opbrengst van 30 miljoen euro. Na de nodige correcties en aannames is de minimumschatting tussen de 10 en 20 miljoen euro. Jaarlijks wordt door de waterleidingbedrijven gemiddeld veel minder uitgekeerd (in dit artikel was de schatting in de orde van € 1,6 miljoen per jaar); ruwweg een factor 10 minder.

Op de gevolgde methode in genoemd artikel is de nodige kritiek te leveren. Bijvoorbeeld dat er aannames moeten worden gedaan over de relatie tussen grondwaterstand en verdamping op basis van modellen voor de onverzadigde zone. Ook zijn de onderliggende berekeningen stationair en moeten aannames worden gedaan over de rol van de berging (de verandering van de grondwatervoorraad in de tijd). Maar dat leidt vooralsnog niet tot weerlegging van de conclusie dat er een gat zit tussen de

---

<sup>8</sup> Bartholomeus, R., J. van Bakel, R. Stroet, H. Schuurmans en G. van den Eertwegh, 2012. Visie op de vaststelling van landbouwschade door grondwaterwinning. KWR/De Bakelse Stroom/DHV.

<sup>9</sup> Van den Akker, C., 2016. Analyse van de stationaire grondwaterstroming naar permanente putten in vrij afwaterende gebieden. LTO-Nederland.

<sup>10</sup> Bakel, P.J.T. van, 2012. De voedings-voetafdruk van ons drinkwater. Een alternatieve beschouwing over effecten van permanente grondwateronttrekkingen op verdamping en afvoer. Stroomingen 18(1): 57-70.



door de waterwinningen veroorzaakte reductie van de verdamping van landbouwgewassen (en de daarmee verbonden fysieke en geldelijke opbrengstreductie) en de werkelijk uitgekeerde schade door grondwateronttrekkingen. Het is dus van belang een andere methode toe te passen die de geprobeerde methodische bezwaren niet heeft. In opdracht van Droogteschade Nederland B.V. zijn berekeningen met het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) uitgevoerd en geanalyseerd waarvan de resultaten in dit rapport zijn vastgelegd.

## 1.2 De onderzoeksvraag

Door allerlei ontwikkelingen is er aanleiding de vaststelling van landbouwschade door permanente grondwaterwinningen door waterleidingbedrijven en de industrie te heroverwegen. Ook zijn er aanwijzingen dat de omvang van de landbouwschade door grondwateronttrekkingen systematisch wordt onderschat (lees niet tot uitdrukking komt in een vergoeding). Echter *the sense of urgency* is niet bij alle betrokken partijen aanwezig omdat men zich niet bewust is van het probleem of omdat het ontbreekt aan een heldere analyse. Ook speelt wellicht een rol dat deze heroverweging kan leiden tot aanzienlijke onrust. Deze situatie is ongewenst. Er is daarom onderzoek nodig.

Dit onderzoek moet antwoord geven op de vraag wat voor geheel Nederland de effecten zijn van permanente grondwateronttrekkingen op de verandering van de fysieke en geldelijke opbrengsten in de landbouw.

In hydrologische zin vertaalt deze onderzoeksvraag zich naar 2 deelonderzoeken:

1. Hoe groot is de grondwaterstandsverlaging die wordt veroorzaakt door deze onttrekkingen.
2. Hoe vertaalt die verlaging zich naar de reductie van de gewasverdamping c.q. opbrengstreductie c.q. landbouwkundige schade.

## 1.3 Op te leveren product

De studie is in 2018 uitgevoerd en heeft de volgende producten opgeleverd. Een rapport met een analyse van het probleem, een beschrijving van de toepaste methode en de motivering daarbij, de rekenresultaten, de analyse van de resultaten en conclusies.



## 2 Onderzoeksmethode

Min of meer permanente onttrekkingen van grondwater resulteren in verlaging van de stijghoogtes<sup>11</sup> van het grondwater dat aanwezig is in het pakket waaruit het water wordt onttrokken, maar ook in verlagingen van de grondwaterstand van het freatisch pakket (het bovenste grondwater). Daardoor wordt de afvoer van grondwater naar het oppervlaktewater verlaagd, maar meestal ook de verdamping. Anders gezegd: het onttrokken grondwater wordt gevoed door afvoervermindering en verdampingsvermindering. In bijlage 1 wordt nader ingegaan op deze materie.

Een resultaat van de daarin gepresenteerde analyse is dat ca. 10% van de onttrokken hoeveelheid grondwater wordt gevoed uit vermindering van de verdamping. Dit geldt voor gebieden met landbouw of natuur omdat daarbij de verdamping afhangt van de grondwaterstand.

Bij de afleiding van het percentage van 10% zijn veel bedenkingen mogelijk maar voornamelijk is de hypothese: 10% van de permanente grondwateronttrekking door waterleidingbedrijven en industrie is afkomstig van reductie van verdamping. Als dat waar is betekent dit een aanzienlijke reductie van de verdamping van landbouwgewassen en dientengevolge ook een aanzienlijke opbrengstreductie.

Dus is het zaak door een nader onderzoek een betere onderbouwing te geven van de stelling dat ca. 10% van de grondwateronttrekkingen afkomstig is van reductie van de verdamping.

Daarom is het idee opgevat van een verkennend onderzoek waarbij met een numeriek hydrologisch model waarin alle hydrologische deelsystemen zijn opgenomen, landsdekkend de effecten van alle permanente grondwaterwinningen op de grondwaterstand voor een langjarige periode kunnen worden uitgerekend. Sinds enige jaren is hiervoor het door Deltares en Alterra ontwikkelde Landelijk Hydrologisch Model (LHM) beschikbaar. In bijlage 2 wordt dit model nader beschreven.

De gebruikte (en ook gebruikelijke) rekenprocedure is: we kiezen een referentiesituatie (veelal de huidige situatie) en die wordt 'vertaald' in een model (in dit geval het LHM). Vervolgens wordt met dit model de hydrologische situatie (in termen van stijghoogtes, grondwaterstanden, verdamping, et cetera) berekend voor een reeks van jaren. De volgende stap is een scenario (of scenario's) te definiëren waarin een bepaalde verandering ten opzichte van de referentiesituatie wordt gedefinieerd. In ons geval: in scenario 1 worden alle grondwateronttrekkingen door waterleidingbedrijven uitgezet. Dit scenario wordt ook met LHM doorgerekend. De rekenresultaten van scenario 1 kunnen worden vergeleken met de rekenresultaten van de referentiesituatie en hiermee kunnen we een verandering van de hydrologische toestand bepalen, bijvoorbeeld de verandering in grondwaterstand.

Als we landsdekkend de verandering van de grondwaterstand met LHM kunnen berekenen is, als nabewerking, de verandering van de verdamping van landbouwgewassen te bepalen met de

---

<sup>11</sup> De **stijghoogte** is het potentieel peil van het wateroppervlak van grondwater, gemeten vanaf een bepaald niveau (bijvoorbeeld Normaal Amsterdams Peil (NAP), maar meestal de hoogte van de bodem). Het is de hoogte van het water in een peilbuis, of waar het grondwater zou staan als men een put zou slaan. In het geval van een artesische bron kan dit boven het aardoppervlak uitkomen. De stijghoogte komt rechtstreeks overeen met de hydrostatische druk gemeten in bijvoorbeeld meter waterkolom (bron: wikipedia).

zogenoemde HELP-methodiek. De grondwaterstandskarakteristieken GHG en GLG<sup>12</sup> van de met LHM berekende grondwaterstanden van zowel de uitgangssituatie als van scenario 1 dienen daarbij als input. In bijlage 3 wordt deze methode nader toegelicht.

---

<sup>12</sup> De GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) is het rekenkundig gemiddelde van de per jaar optredende hoogste 3 grondwaterstanden van de grondwaterstanden van de 14<sup>e</sup> en 28<sup>e</sup> van elke maand (dus 24 waarnemingen per jaar), van een periode van minstens 8 jaar.

De GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) is het rekenkundig gemiddelde van de per jaar optredende laagste 3 grondwaterstanden van de grondwaterstanden van de 14<sup>e</sup> en 28<sup>e</sup> van elke maand (dus 24 waarnemingen per jaar), van een periode van minstens 8 jaar.

## 3 Berekeningen

Het LHM simuleert het verloop van hydrologische variabelen als het wordt gevoed met beginvoorwaarden (de initiële toestand) en met randvoorwaarden. Uitvoering van de berekeningen vergt een aanzienlijke rekentijd (ca. 7 uur per door te rekenen jaar), evenals een grote interne en externe opslagcapaciteit.

De berekeningen zijn uitgevoerd door Hydrologic dat de beschikking heeft over een server met voldoende rekencapaciteit en de benodigde programmatuur en data.

### 3.1 Beginvoorwaarden

De gebruikelijke procedure is het langjarig gemiddeld neerslagoverschot als randvoorwaarde op te leggen aan het verzadigd deelsysteem en hiermee de grondwaterstanden en stijghoogtes te berekenen en die startwaarden te gebruiken voor de niet-stationaire berekeningen.

Hydrologic heeft geen stationaire versie van het model en daarom is een andere procedure toegepast. Daarbij werd het langjarig gemiddelde neerslagoverschot als randvoorwaarde opgelegd aan LHM met MetaSWAP<sup>13</sup>. Een onvoorzien gevolg is dan dat er te veel interceptieverdamping wordt berekend waardoor de grondwateraanvulling te laag wordt en de aldus bepaalde begintoestand te droog is, dat wil zeggen te lage beginstijghoogtes en -grondwaterstanden.

Nadat deze 'fout' was ontdekt is de eindtoestand van 10 jaar rekenen van zowel de stijghoogtes als grondwaterstanden als de toestand van de onverzadigde zone gebruikt als begintoestand en zijn 10 jaar opnieuw doorgerekend voor zowel de referentiesituatie als scenario 1.

### 3.2 Meteogegevens (bovenrandvoorwaarden)

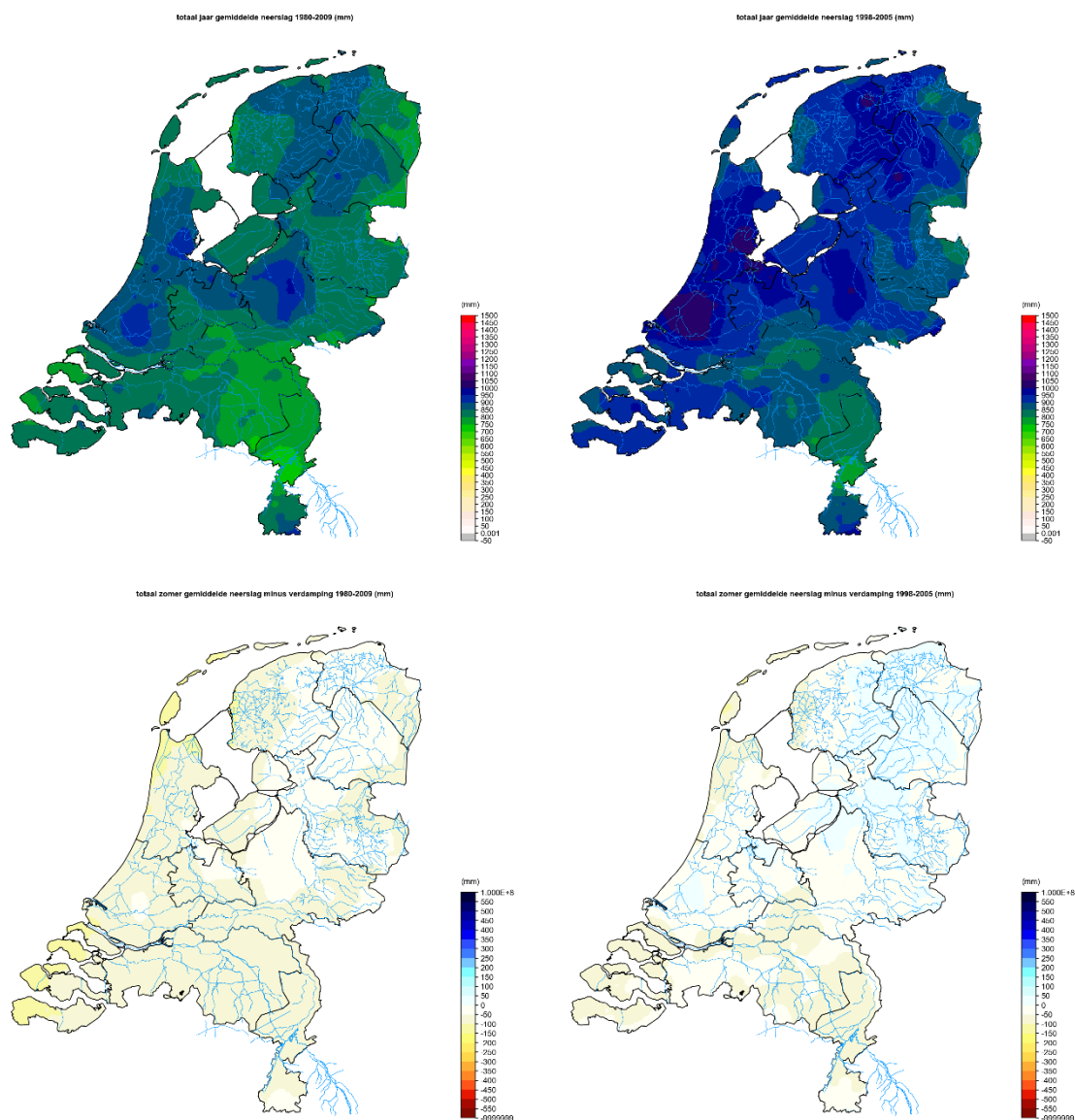
Door het KNMI zijn de dagwaarden van neerslag en referentiegewasverdamping per grid bepaald. Voor meer details, zie Buishand e.a., 2008<sup>14</sup>.

Er is een kortere reeks (1996 t/m 2005) dan de klimaatreeks van 30 jaar voor het huidige klimaat (1980 t/m 2009) doorgerekend omdat anders de doorlooptijd van de berekeningen te lang zou duren. De eerste 2 jaar worden gebruikt om het model te laten inspelen en de resultaten van reeks 1998 t/m 2005 zijn gebruikt voor de analyse. Om te analyseren in hoeverre deze kortere reeks representatief is voor het huidige klimaat is de langjarig gemiddelde neerslag van 1980 t/m 2009 vergeleken met die van de periode 1998 t/m 2005. Zie onderstaande afbeelding.

---

<sup>13</sup> MetaSWAP is een model om grondwaterstroming door de onverzadigde zone te beschrijven.

<sup>14</sup> Buishand, T.A., J.J. Beersma, R. Sluiter en T. Kroon, 2008. Definitiestudie rasterdata meteorologie. KNMI/RWS Waterdienst.



*Afbeelding 1: Vergelijking van de neerslag en neerslagtekort van de klimaatreeks 1980 t/m 2019 (linkerfiguren) met de rekenperiode 1998 t/m 2005 (rechterfiguren)*

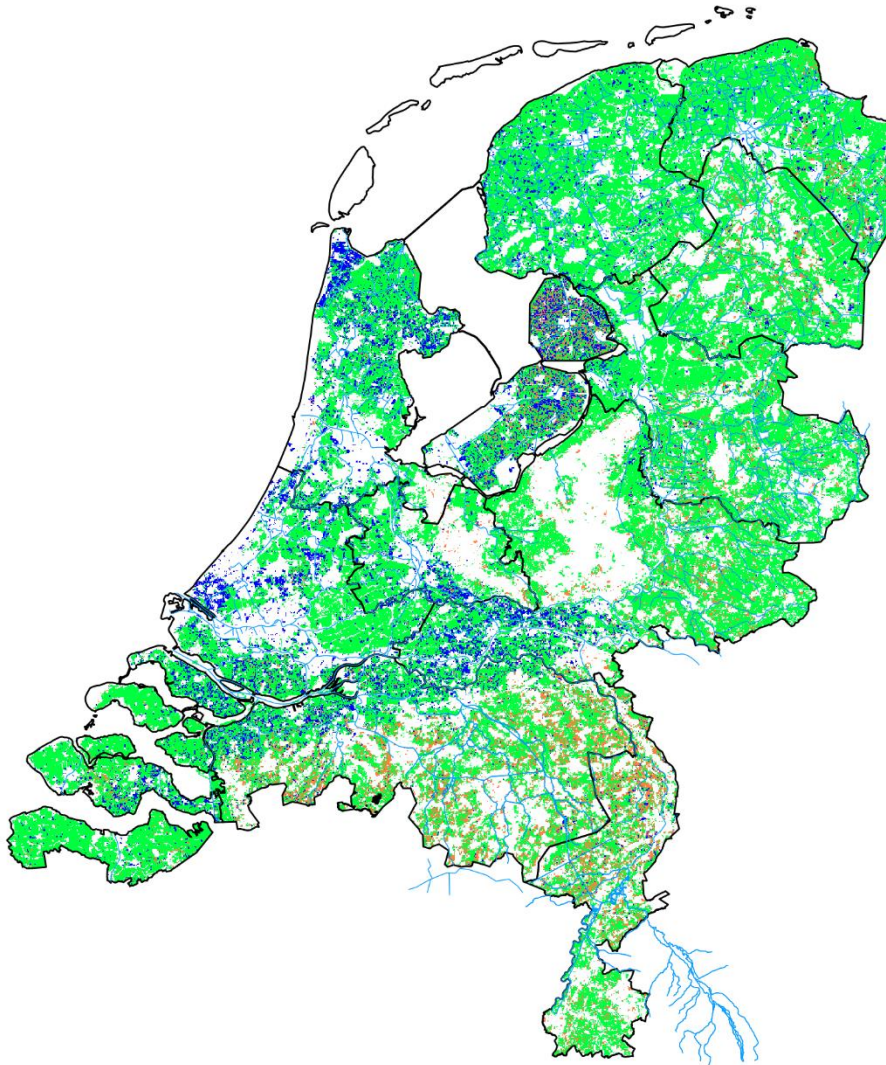
Met als conclusie dat de periode 1998 t/m 2005 duidelijk natter en het neerslagtekort in de zomerperiode geringer is dan de klimaatreeks.

### 3.3 Zij- en onderrandvoorwaarden

Op de grens van het modelgebied wordt in de referentiesituatie een flux berekend die blijft gehandhaafd in scenario 1, waarbij alle grondwaterwinningen door waterleidingbedrijven worden uitgezet. De onderkant van het model is de hydrologische basis met flux is nul.

### 3.4 Landgebruik

Per grid kent LHM op basis van LGN7<sup>15</sup> 1 vorm van landgebruik toe waarbij de statistieken moeten blijven kloppen. In onderstaande afbeelding zijn de landbouwgridcellen apart aangeduid, opgesplitst naar niet-beregenbaar, beregenbaar uit grondwater en beregenbaar uit oppervlaktewater.



*Afbeelding 2: Weergave van landbouwgridcellen in LHM. Groen: niet beregenbaar; blauw: beregenbaar uit oppervlaktewater; rood: beregenbaar uit grondwater; wit is overige vormen van landgebruik*

### 3.5 Beschrijving van referentiesituatie en scenario 1

#### Referentiesituatie

Met het LHM-model is allereerst de huidige situatie doorgerekend met het huidig landgebruik en het huidige waterbeheer als input. Dus ook de huidige omvang, locaties en bepompte pakketten van

<sup>15</sup> LGN is een LandGebruikskaat van Nederland

grondwaterwinningen door de leidingwaterbedrijven en industrie. Deze bedragen resp. 750 miljoen resp. 300 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. De onttrekkingen zijn constant gedurende het jaar aangenomen.

### **Scenario 1**

In scenario 1 worden alle invoergegevens gelijk gehouden behalve de grondwateronttrekkingen door waterleidingbedrijven. Die worden in dit scenario modelmatig opgeheven.

Bij aanvang van de studie was het de bedoeling ook een scenario door te rekenen waarbij alle min of meer permanente grondwateronttrekkingen (dus ook de onttrekkingen door met name de industrie) werden uitgezet. Door problemen met de begintoestand moesten de berekeningen worden overgedaan en werd besloten dit scenario niet meer door te rekenen, ook al omdat uit de wel uitgevoerde berekeningen bleek dat dit scenario nauwelijks meerwaarde had voor de analyse.



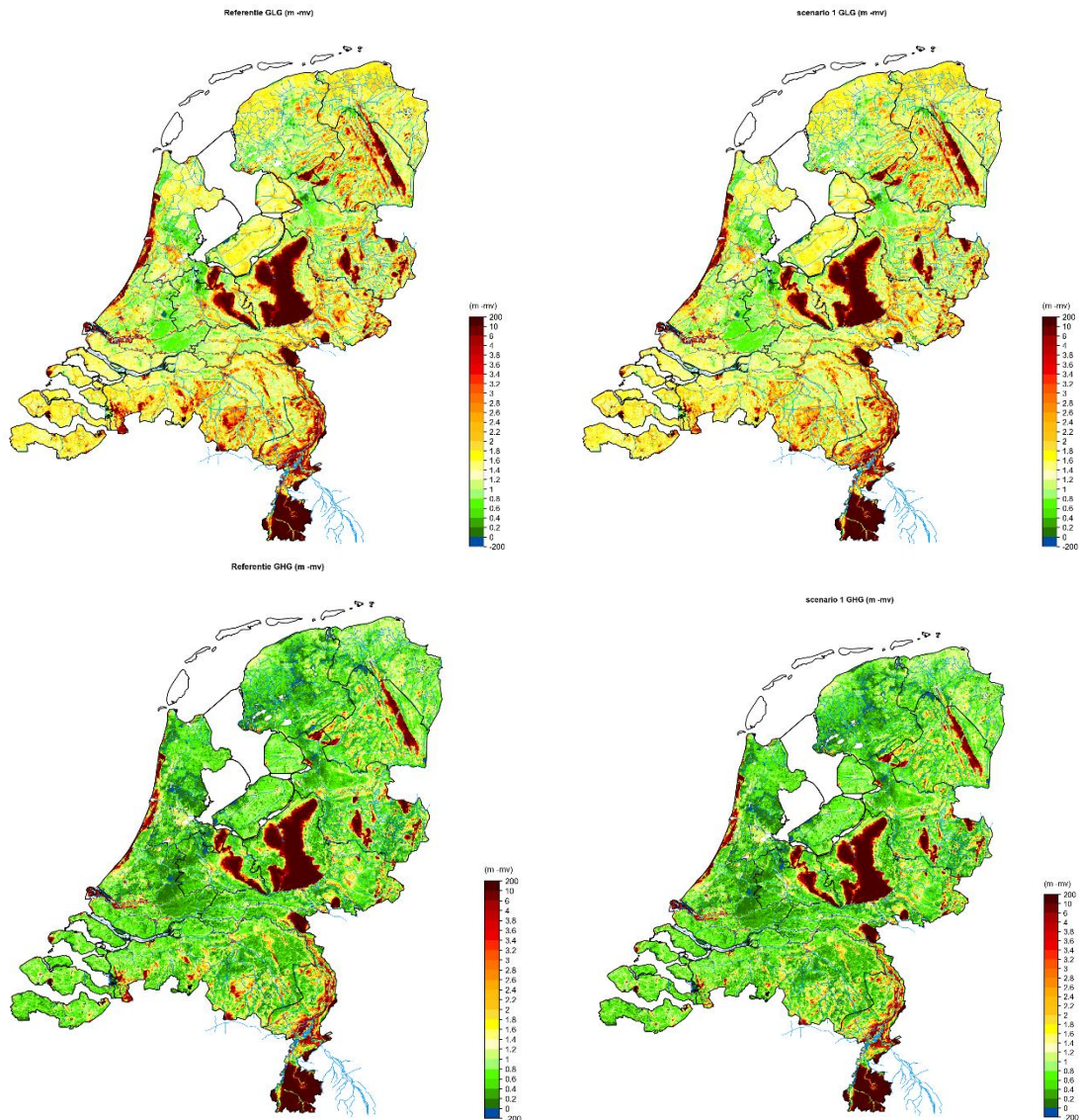
## 4 Rekenresultaten LHM

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten van de uitgevoerde berekeningen beschreven. De plausibiliteit van de resultaten en de dieper gaande analyse wordt elders behandeld.

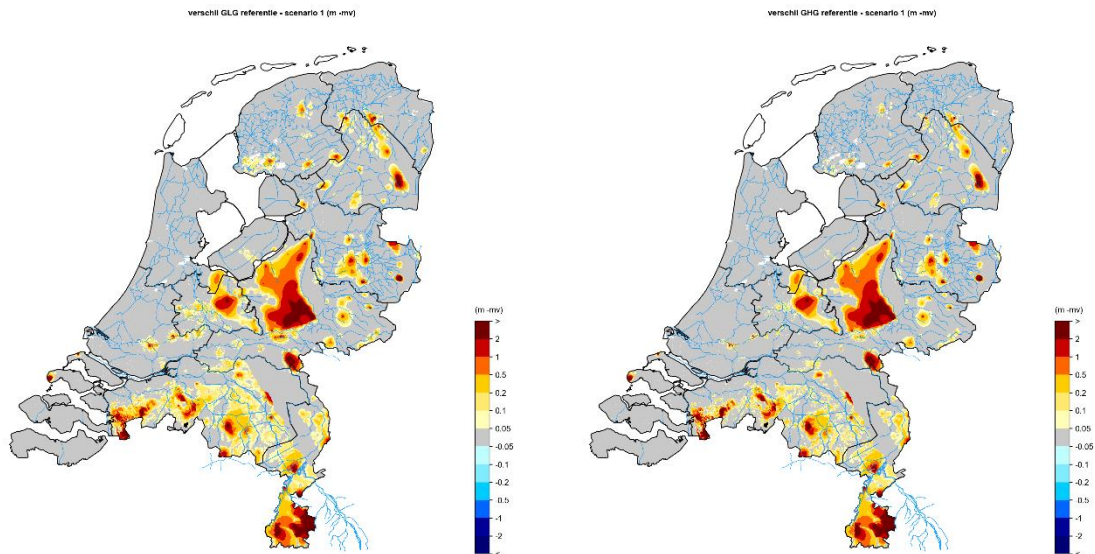
### 4.2 Grondwaterstanden

Voor de referentiesituatie en het scenario zijn grondwaterstanden berekend. In onderstaande figuur zijn deze afgebeeld. De grondwaterstand is daarbij uitgedrukt in meters beneden maaiveld (de diepte van de grondwaterstand). De weergegeven grondwaterstanden zijn de GLG en de GLG over de periode 1998-2005. Deze grondwaterstand wordt ook gebruikt als invoerparameter om uiteindelijk droogteschade met de HELP-methode te kunnen bepalen.



Afbeelding 3: De met LHM berekende GHG en GLG (links voor in de referentiesituatie, rechts voor scenario 1)

Op het eerste gezicht lijken de figuren sterk op elkaar. De grondwaterstand in West-Nederland ligt vaak binnen een meter van het maaiveld, terwijl in Oost en Zuid-Nederland de grondwaterstand ook vaak dieper is te vinden. Als je goed kijkt kun je zien dat de GLG in de referentiesituatie op een aantal plekken wat lager ligt dan in de referentiesituatie. In de volgende figuur zijn deze verschillen zichtbaar gemaakt door beide grondwaterstanden van elkaar af te trekken. Voor zowel de GHG als de GLG is ook een verschil berekend en afgebeeld.

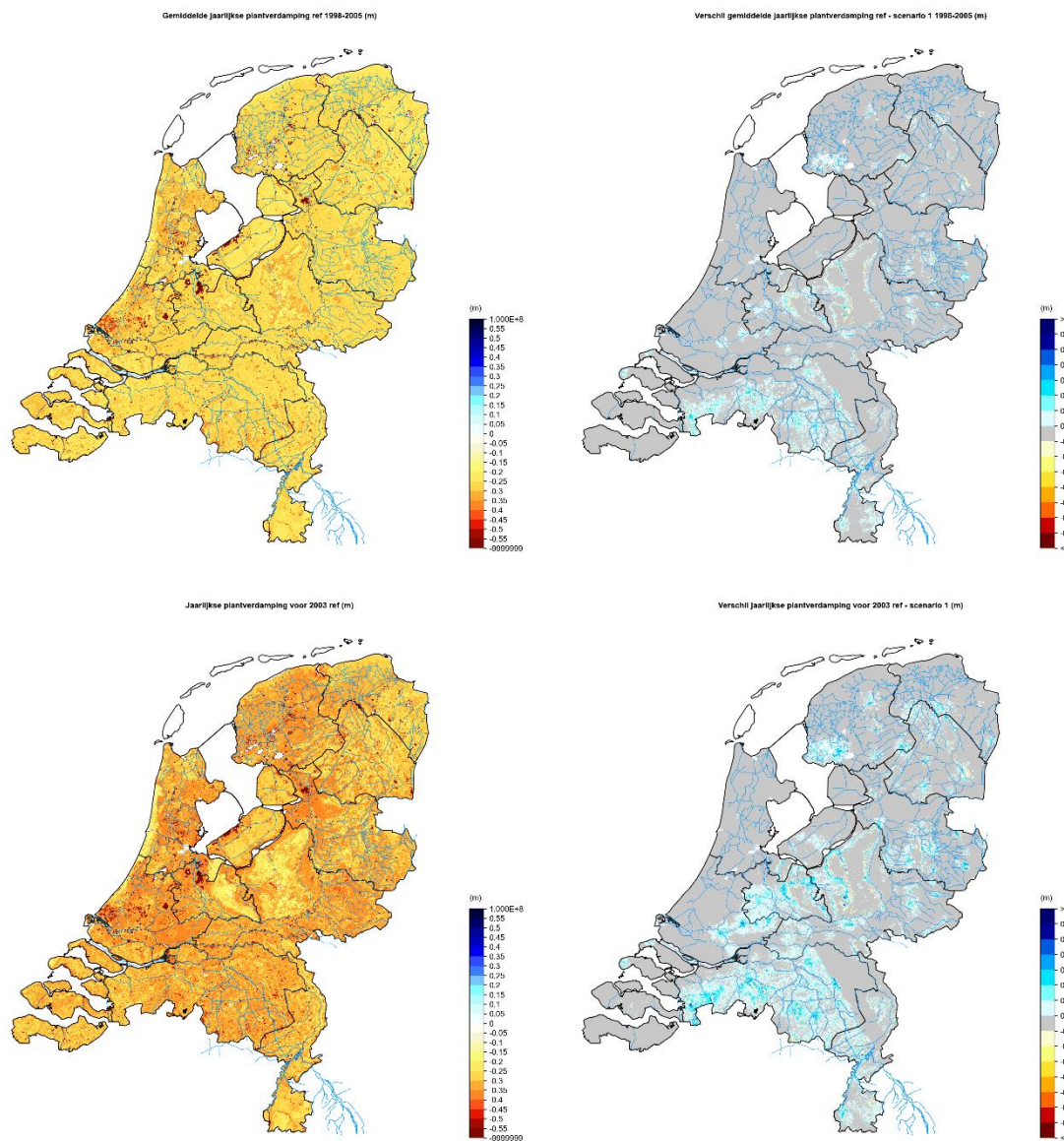


Afbeelding 4: Verschil in GLG (links) en GHG (rechts) tussen referentiesituatie en scenario 1. Een positief getal (gele en rode kleuren) betekent dat de grondwaterstand in de referentiesituatie lager ligt

Nu is duidelijk te zien dat in de referentiesituatie een lagere grondwaterstand is berekend dan voor het scenario zonder onttrekkingen. Tijdens droge situaties (GLG) zijn de verschillen iets groter dan in natte situaties (GHG). Voor een aantal winningen zijn afzonderlijke verlagingskegels zichtbaar. Voor een aantal andere winningen, zoals in de Veluwe, zijn deze verlagingskegels aan elkaar “gesmolten” tot één groot vlak.

### 4.3 Gewasverdamping

Voor beide modelruns is de gewasverdamping berekend. Deze is gemiddeld voor de periode 1998-2005 en voor de referentie situatie afgebeeld in figuur 5 (links). In het rechterdeel van de figuur zijn de verschillen met scenario 1 weergegeven. Het is te zien dat de berekende verandering (typisch 5 mm per jaar) vaak klein is ten opzichte van de totale verdamping (300 mm per jaar). Ook zijn de zones waarin de verdamping verandert een stuk kleiner dan de zones waarin bijvoorbeeld de grondwaterstand verandert.



*Afbeelding 5: Weergave van met LHM berekende gewasverdamping. links de jaarlijkse gewasverdamping, rechts het verschil in jaarlijkse verdamping tussen de referentiesituatie en scenario 1. (blauw, in scenario 1 meer verdamping). Bovenste figuren hebben betrekking op het gemiddelde van de periode 1998 t/m 2005; de onderste figuren hebben betrekking op 2003*

Ook is het jaar 2003 weergegeven. De verdampingsreductie treedt vooral op in de droge jaren, zoals bijvoorbeeld het jaar 2003.

De totale verandering van de verdamping is gesommeerd en omgerekend naar een hoeveelheid water. Het model berekent dat de verdamping in de referentiesituatie gemiddeld 5,3 miljoen m<sup>3</sup>/jaar lager ligt dan bij scenario 1. Voor 2003 was dit 20,3 miljoen m<sup>3</sup>. Dit betekent dat alleen het droge jaar 2003 verantwoordelijk is voor de helft van totale verdampingsreductie van de periode 1998 t/m 2005.



## 4.4 Invloedsgebied en areaal diffuus

Het invloedsgebied van de winningen is in deze verkenning gedefinieerd als de gridcellen met landgebruik landbouw waar de GLG meer dan 1 cm verandert als gevolg van het stoppen van die winningen; de fractie diffuus is het deel van het invloedsgebied waarbij de verandering van de GLG tussen 1 en 5 cm is. In onderstaande tabel staan de arealen.

Tabel 1: afgeronde arealen invloedsgebied en onderverdeling in diffuus en niet-diffuus

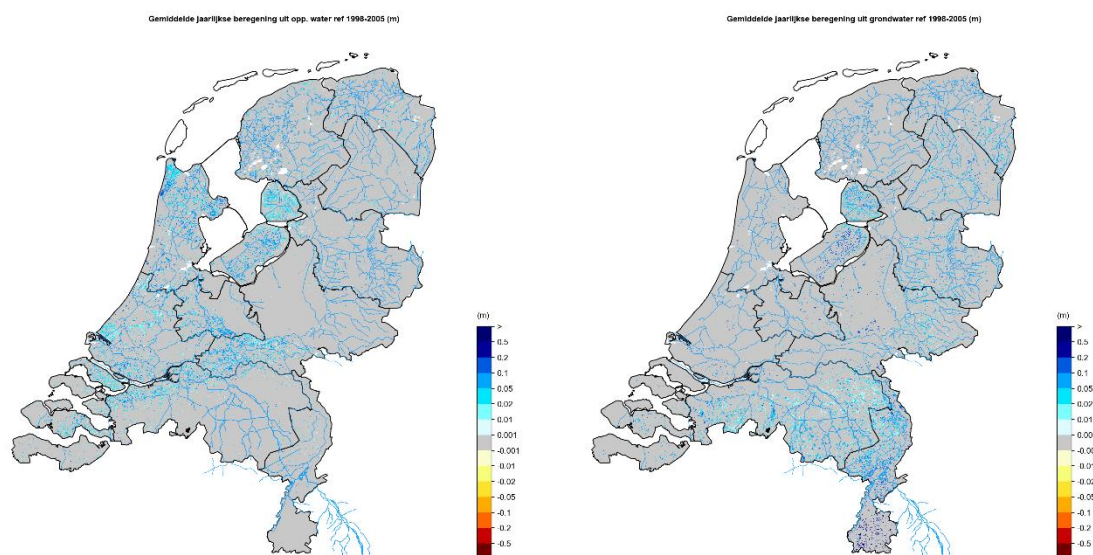
Delta GLG (cm)	Areaal (ha)
1-5 (diffuus)	304.000
>5 (niet-diffuus)	265.000
>1 (invloedsgebied)	569.000

Merk op dat het hier gaat om bruto oppervlaktes dus inclusief binnen de landbouwgridcellen voorkomende bebouwing, wegen en waterlopen.

Ruim ¼ van het landbouwareaal van Nederland wordt dus beïnvloed door grondwaterwinningen door waterleidingbedrijven. Van dit invloedsgebied is 53% diffuus.

## 4.5 Berekening

In het model wordt berekening uit twee bronnen onderscheiden, berekening uit grondwater en uit oppervlaktewater. In onderstaande figuur staat de gemiddelde jaarlijkse berekening weergegeven voor de referentiesituatie.



Afbeelding 6: Berekende gemiddelde jaarlijkse beregeningsgift (in m)

Ook de verschillen tussen de referentiesituatie en scenario 1 zijn berekend. In onderstaande tabel staan de hoeveelheden weergegeven voor de gemiddelde jaarlijkse beregeningsgift in de periode 1998 t/m 2005, in miljoenen m<sup>3</sup> (Mm<sup>3</sup>).

*Tabel 2: Over de periode 1998 t/m 2005 gemiddeld verschil in jaarlijkse beregeningsgift gesommeerd voor heel Nederland, als gevolg van stoppen van grondwaterwinning door waterleidingbedrijven*

	<b>Vershil in beregeningshoeveelheid (Mm<sup>3</sup>/jaar)</b>
<b>Uit grondwater</b>	<b>3,9</b>
<b>Uit oppervlaktewater</b>	<b>1,4</b>

## 5 Beoordeling plausibiliteit resultaten LHM

De met LHM berekende effecten van het stoppen van grondwaterwinningen op grondwaterstanden en gewasverdamping zullen allereerst worden geanalyseerd op plausibiliteit, dat wil zeggen dat de resultaten zouden moeten beantwoorden aan elementaire hydrologische regels zoals: de waterbalans is sluitend, een grondwaterwinning leidt tot een min of meer trechtervormig verlagingsspatroon en een verlaging van de grondwaterstand kan niet leiden tot een toename van de verdamping (en v.v.).

### 5.1 Is de waterbalans sluitend?

In elk numeriek model en dus ook in LHM is de waterbalans sluitend binnen een bepaalde marge. In onderstaande tabel wordt voor heel onverhard Nederland (ca. 30.000 km<sup>2</sup>; bron LHM) de berekende jaarwaterbalans gegeven zoals berekend door LHM, gemiddeld over de periode 1998 t/m 2005.

Tabel 3: De met LHM berekende waterbalans voor de periode 1998 t/m 2005

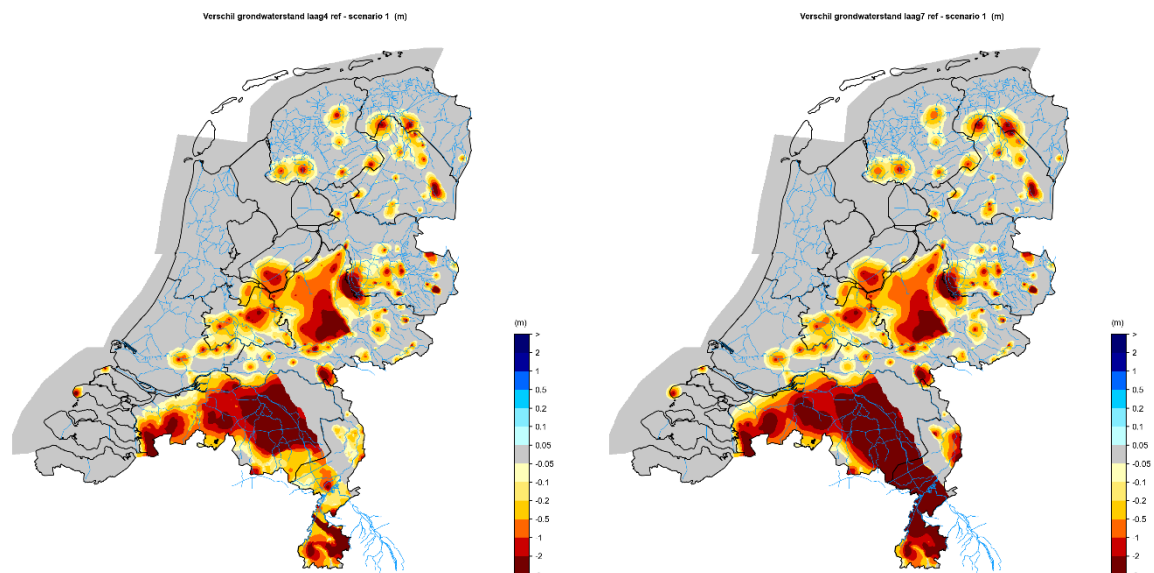
	referentie (Mm <sup>3</sup> /jaar)	scenario (Mm <sup>3</sup> /jaar)	verschil (Mm <sup>3</sup> /jaar)
<b>Neerslag</b>	27897	27897	0
<b>Bodemverdamping</b>	-4757	-4753	-4
<b>Gewasverdamping</b>	-8458	-8472	14
<b>Interceptieverdamping</b>	-4056	-4055	-1
<b>Flux naar sloten en rivieren</b>	-6406	-6912	506
<b>Flux naar drainagebuizen</b>	-2803	-2978	176
<b>Onttrekkingen</b>	-1054	-306	-748
<b>Netto randflux</b>	0	0	0
<b>Bergingsverandering</b>	363	420	-57
	<b>in mm waterschijf over onverhard Nederland</b>		
<b>Neerslag</b>	902	902	0,00
<b>Bodemverdamping</b>	-154	-154	-0,14
<b>Gewasverdamping</b>	-274	-274	0,45
<b>Interceptieverdamping</b>	-131	-131	-0,02
<b>flux naar sloten en rivieren</b>	-207	-224	16,38
<b>Flux naar drainagebuizen</b>	-91	-96	5,69
<b>Onttrekkingen</b>	-34	-10	-24,19
<b>Netto randflux</b>	0	0	0,00
<b>Bergingsverandering</b>	12	14	-1,84

De balans is in de referentiesituatie sluitend gemaakt met de bergingsverandering. De aldus bepaalde 12 mm is gering ten opzichte van de meeste andere waterbalansposten en is ook verklaarbaar doordat er een verschil is in begin- en eindgrondwaterstanden. De waterbalans in scenario 1 is eveneens

sluitend. Merk op dat het verschil in onttrekking tussen referentiesituatie en scenario 1 exact gelijk is aan de opgelegde grondwateronttrekkingen door waterleidingbedrijven in de referentiesituatie. Dit is ook een indirect bewijs dat LHM correct de waterbalans berekent.

## 5.2 Zijn de door LHM berekende veranderingen in stijghoogtes en grondwaterstanden plausibel?

Het uitzetten van de grondwateronttrekkingen moet op de locaties waar dat aan de orde is leiden tot een verhoging van de stijghoogtes en grondwaterstanden die groter is naarmate de afstand tot de winningslocatie kleiner wordt. In onderstaande afbeelding wordt het landelijk beeld gepresenteerd van de verandering van de stijghoogtes in laag 4 en laag 7 (hoe hoger het getal hoe dieper de laag).



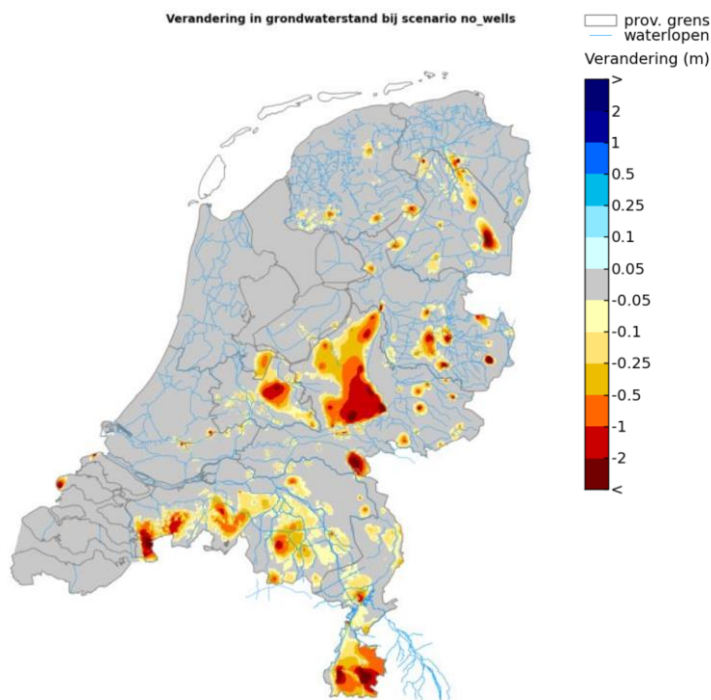
*Afbeelding 7: Verandering in stijghoogtes van laag 4 (links) en laag 7 (rechts) als gevolg van het uitzetten van alle winningen door waterleidingbedrijven*

De verandering van de stijghoogtes van het freatisch pakket (laag 1), ook wel aangeduid als grondwaterstanden, zijn te zien in afbeelding 4. Het beeld van de veranderingen in stijghoogtes en grondwaterstanden voldoet in kwalitatieve zin aan het vooraf ingeschatte beeld. De grote verlaging op de Veluwe en in Zuid-Limburg is verklaarbaar doordat daar geen voeding optreedt door vermindering van de afvoer of vermindering van de verdamping. Ook zien we dat de stijghoogtes in gebieden waar een weerstandbiedende laag zich boven de gepompte pakketten bevindt (zoals in de Centrale Slenk) de stijghoogtes veel meer veranderen dan de grondwaterstanden. Verder zijn de effecten, conform verwachting, op de GHG kleiner dan op de GLG.

In 2016 heeft Deltares een studie uitgevoerd ten behoeve van de beleidsnota drinkwater. In deze studie zijn de effecten van de drinkwaterwinningen op de freatische grondwaterstand met LHM-versie 3.02 in beeld gebracht voor een stationaire situatie. Deze effecten zijn in onderstaande figuur



gekopieerd uit het rapport<sup>16</sup>. Het is te zien dat de effecten grotendeels overeenkomen met de effecten zoals gepresenteerd in afbeelding 4 (let op de legenda's verschillen). Er zijn wel (verklaarbare) verschillen doordat de modelversies van het LHM niet hetzelfde zijn en door verschillen in wel/niet stationair rekenen. Dit alles bevestigt het beeld dat het LHM in voorliggende studie op een juiste wijze gerekend heeft.



Afbeelding 8: Verlaging door drinkwaterwinningen zoals berekend met LHM versie 3.02 (Hoogewoud et al., 2016)

### 5.3. Zijn de door LHM berekende veranderingen in gewasverdamping en beregening plausibel?

Door LHM wordt berekend dat door het stoppen van de grondwaterwinningen (van drinkwatermaatschappijen) van 750 miljoen m<sup>3</sup> per jaar de gewasverdamping van landbouwgewassen op niet beregenbare landbouwgridcellen met gemiddeld met 5,3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar toeneemt. Dat is minder dan 1%. Een dergelijke toename is erg gering en is als niet plausibel beoordeeld. Ook zijn er gridcellen waar de verdamping door het stoppen van de grondwaterwinningen zelfs licht afneemt. Hydrologisch is dat moeilijk te verklaren.

Door LHM wordt door het stoppen van de grondwaterwinningen door waterleidingbedrijven een afname van de beregening berekend van gemiddeld 5,3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (3,9 miljoen m<sup>3</sup> uit

<sup>16</sup>Hoogewoud J.C., D.Hendriks, M. Visser en W.J. de Lange, 2016. Verkenning effecten van winning aanvullende strategische drinkwatervoorraden op het freatisch grondwater. Deltares. (figuur 3.1)

grondwater; 1,4 miljoen m<sup>3</sup> uit oppervlaktewater). De gemiddelde beregeningshoeveelheid op de beregenbare landbouwgridcellen binnen het invloedsgebied is in de referentiesituatie ca. 100 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Dat komt overeen met een waterschijf van ca. 65 mm gemiddeld over alle beregenbare landbouwgridcellen binnen het invloedsgebied. Dat zijn plausibele hoeveelheden. Als we aannemen dat de afname van de beregening ongeveer gelijk is aan de toename van de verdamping op de beregenbare landbouwgridcellen is het opvallend dat op slechts 27% van het invloedsgebied de toename van de verdamping gelijk is aan de toename van de verdamping op de niet-beregenbare landbouwgridcellen. Dit is eveneens een aanwijzing dat de berekende verandering van de verdamping op niet-beregenbare landbouwgridcellen niet plausibel is. Dit komt overeen met eerdere bevindingen over het LHM waarbij twijfels zijn over geuit over de plausibiliteit van de berekende gewasverdamping.

## 5.4 Eindoordeel plausibiliteit

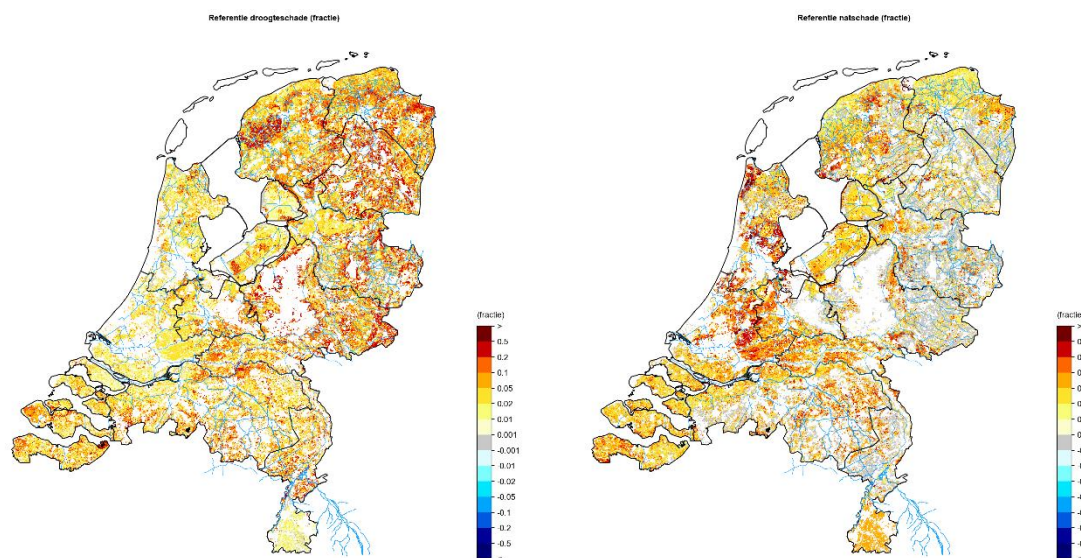
De met LHM berekende waterbalans voor de referentiesituatie is sluitend en de daarin opgenomen grondwateronttrekkingen zijn exact gelijk aan het model opgelegde grondwateronttrekkingen. Ook de met LHM berekende veranderingen van stijghoogtes en grondwaterstanden als gevolg van het stoppen van grondwaterwinningen door waterleidingbedrijven zijn plausibel. Daarmee zijn de veranderingen in de grondwaterstand geschikt om de veranderingen in nat- en droogteschade te berekenen met de HELP-tabel. De door LHM berekende verandering van de gewasverdamping als gevolg van het stoppen van grondwaterwinningen door waterleidingbedrijven is niet plausibel.

## 6 Landbouwschade berekend met de HELP-methode

### 6.1 Verandering in droogte- en natschade

De met behulp van HELP-methode bepaalde fysieke opbrengstreductie door droogte voor de niet-beregenbare landbouwgridcellen is weergegeven in onderstaande afbeelding.

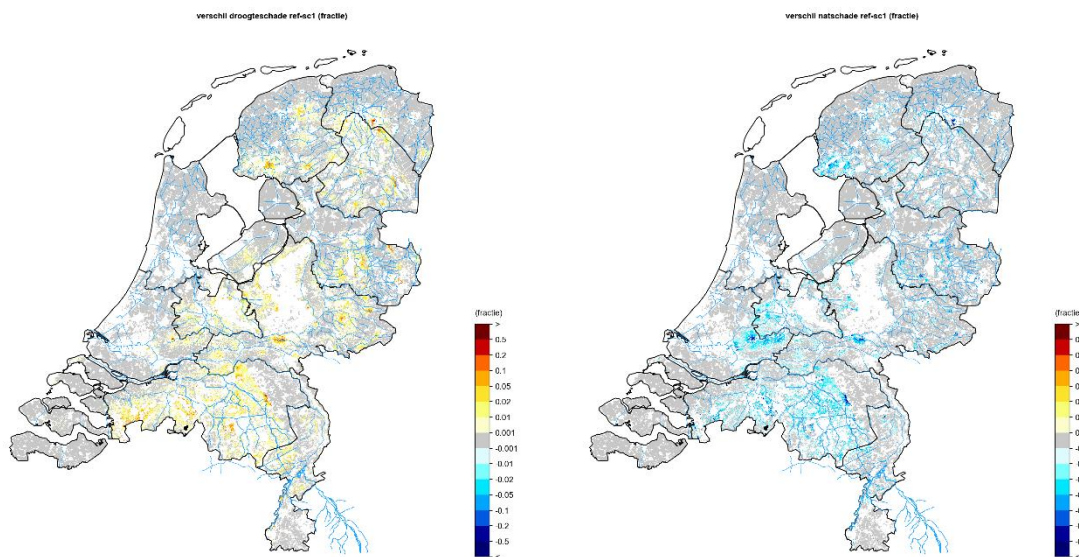
In onderstaande figuur zijn beide schades weergegeven voor de referentiesituatie.



Afbeelding 9: De droogte- en natschade berekend met de HELP-methode. Links: berekende droogteschade (fractie), rechts: berekende natschade (fractie)

Het is te zien dat droogteschade meer optreedt in Oost-Nederland, terwijl natschade juist meer optreedt in West-Nederland.

Voor het scenario zonder onttrekkingen zijn ook schades berekend. Deze zijn vergeleken met de referentiesituatie om te komen tot verschilplaatjes. De verschillen staan weergegeven in onderstaande figuur. Er is geen onderscheid gemaakt tussen beregende plots en niet beregende plots.



Afbeelding 10: Verschil in droogteschade (links) en natschade (rechts) volgens de HELP-methode

Het is te zien dat in de referentiesituatie de droogteschade groter is dan in scenario 1. De natschade is in de referentiesituatie juist kleiner. Gezien de veranderingen in de grondwaterstand is dat ook logisch.

De berekende schades zijn omgezet naar ha% (hectareprocenten), door per rekenplot te vermenigvuldigen met het aantal hectare landbouwgrond. De ha% zijn vervolgens opgeteld voor heel Nederland om tot een landsdekkende schade te komen. De uitkomsten van bovenvermelde exercitie zijn verwerkt in tabel 4.

Tabel 4: Berekende landbouwschade voor niet-beregenbare landbouwgridcellen

	verschil droogteschade (ha%)	verschil natschade (ha%)
<b>Totaal</b>	693.000	-744.000

## 6.2 De fractie diffuus

Bij schaderegelingen wordt doorgaans een grens van 5 cm grondwaterstandsverlaging gehanteerd. Bij minder dan 5 cm verlaging wordt er geen schade berekend c.q. uitgekeerd omdat die te diffuus zou zijn om bij een schaderegeling te betrekken. Doordat deze verlaging veelal per winning afzonderlijk wordt bepaald kan deze fractie diffuus een bron zijn van schade die over het hoofd wordt gezien. Het is namelijk om te beginnen zeer wel mogelijk (en ook vastgesteld) dat de invloedsgebieden van winningen elkaar overlappen waardoor de grondwaterstand verder daalt dan wanneer winningen apart worden beschouwd. In de berekeningen met LHM kan dit artefact niet optreden omdat alle winningen in beschouwing worden genomen.

Uit de LHM-resultaten komt bovendien naar voren dat landelijke gezien ca. 20% van de totale droogteschade wordt geleden op percelen met minder dan 5 cm grondwaterstandsverlaging (zie ook paragraaf 6.5).

### 6.3 Correcties voor niet-landbouwkundig gebruik en klimaat

Landbouwgridcellen zijn niet voor 100% in landbouwkundig gebruik. Gemiddeld over Nederland heeft een landbouwgridcel 10% ander landgebruik, zoals wegen, waterlopen en verspreide bebouwing. Toepassing van deze correctie leidt tot een bijstelling van de schades naar beneden met 10%.

Zoals uit de plaatjes in hoofdstuk 3 blijkt is de meteoreeks 1998 t/m 2005 gemiddeld wat minder droog dan de klimaatreeks 1980 t/m 2009. Over het algemeen geldt: hoe droger het jaar hoe groter het effect van het stoppen van grondwaterwinningen op de gewasverdamping en -productie. Dat betekent dus dat toepassing van de klimaatreeks zou kunnen leiden tot een bijstelling van de schades naar boven, met een vooralsnog onbekend percentage.

Gelet op het verkennende karakter van deze studie is verondersteld dat deze correcties elkaar opheffen.

### 6.4 De verrekening van de natschade

Door stoppen van de grondwaterwinningen bij scenario 1 neemt bij de niet-beregenbare landbouwgridcellen de natschade toe met 744.000 ha% (zie vorige hoofdstuk). Dat is iets meer dan de afname van de droogteschade. Echter, de verandering in natschade kan niet met de verandering in droogteschade worden verrekend omdat er geen overdracht van voordeelondervindende agrariërs naar nadeelondervindende agrariërs plaats vindt.

Bovendien is de veronderstelling dat toename van natschade door waterhuishoudkundige maatregelen (zoals aanleg van drainage) relatief goedkoop kan worden gemitigeerd. Bij de huidige schaderelingen is de praktijk dat binnen 1 bedrijf 20% van de afname van natschade door een grondwaterwinning wordt verrekend met de toename van de droogteschade. In Overijssel is dat 10%.

In LHM zijn geen bedrijven gedefinieerd. Daarom wordt 1 grid als 1 bedrijf gezien.

Binnen 1 grid kan de natschadeverandering worden verrekend met de droogteschadeverandering maar niet tussen de gridcellen. Dit is min of meer conform de schadepraktijk waarin de voordelen van grondwaterwinning dat 1 bedrijf heeft niet worden verrekend met de nadelen die een ander bedrijf heeft.

0%, 10%, 20% en 100% verrekening van de “eigen” natschade per plot levert de getallen op die in onderstaande tabel zijn weergegeven.

*Tabel 5: Effect van percentage verrekening natschade op het saldo droogteschade voor schade scenario*

Percentage verrekening natschade	Saldo droogteschade (ha%)
0	693.000
10	641.000
20	607.000
100	510.000

Bedrijven zijn in de regel groter dan 6,25 ha en dat betekent dat het saldo van de droogteschade bij de weergeven verrekeningspercentages lager wordt.

Bij de vertaling naar euro's zal worden uitgegaan van 20% verrekening van de natschade.

## 6.5 Vertaling naar euro's

Bij de omzetting van verdampingsreductie in ha% naar euro's wordt bij schadegevallen door grondwateronttrekkingen gebruik gemaakt van de zogenoemde CDG-normbedragen. In bijlage 4 wordt de meest recente tabel weergegeven.

Bij deze globale studie kan worden uitgegaan van het normbedrag voor gemengd. Gemiddeld over de laatste 10 jaar is dat afgerond 27 euro per ha per procent verandering in opbrengst zoals berekend met de HELP-tabel.

Toepassing van dit bedrag op de ha%, met 20% verrekening van de natschade, levert de beste schatting voor de schade die gemiddeld over een langere periode jaarlijks de landbouw in Nederland optreedt als gevolg van grondwateronttrekkingen door waterleidingbedrijven: **16,4 miljoen** euro per jaar. Hiervan heeft afgerond 20% betrekking op landbouwgridcellen met minder dan 5 cm verandering van de GHG. Als die schade niet zou worden vergoed resteert afgerond **13,3 miljoen** euro per jaar (tabel 6).

*Tabel 6: Berekende droogteschade voor 2 invloedsgebieden.*

	Netto droogteschade (incl. Areal Diffuus)	Netto droogteschade (excl. Areal Diffuus)
<b>Berekende schade</b>	€ 16.400.000	€ 13.300.000

Dat is een ongeveer een **factor 5** hoger dan er gemiddeld jaarlijks door waterleidingbedrijven wordt uitgekeerd<sup>17</sup>.

Door Huinink<sup>18</sup> is een alternatieve methode ontwikkeld om ha% om te zetten naar euro's. De daarbij behorende normbedragen zijn hoger. Toepassing van deze normbedragen levert een schade op van

<sup>17</sup> We zijn hierbij uitgegaan van een huidige vergoeding van ca. 3 miljoen euro door drinkwaterleidingbedrijven.

<sup>18</sup> Huinink, J.Th.M., 2011. Bodemgeschiktheidsbeoordeling voor Landbouw, Bosbouw en Recreatie. T.b.v. een optimalisatie van grondwater- en oppervlaktewaterbeheer.

26,3 miljoen euro per jaar (in plaats van 16,4 miljoen euro). Echter, de methode Huinink is bij de huidige schaderegelingen niet de gangbare methode om de schade te bepalen.

## 6.6 HELP-resultaten omgezet naar verandering in verdamping

De HELP-resultaten zijn om te zetten in verandering van de verdamping. Als we een lineair verband aannemen tussen verdamping en gewasopbrengst is 1 procent verandering in droogteschade gelijk aan 1 procent verandering in langjarig gemiddelde potentiële evapotranspiratie,  $ET_{pot}$ , gedurende het groeiseizoen (april t/m september). Voor grasland is  $ET_{pot}$  gelijk te stellen aan de referentiegewasverdamping. Deze is langjarig gemiddeld ca. 450 mm per groeiseizoen<sup>19</sup>. 1% is derhalve 4,5 mm hetgeen overeenkomt met 45 m<sup>3</sup> per ha per jaar.

Daarmee is de beste schatting voor afname van de voeding door verdampingsreductie op de landbouw afgerond **31 miljoen m<sup>3</sup> per jaar**. Dat is ruim **4%** van de jaarlijkse onttrekking door waterleidingbedrijven. Dit is lager dan de 10% volgens de werkhypothese van 2012<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> Buishand T.A. en C.A. Velds, 1980. Klimaat van Nederland. Volume 1: Neerslag en verdamping. KNMI.

<sup>20</sup> Bakel. P.J.T. van, 2012. De voedings-voetafdruk van ons drinkwater. Een alternatieve beschouwing over effecten van permanente grondwateronttrekkingen op verdamping en afvoer. Stromingen 18(1): 57-70.





## 7 Conclusies/beoordeling

### 7.1 Conclusies

De resultaten van LHM en de nabewerking met de HELP-methodiek zijn in het vorige hoofdstuk beschreven. Samengevat zijn de conclusies de volgende:

- door alle grondwaterwinning door waterleidingbedrijven wordt de grondwaterstand van bruto ca. 570.000 ha landbouwgrond beïnvloed (GLG-verlaging meer dan 1 cm);
- hiervan heeft ruim 50% een verlaging van minder dan 5 cm;
- de totale droogteschade (incl. verrekening 20% natschade en incl. areaal diffuus) is berekend op ruim 607.000 ha%, of te wel 16,4 miljoen euro per jaar.
- hiervan vindt ca. 20% (3,1 miljoen euro) plaats in landbouwgridcellen met minder dan 5 cm verandering van de GLG (fractie diffuus is 0,2);
- de totale schade is ongeveer een factor 5 meer dan de schatting van de daadwerkelijk uitgekeerde schade;
- de ha% verandering in verdamping zijn om te zetten in m<sup>3</sup>. Dat levert een hoeveelheid van ca. 31 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Dat is ruim 4% van de jaarlijkse onttrekking door waterleidingbedrijven.

### 7.2 Beoordeling

Toepassing van LHM is conceptueel *state of the art* want alle deelsystemen interacteren met elkaar waardoor de tijdsverlopen van de grondwaterstanden en stijghoogtes correct worden berekend. De ruimtelijk resolutie is tamelijk grof maar levert op landelijke schaal bruikbare resultaten. De met dit model berekende veranderingen van de grondwaterstand zijn plausibel. Het oordeel is derhalve dat de met dit model bepaalde verandering van de grondwaterstand als gevolg van het stoppen van de grondwaterwinningen betrouwbaar is en geschikt is om met de HELP-methodiek de effecten op de gewasverdamping van landbouwgewassen te bepalen.

De bepaling van de effecten van de verandering van de grondwaterstand op de gewasverdamping van landbouwgewassen met behulp van de HELP-methodiek is de algemeen toegepaste methode voor landelijke studies. De vertaling van de reductie van de gewasverdamping naar euro's is gedaan met de algemeen toegepaste CDG-normbedragen. De in deze studie gepresenteerde landbouwschade is dus berekend volgens een algemeen geaccepteerde methode.

Het eindoordeel luidt daarom: de in deze studie bepaalde effecten, van alle grondwaterwinningen door waterleidingbedrijven op de grondwaterstanden en op de gewasverdamping van landbouwgewassen, zijn op landelijke schaal een goede benadering van de werkelijkheid en de resultaten zijn geschikt voor verder gebruik.

## Bijlage 1: Onderbouwing van de methodiek

Min of meer permanente onttrekkingen van grondwater resulteren in verlaging van het pakket waaruit het water wordt onttrokken, maar ook in verlagingen van het freatisch pakket (het bovenste grondwater). Daardoor wordt de afvoer van grondwater naar het oppervlaktewater verlaagd maar meestal ook de verdamping. Anders gezegd: het onttrokken grondwater wordt gevoed door afvoer- en verdampingsvermindering.

De verhouding tussen afvoer- en verdampingsvermindering is omgekeerd evenredig met de verhouding tussen de drainageweerstand en de verdampingsreductieweerstand. De drainageweerstand is een maat voor de mate waarin de afvoer verandert als gevolg van een eenheid verandering van de grondwaterstand, uitgedrukt als weerstand die water ondervindt als het van het grondwatersysteem naar de ontwateringsmiddelen (drains en sloten) stroomt. Een drainageweerstand van 200 d bijvoorbeeld resulteert in een grondwaterstand van 20 cm boven de waterstand in de sloot als er 1 mm/d, gerekend over het intrekgebied van de sloot, wordt afgevoerd. In een stationaire situatie is deze afvoer gelijk aan de grondwateraanvulling (de restpost van neerslag minus verdamping). Op basis van analytische formules en kennis over de grondwateraanvulling- en grondwaterstandsdynamiek is redelijk bekend hoe groot de drainageweerstand is op alle locaties in Nederland.

De verdampingsreductieweerstand is een maat voor de mate waarin de verdamping verandert als gevolg van een eenheid verandering van de grondwaterstand. Bijvoorbeeld: een verdampingsreductieweerstand van 2000 d wil zeggen dat een grondwaterstandsverandering van 20 cm resulteert in een verandering van de verdamping met 0,1 mm/d. Op basis van veldonderzoek (o.a. De COLN-periode<sup>21</sup>) en modelresultaten (zie o.a. Van Bakel et al., 2005<sup>22</sup>) is per gewas-bodemcombinatie redelijk te schatten hoe de relatie is tussen een grondwaterstandskarakteristiek en de verdamping van landbouwgewassen. Daarmee is af te leiden hoe de verdamping verandert bij een gegeven begingrondwaterstand en een verandering van de grondwaterstand.

Bij redelijke aannames over de, voor het gebied in Nederland waar grondwateronttrekkingen voor drinkwater plaats vinden, representatieve hoogte van deze weerstanden en de rol van de berging van water in de grond, volgt dat ca. 10 % van de onttrokken hoeveelheid grondwater wordt gevoed uit vermindering van de verdamping. Zie hiervoor het in de inleiding aangehaalde artikel in Stroomingen van Van Bakel. Maar reeds in de jaren zestig van de vorige eeuw hebben ICW-onderzoekers Ernst<sup>23</sup> en De Vries<sup>24</sup> de werkwijze toegepast en zij kwamen tot een nog hoger percentage.

Benadrukt moet worden dat dit percentage sterk wordt bepaald door de gekozen weerstanden en het in wat kunstmatig in rekening brengen van niet-stationaire effecten. Deze bedenkingen gelden ook voor de afleidingen van Ernst en De Vries. Bij de afleiding van het percentage van 10% zijn dus

---

<sup>21</sup> Visser, W.C., 1958. De landbouwwaterhuishouding van Nederland. COLN-TNO.

<sup>22</sup> Van Bakel, P.J.T., E.M.P.M. van Boekel en I.G.A.M. Noij, 2008. Modelonderzoek naar effecten van conventionele en samengestelde peilgestuurde drainage op de hydrologie en nutriëntenbelasting. Alterra-rapport 1647.

<sup>23</sup> Ernst, L.F., 1967. Verandering in waterverbruik door gewassen op zandgrond tengevolge van veranderingen in grondwaterstand. ICW-nota 421.

<sup>24</sup> De Vries, J.J., 1967. De geo-hydrologische gesteldheid van de Achterhoek en de consequenties van toenemende grondwaterwinning. ICW-nota 390.

veel bedenkingen mogelijk maar voorsnog is de hypothese: 10 % van de permanente grondwateronttrekking door waterleidingbedrijven en industrie is afkomstig van reductie van verdamping.

Toepassing van dit percentage op de hoeveelheid grondwater die jaarlijks permanent aan het grondwater wordt onttrokken door waterleidingbedrijven en industrie, zijnde ca. 1 miljard m<sup>3</sup>, zou resulteren in een jaarlijkse reductie van de verdamping van 100 miljoen m<sup>3</sup>. Ongeveer 60% van het landoppervlakte van Nederland wordt ingenomen door de landbouw. Derhalve bedraagt de jaarlijkse reductie van de verdamping van landbouwgewassen volgens deze methode 60 miljoen m<sup>3</sup>. Omdat een onbekend deel van de voeding ook afkomstig kan zijn van grote wateroppervlakken is de beste schatting afgerond 50 miljoen m<sup>3</sup>. De schade die daardoor ontstaat is te schatten op 30 miljoen euro per jaar. Dit is ongeveer het 15-voudige van de schade die jaarlijks wordt uitgekeerd. Er zijn de nodige redenen te noemen waarom er een verschil is:

- de gebruikte representatieve waarden voor de drainageweerstand en de verdampingsreductieweerstand. Gezien de grote ruimtelijke variabiliteit van beide weerstanden is het welhaast ontoelaatbaar hier een representatieve waarde voor te nemen;
- de aanname dat 60% van de verdampingsreductie plaats vindt op landbouwpercelen is niet gebaseerd op daadwerkelijke ligging van landbouwpercelen ten opzichte van winningslocaties;
- een verlaging van de grondwaterstand leidt niet alleen tot meer droogteschade maar meestal ook tot minder natschade. In de regel is de afname van de natschade groter dan de toename van de droogteschade. Dus *per saldo* zou grondwateronttrekking gunstig zijn voor de landbouw. Echter deze redenering gaat niet op om de volgende redenen:
  - de vermindering van de natschade kan alleen binnen 1 bedrijf worden gesaldeerd met de toename van de droogteschade;
  - agrariërs kunnen maatregelen nemen om de toename van de natschade in een situatie zonder grondwaterwinning op te heffen. En dat is ook de algemene handelwijze.
  - agrariërs kunnen maatregelen nemen om de toename van de droogteschade in een situatie met grondwaterwinning op te heffen, bijvoorbeeld door over te gaan op beregening of, in het geval er al beregening is, meer te beregenen.
- als de grondwaterstandsverlaging door permanente grondwaterwinningen minder is dan 5 cm wordt de daardoor veroorzaakte schade aan de landbouw niet meegenomen. Dit is te vergelijken met een normaal maatschappelijk risico bij planschade, zij het dat de grens van 5 cm is gekozen op basis van (toentertijd) haalbaar geachte modelnauwkeurigheid. Naar schatting wordt hierdoor 20% van de verdampingsreductie 'over het hoofd gezien';
- de zogenoemde achtergrondverlaging. De NHV-werkgroep Achtergrondverlaging heeft in haar rapport de achtergrondverlaging gedefinieerd als: **"...dat deel van de uit waarnemingen afgeleide en over grotere gebieden en tijdschalen aanwezige verlaging van de grondwaterstand en stijghoogte, dat niet kan worden verklaard op basis van de gebruikte kennis"**. De achtergrondverlaging kan als correctie worden toegepast op de gemeten totale verlaging binnen het beïnvloedingsgebied van een winning. Maar de vaststelling van de achtergrondverlaging is voor een deel procedureel van aard. Zeker in het geval de invloedsgebieden van afzonderlijke winningen elkaar overlappen. Als namelijk bij de vaststelling van de effecten van een afzonderlijke winning de winningen in de omgeving niet worden meegenomen maar worden verdisconteerd in de achtergrondverlaging is het effect van alle winningen integraal berekend groter dan de som van de effecten van alle afzonderlijke winningen;
- de volgtijdelijkheid. Het effect van een grondwaterwinning op de grondwaterstand hangt af van de uitgangssituatie. Als het effect van een winning in het veld wordt vastgesteld aan de hand van bodemkenmerken is het effect van een winning op de grondwaterstand niet te onderscheiden

van andere ingrepen zoals het verbeteren van de ont- en afwatering. En dus is er een afspraak nodig over de verdeling met kans op over- of onderschatting van de effecten van de winning. In genoemd rapport van de NHV-werkgroep wordt hier uitgebreid op ingegaan.

- 'onvolkomen' modellering. Geen enkel model is perfect maar de in het verleden toegepaste modellen zijn soms als zeer onvolkomen te kenschetsen. In het rapport van de werkgroep Achtergrondverlaging wordt een opsomming gegeven van de verschillende oorzaken van onvolkomen modellering en deze lijst is indrukwekkend lang. Dat wil overigens niet zeggen dat dit altijd leidt tot onderschatting van de effecten van een grondwaterwinning;
- van lang niet alle grondwaterwinningslocaties zijn schaderegelingen opgesteld.

Een aantal van deze redenen kunnen leiden tot meer of minder discrepantie tussen de 10% volgens de hypothese en het percentage verdampingsreductie dat daadwerkelijk wordt vertaald in schade, maar de discrepantie is te groot om te negeren.

Dus is het zaak door een nader onderzoek een betere onderbouwing te geven van de stelling dat ca. 10% van de grondwateronttrekkingen afkomstig is van reductie van de verdamping danwel aan te tonen dat dit percentage drastisch moet worden verlaagd. Daarom is het idee opgevat van een verkennend onderzoek waarbij met een numeriek hydrologisch model waarin alle hydrologische deelsystemen zijn opgenomen, landsdekkend de effecten van alle permanente grondwaterwinningslocaties op de verdamping van landbouwgewassen voor een langjarige periode door te rekenen. Daarbij is de situatie anno 2015 -met de bestaande winningslocaties en winningshoeveelheden, de actuele ont- en afwatering en de actuele omvang van het beregenbaar areaal<sup>25</sup>- de uitgangssituatie **en** de situatie zonder permanente grondwaterwinningslocaties door waterleidingbedrijven -waarbij de ont- en afwatering, de omvang het beregenbaar areaal en de meteorologische randvoorwaarden niet veranderen- scenario 1. In hoofdstuk 5 wordt beschreven waarom dit scenario uiteindelijk niet is gebruikt voor de analyse.

---

<sup>25</sup> Massop, H.Th.L., C. Schuiling en A.A. Veldhuizen, 2013. Potentiele beregeningskaart 2012. Alterra-rapport 2382.

## Bijlage 2: Beschrijving LHM

Er wordt al jaren gewerkt aan het Nationaal Hydrologisch instrumentarium (NHI). Deltares is de hoofduitvoerder maar ook Wageningse kennisinstituten zijn er bij betrokken. De volgende beschrijving is ontleend aan de site van het NHI ([www.nhi.nu](http://www.nhi.nu)).

### Het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium

Het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI) is de verzameling van software en data voor het ontwikkelen van grondwater- en oppervlaktewatermodellen voor Nederland op landelijke en regionale schaal. Het NHI is bedoeld om de kennis van specialisten bij waterbeheerders, instituten en adviesbureau's te bundelen om te komen tot kwalitatief goede instrumenten en data.

Het NHI kent zowel landelijke als regionale toepassingen. De landelijke toepassing wordt het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) genoemd. Het LHM is vooral gericht op de waterbeweging in gemiddelde en droge omstandigheden en is gebruikt in het Deltamodel en een operationeel landelijk model voor actuele droogte.

In het LHM is Nederland opgedeeld in gridcellen van 250 bij 250 m. Dus elke grid heeft een oppervlak van 6,25 ha. Aan elk grid worden via bewerking van landsdekkende databestanden eigenschappen toegekend. Met aldus opgebouwde model kunnen berekeningen worden uitgevoerd, zowel stationair als niet-stationair.

Met dit model is het mogelijk per grid (de opdeling van Nederland in vierkanten; elke vierkant wordt een in modeltermen een grid genoemd) de effecten van allerlei ingrepen in het hydrologisch systeem op stijghoogtes, grondwaterstanden, af- en aanvoeren, beregning, gewasverdamping dynamisch (in de tijd variabel) te berekenen, uitgedrukt als tijdsverlopen van veranderingen van modelvariabelen zoals grondwaterstand en gewasverdamping. Dus ook de effecten van (het stoppen van) de winningen door de waterleidingbedrijven. In het model voor de huidige situatie zijn deze winningen opgenomen in het model. Door ze alle uit te zetten en een nieuwe run te maken waarbij de rest van het model zowel qua eigenschappen als qua waterbeheer als qua randvoorwaarden (meteorologische reeks van bij voorkeur het meest recente klimaat (1980 t/m 2009) gelijk wordt gehouden, wordt het effect van het stopzetten van de winningen op het tijdsverloop van de modelvariabelen berekend. Door de veranderde tijdsverlopen van bijvoorbeeld grondwaterstanden en verdamping te vergelijken met de tijdsverlopen van de run van de huidige situatie is het effect van de ingreep waterwinning door waterleidingbedrijven te kwantificeren.

Op de site [www.nhi.nl](http://www.nhi.nl) staan per thema diverse documenten waarin in detail wordt beschreven welke data zijn gebruikt en hoe deze zijn geschematiseerd voor LHM. In onderstaande afbeelding wordt een voorbeeld gegeven.

**Nederlands Hydrologisch Instrumentarium**

Home Data Software **Documentatie** Toepassingen Ontwikkelingen Organisatie Contact

**Thema's**

- Ondergrond
- Maaiveld
- Zoet-zout
- Oppervlaktewater
- Buisdrainage
- Landgebruik**
- Berekening
- Bodem
- Onttrekkingen
- Meteorologie

**Versies**

- V3.3.0**
- V3.2.0
- V3.1.0
- V3.02
- V3.01
- V3.0
- V2.2
- V2.1
- V2.0
- V1.0

## Landgebruik

In het LHM wordt (sinds versie LHM 3.2) onderscheid gemaakt in 23 typen landgebruik op basis van LGN 7 en aanvullende informatie over bijvoorbeeld ligging van sportvelden, natuurgebieden en informatie over onderscheid in licht en donker naaldhout.

De basis voor de indeling in landgebruik en de bijbehorende gewassenmerken is vastgelegd voor LHM 1 in 2008 (zie downloads). In LHM 2.2 is het areaal verhard gebied gedifferentieerd, door op basis van literatuur slechts een deel van de cellen gekenmerkt als areaal verhard gebied daadwerkelijk ook als verhard gebied te modelleren. Het resterende deel wordt grotendeels gemodelleerd als gras (zie veranderingsrapportage NHI 2.2.).

In LHM 3.0 zijn de gewasparameters herzien, zodanig dat de actuele verdamping beter aansluit bij praktijkgegevens.

In 2014 is de wortelzone dikte geanalyseerd. Dit heeft geleid tot een aantal aanbevelingen die in de volgende release hebben geleid tot bijstelling.

In LHM 3.2 is de indeling in landgebruik geheel herzien (o.b.v. LGN7) en de wortelzonedikte licht aangepast.

In LHM 3.3 is de lengte van het groeiseizoen voor enkele gewassen aangepast.

De wijzigingen zijn nader beschreven in de veranderingsrapportages van LHM (zie versies).

**Download**

- Analyse verdamping en wortelzonedikte 2014
- Schematisatie van de gewassenmerken in NHI (2008)
- Schematisatie van het landgebruik in NHI (2008)
- Gevoeligheidsanalyse verdamping (2013)
- Toelichting op verdamping in LHM (2015)

Afbeelding B2.1: Uitsnede van de NHI-site betreffende de documentatie voor het thema Landgebruik

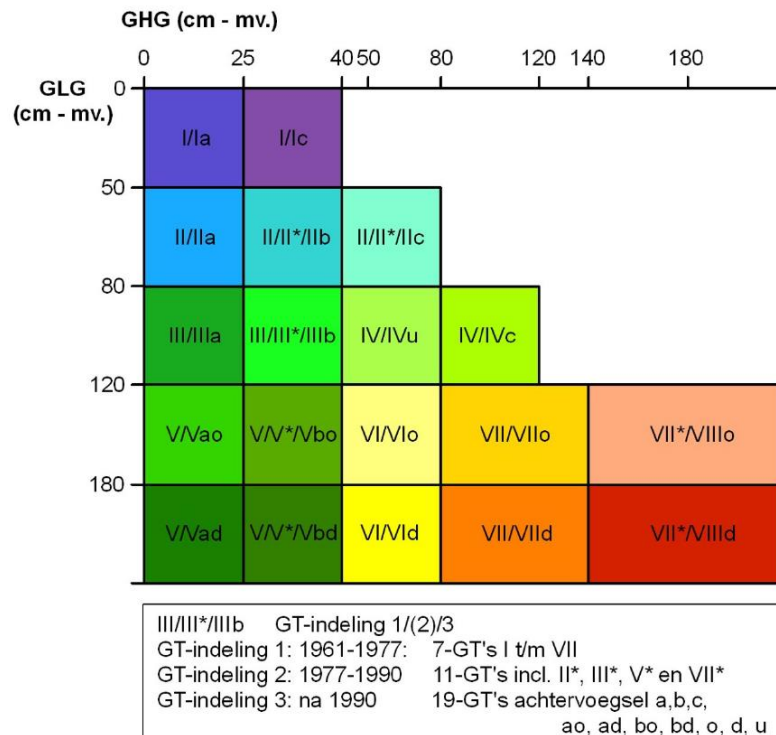
In deze studie is gebruik gemaakt van V3.3.0.

## Bijlage 3: Beschrijving HELP-methodiek

De lopende en historische schaderegelingen bij grondwateronttrekkingen is gebaseerd op uit veldonderzoek en/of modelberekeningen afgeleide verlaging van de grondwaterstand als gevolg van die onttekkningen. Deze verlagingen worden per schadevlak (een unieke combinatie van bodemtype en Grondwatertrap<sup>26</sup>) vertaald naar een verlaging van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GHG resp. GLG). Hieruit wordt de Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GVG) afgeleid. Vervolgens worden de zogenoemde TCGB-tabellen toegepast die reeds eerder zijn aangehaald. De TCGB-tabellen zijn afgeleid van de HELP-tabellen en het is dus toegestaan de HELP-tabellen toe te passen. De HELP-tabel en de daarvan afgeleide TCGB-tabellen die worden gebruikt bij de vaststelling van landbouwschade van waterhuishoudkundige maatregelen en grondwaterwinningen is al decennia de facto de standaardmethode om landbouwschades vast te stellen. Deze tabel is aan actualisatie toe<sup>27</sup>. Onder auspiciën van STOWA wordt hier momenteel aan gewerkt<sup>28</sup>. Maar tot het moment dat de resultaten ervan zijn verwerkt in nieuwe ‘tabellen’ is de HELP-methode van toepassing.

<sup>26</sup>

*Gt* (Grondwatertrap) is een typische combinatie van GHG- en GLG-classes welke op onderstaande wijze is onderverdeeld (figuur 1.2).



<sup>27</sup> Bakel, J. van en J. Heijkers, 2004. Is de HELP-tabel aan vervanging toe? H<sub>2</sub>O #37: 8-10.

<sup>28</sup> Hack-ten Broeke, M., J. Kroes, R. Hendriks, R. Bartholomeus, J. van Bakel en I. Hoving, 2013. Actualisatie Schadefuncties Landbouw. Tussenfase 2a: Plausibiliteitstoets SWAP en enkele verkennende berekeningen. STOWA-rapport 2013-37.



Als we de GHG en GLG in het referentiescenario toepassen vinden de nat- en droogteschade in de referentiescenario, uitgedrukt als percentage van de in de praktijk maximaal haalbare gewasopbrengst. Als we dit ook doen voor scenario 1 en de aldus bepaalde nat- en droogteschade daarvan aftrekken vinden we per landbouwgridcel de verandering in nat- en droogteschade. Dit is echter alleen toegestaan voor niet bergbare landbouwgrids omdat door berekening de relatie tussen GHG en GLG enerzijds en nat- en droogteschade anderzijds verloren gaat.

Belangrijk is op te merken dat de met de HELP-tabel bepaalde opbrengstreducties voor de droogteschade gelijk zijn aan de procentuele verandering in totale gewasverdamping per groeiseizoen gemiddeld over een periode van 1950 t/m 1979. De natschade is gebaseerd op slechts enkele expertrelaties. Zie verder het rapport van de Werkgroep HELP-tabel. Deze relaties zijn ten behoeve van Water-nood verder verfijnd en aangevuld en zijn als computerapplicatie raadpleegbaar (Zie [www.help200x.alterra.nl](http://www.help200x.alterra.nl)) of als nabewerking te koppelen aan grondwatermodellen. De nabewerkingstool AGRICOM bevat deze verfijnde HELP-tabellen is binnen LHM de standaard nabewerking als het gaat om nat- en droogteschade als fractie van de potentiële fysieke gewasopbrengst (in kg). Vermenigvuldiging met de kg-prijs minus de met de aan oogstomvang te relateren kosten levert per gewas de schade in euro's.



## Bijlage 4: CDG-normbedragen

voorlo-  
pig

	grasland	gras (biol.dyn.)	akkerbouw	gemengd	veedrenking		berekening bij 4%	bos
1950	7.07				1.36	2.27		
1951	8.41				1.36	2.27		
1952	8.05				1.36	2.27		
1953	7.44				1.36	2.27		
1954	8.75				1.36	2.27		
1955	7.50				1.36	2.27		
1956	7.97				1.36	2.27		
1957	7.26				1.36	2.27		
1958	7.65				1.36	2.27		
1959	9.11				1.36	2.27		
1960	7.99				1.82	3.18		
1961	8.13				1.82	3.18		
1962	9.99				1.82	3.18		
1963	9.57				1.82	3.18		
1964	9.22				1.82	3.18		
1965	10.01				1.82	3.18		
1966	10.42				1.82	3.18	14.07	
1967	9.80		10.84	10.32	1.82	3.18	17.24	
1968	10.96		10.78	10.87	1.82	3.18	17.24	
1969	12.20		12.31	12.25	1.82	3.18	20.87	
1970	12.96		12.48	12.72	2.04	4.31	20.87	
1971	11.15	16.73	11.94	11.55	2.04	4.31	24.50	
1972	11.98	17.97	14.04	13.01	2.04	4.31	28.13	
1973	14.80	22.20	13.77	14.29	2.04	4.31	31.31	
1974	15.58	23.37	15.08	15.33	2.04	4.31	34.94	
1975	15.81	23.72	20.68	18.25	2.50	5.67	38.57	
1976	18.66	27.99	24.14	21.40	2.50	5.67	41.75	
1977	15.58	23.37	16.10	15.84	2.50	5.67	41.75	
1978	15.81	23.72	17.46	16.64	2.50	5.67	45.38	
1979	17.88	26.82	19.02	18.45	2.50	5.67	49.01	
1980	19.20	28.80	20.39	19.80	2.95	6.58	52.18	
1981	19.20	28.80	22.14	20.67	2.95	6.58	52.18	
1982	18.51	27.77	21.53	20.03	2.95	6.58	55.81	
1983	20.75	31.13	29.12	24.94	2.95	6.58	55.81	
1984	18.37	27.56	23.08	20.73	2.95	6.58	55.81	
1985	17.51	26.27	23.16	20.33	2.95	7.03	59.45	
1986	16.71	25.07	23.48	20.10	2.95	7.03	59.45	20.56
1987	14.30	21.45	21.37	17.83	2.95	7.03	59.45	19.60
1988	16.38	24.57	22.88	19.63	2.95	7.03	59.45	21.48
1989	15.29	22.94	24.39	19.84	2.95	7.03	59.45	19.72
1990	12.41	18.62	21.96	17.19	3.18	7.71	59.45	17.37
1991	13.75	20.63	22.89	18.32	3.18	7.71	62.62	15.35

1992	13.01	19.52	19.98	16.49	3.18	7.71	62.62	16.44
1993	12.77	19.16	20.60	16.69	3.18	7.71	62.62	12.19
1994	13.38	20.07	28.29	20.84	3.18	7.71	62.62	10.12
1995	12.70	19.05	23.75	18.22	3.29	8.74	64.44	15.09
1996	13.98	20.97	21.60	17.79	3.29	8.85	66.25	12.39
1997	11.66	17.49	22.86	17.26	3.40	9.08	68.07	13.17
1998	14.02	21.03	28.32	21.17	3.52	9.42	70.34	14.12
1999	15.05	22.58	20.28	17.67	3.63	9.64	71.47	14.18
2000	13.99	20.99	23.06	18.53	3.63	9.76	73.74	13.97
2001	15.04	22.56	25.89	20.47	3.86	10.21	76.01	13.92
2002	14.18	21.27	20.56	17.37	4.00	10.60	79.00	13.40
2003	14.70	22.05	28.45	21.58	4.10	10.90	80.00	12.65
2004	15.27	22.91	18.69	16.98	4.10	10.90	81.00	12.20
2005	15.12	22.68	26.85	20.99	4.20	11.20	83.00	14.58
2006	16.62	24.93	36.83	26.73	4.25	11.35	84.00	17.52
2007	23.59	35.39	25.97	24.78	4.30	11.40	85.00	29.18
2008	23.08	34.62	22.86	22.97	4.40	11.80	88.00	24.50
2009	14.05	21.08	22.56	18.31	4.40	11.80	88.00	19.75
2010	18.64	27.96	30.37	24.51	4.50	12.00	89.00	36.04
2011	24.12	36.18	33.94	29.03	4.60	12.30	92.00	32.41
2012	26.88	40.32	38.49	32.69	4.70	12.50	93.00	31.00
2013	31.34	47.01	35.70	33.52	4.70	12.60	94.00	33.31
2014	28.53	42.80	30.92	29.73	4.80	12.70	95.00	35.17
2015	26.60	39.90	33.39	30.00	4.80	12.80	95.00	34.78
2016	25.32	37.98	28.00	26.66	4.80	12.90	96.00	34.89
2017	25.54	38.31	28.00	26.77	4.90	13.00	97.00	€ 29.95