

A network diagram consisting of various-sized light blue circles connected by thin white lines, set against a solid blue background. The circles are scattered across the page, with some larger and some smaller, creating a complex web of connections.

KWR 2021.030 | Maart 2021

**Doorwerking van sub-
irrigatie op de
regionale
grondwaterstand. Een
korte verkenning voor
de casus Bavaria in
Lieshout**

Rapport

Doorwerking van sub-irrigatie op de regionale grondwaterstand. Een korte verkenning voor de casus Bavaria in Lieshout

KWR 2021.030 | Maart 2021

Opdrachtnummer

402088

Projectmanager

Klaasjan Raat

Opdrachtgever

BTO in het kader van WiCE – Water in de Circulaire Economie

Auteur

Marjolein van Huijgevoort

Kwaliteitsborger

Ruud Bartholomeus

Verzonden naar

Betrokkenen bij Boer-Bier-Water en WiCE

Dit rapport is openbaar.

Keywords

Sub-irrigatie, regionaal, grondwater, waterhergebruik

Jaar van publicatie

2021

Meer informatie

Marjolein van Huijgevoort

T +31 30 606 9646

E marjolein.van.huijgevoort@kwrwater.nl

PO Box 1072

3430 BB Nieuwegein

The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl

The logo for KWR (Koninklijk Water Research Instituut) consists of the letters 'KWR' in a bold, blue, sans-serif font. The 'K' and 'W' are connected at the top.

Maart 2021 ©

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Dankwoord

We willen graag het waterschap Aa en Maas bedanken voor het beschikbaar stellen van het grondwatermodel. Daarnaast bedanken we Chris van Rens (Aa en Maas) en Joachim Hunink (Deltares) voor de hulp bij het modelleren.

Samenvatting

Waterbeschikbaarheid en –vraag zijn niet altijd in evenwicht. In de zomer kunnen landbouwopbrengsten afnemen door een gebrek aan water, terwijl aan de andere kant restwater van industrieën snel afgevoerd wordt via het oppervlaktewater. Brouwerij Bavaria wil samen met agrariërs en waterbeheerders haar gezuiverd restwater (effluent) inzetten om het watertekort in de landbouw te verminderen en daarmee bijdragen aan een economisch gezonde agrarische sector. In 2016 is begonnen met een praktijkproef waarbij een deel van het effluent van Bavaria door middel van ondergrondse irrigatie via drainagebuizen (sub-irrigatie) naar een 8.5 ha groot graslandperceel in de omgeving gebracht wordt (Bartholomeus et al., 2018). De effecten van de sub-irrigatie op het perceel zelf zijn al eerder bepaald op basis van observaties. In deze studie is een regionaal grondwatermodel gebruikt om inzicht te geven in het regionale effect van sub-irrigatie. Voor de modellering is het grondwatermodel van waterschap Aa en Maas gebruikt, waaraan het sub-irrigatiesysteem is toegevoegd. De grondwaterstanden zijn gesimuleerd van 2013 tot en met 2017.

Uit de gesimuleerde grondwaterstanden blijkt dat het regionale effect van de sub-irrigatie beperkt is. De grootste stijging in grondwaterstand vindt plaats binnen het perceel, waar een toename van 0.8 m over het groeiseizoen wordt gesimuleerd. De meeste uitstraling van de sub-irrigatie vindt plaats in de richting van de Goorloop (noordelijke richting), maar effecten van meer dan 5 cm worden niet gevonden buiten het perceel. Er is met het model geen invloed van de sub-irrigatie gevonden in de diepere grondwaterpakketten vanwege een hoge weerstand van de scheidende laag.

Uit de waterbalans van het model blijkt dat de totale hoeveelheid geïnfilterd water wordt onderschat ten opzichte van de gemeten wateraanvoer. Dit kan betekenen dat het regionale effect van de sub-irrigatie ook wordt onderschat. In de werkelijke situatie wordt meer water aangevoerd, maar zijn de grondwaterstanden binnen het perceel lager. Er wordt echter in de observaties buiten het perceel geen groot effect van de sub-irrigatie gevonden, wat aangeeft dat de resultaten van het regionaal model plausibel zijn.

Inhoud

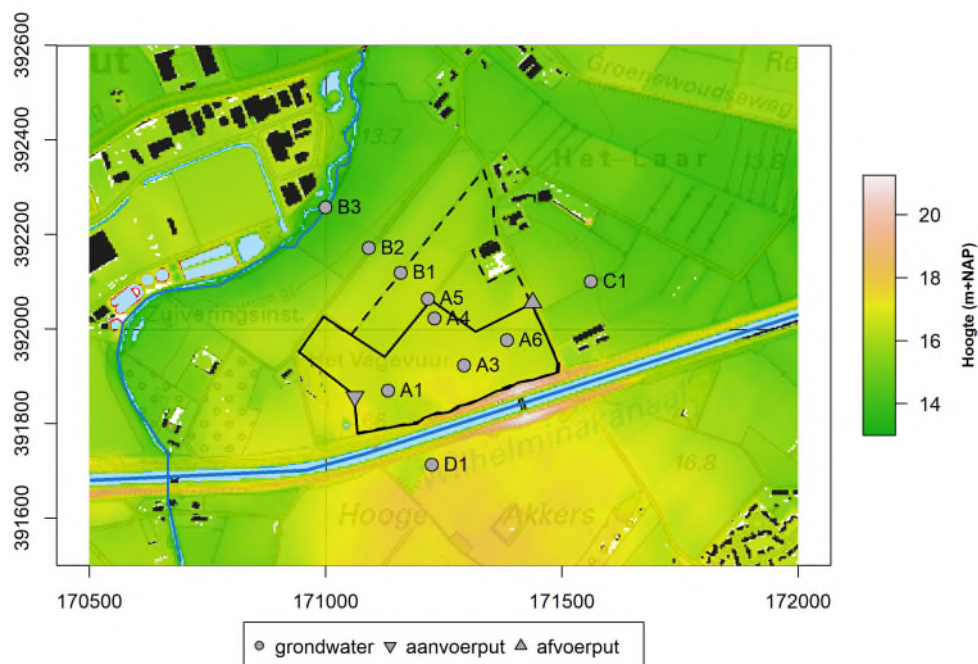
1	Inleiding	6
2	Methode	7
2.1	Model opzet	7
2.2	Data	7
3	Resultaten	8
3.1	Simulaties zonder sub-irrigatie	8
3.2	Simulaties met sub-irrigatie	10
3.3	Effect sub-irrigatie op omgeving	12
4	Conclusies	15
5	Referenties	16

1 Inleiding

Waterbeschikbaarheid en –vraag zijn niet altijd in evenwicht. In de zomer kunnen landbouwopbrengsten afnemen door een gebrek aan water, terwijl aan de andere kant restwater van industrieën snel afgevoerd wordt via het oppervlaktewater. Door slimmer gebruik te maken van dit restwater kunnen watertekorten in de landbouw verminderd worden en kan de druk op het grondwater afnemen. Brouwerij Bavaria wil samen met agrariërs en waterbeheerders haar gezuiverd restwater (effluent) inzetten om het watertekort in de landbouw te verminderen en daarmee bijdragen aan een economisch gezonde agrarische sector. In 2016 is begonnen met een praktijkproef in Lieshout, Noord-Brabant, waarbij een deel van het effluent van Bavaria door middel van ondergrondse irrigatie via drainagebuizen (sub-irrigatie) naar een 8.5 ha groot graslandperceel in de omgeving gebracht wordt (Bartholomeus et al., 2018).

De effecten van de sub-irrigatie op de grondwaterstand zijn in kaart gebracht door het meten van debieten, grondwaterstanden en bodemvochtgehalten. De locaties van de grondwatermeetpunten zijn weergegeven in Figuur 1. Monitoring van de grondwaterstanden is in 2015 gestart. De bevindingen van de veldproef zijn beschreven in Bartholomeus et al. (2018). Uit de metingen bleek dat de grondwaterstand op het perceel dusdanig verhoogd kan worden, dat de vochtvoorziening van het gewas verbetert. De verhoging van de grondwaterstand had tevens een positief (verhogend) effect op het bodemvochtgehalte. De metingen geven echter slechts beperkt inzicht in het regionale effect van de sub-irrigatie. Om de uitstraling naar omliggende percelen van de verhoogde grondwaterstand in kaart te brengen, is een regionaal grondwatermodel nodig.

In deze studie is een regionaal grondwatermodel gebruikt om inzicht te geven in de regionale effecten van sub-irrigatie.



Figuur 1 Maaiveldhoogte (m +NAP) en locaties van de grondwatermeetpunten voor het onderzoeksperceel bij Bavaria in Lieshout. De zwarte doorgetrokken lijn geeft het gedeelte van het perceel met het sub-irrigatiesysteem aan, de zwarte stippellijn het hele perceel.

2 Methode

2.1 Model opzet

Het uitgangspunt voor de modellering was het grondwatermodel van waterschap Aa en Maas (versie begin 2018). Het waterschap maakt gebruik van een MODFLOW model gekoppeld aan MetaSWAP voor de onverzadigde zone in een iMod omgeving (Vermeulen et al., 2018). MODFLOW simuleert de grondwaterstroming door de verschillende watervoerende pakketten. MetaSWAP simuleert de plant-atmosfeer interactie en stroming in de onverzadigde zone. Voor deze studie is specifiek gekeken naar de modelprestatie voor het landbouwperceel naast de Bavaria brouwerij en is het sub-irrigatiesysteem toegevoegd. Hiervoor is het model gerund met een resolutie van 25m bij 25m voor een kleiner gebied dan het oorspronkelijke model. De oppervlakte van het gebied is zo gekozen dat de sub-irrigatie geen invloed heeft op de randen. De infiltratiefactor van het Wilhelminakanaal bij het landbouwperceel is aangepast, zodat de waarde voor het hele kanaal gelijk is. De modelresultaten worden vergeleken met de gemeten grondwaterstanden op het perceel (Figuur 1). De grondwaterstanden zijn gesimuleerd van 2013 tot en met 2017. Het sub-irrigatiesysteem is toegevoegd aan het grondwatermodel via het “river” package. Op deze manier kan zowel infiltratie als drainage plaatsvinden via de drains.

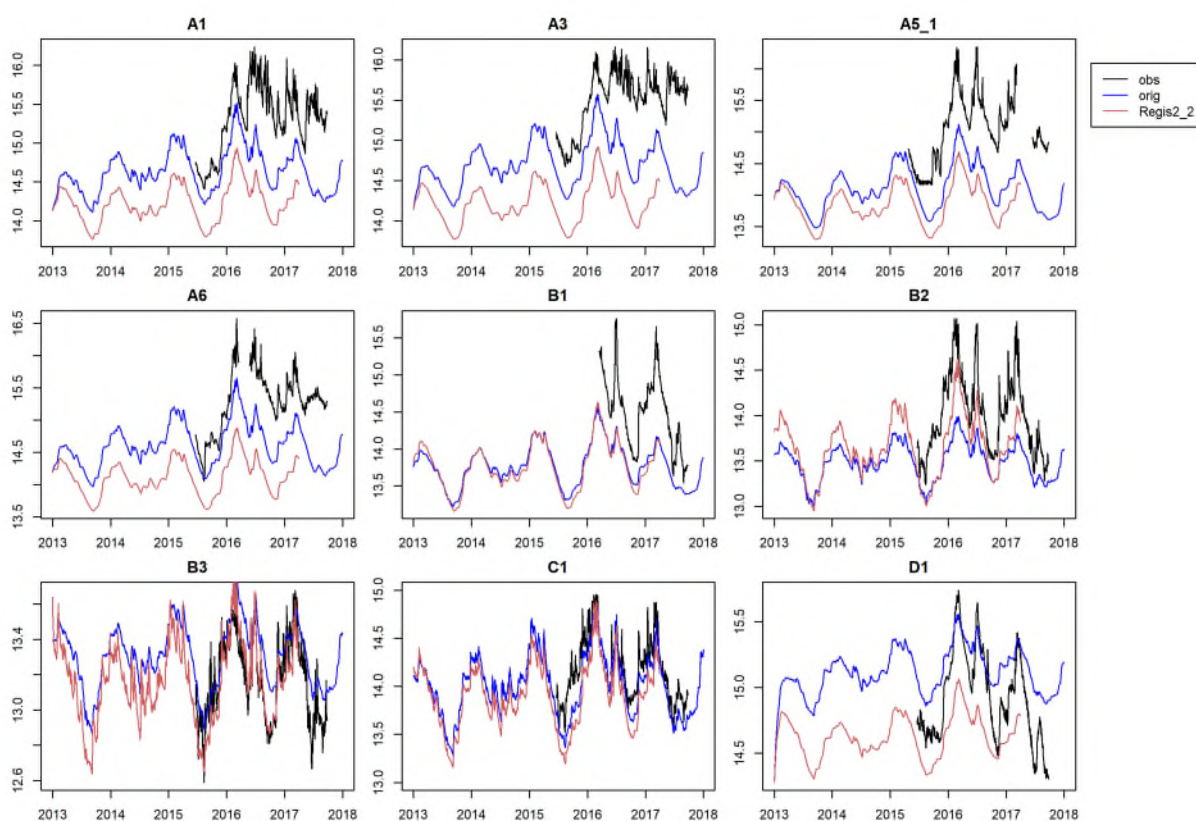
2.2 Data

Voor de invoergegevens is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de al in het model opgenomen informatie van het waterschap. Deze informatie omvat onttrekkingen, landgebruik en oppervlaktewaterstanden. Voor de meteorologische invoer (neerslag en verdamping) is gebruik gemaakt van KNMI data op basis van een raster (<https://dataplatform.knmi.nl/>). Voor het model met sub-irrigatie worden de dagelijkse peilen van de sub-irrigatie ingevoerd tijdens het groeiseizoen op basis van de observaties in de aanvoerput (Bartholomeus et al., 2018).

3 Resultaten

3.1 Simulaties zonder sub-irrigatie

De gesimuleerde grondwaterstanden op de locaties van de meetpunten voor het model zonder sub-irrigatie zijn weergegeven in Figuur 2. Deze modelresultaten kunnen alleen in de periode voor de aanleg van het sub-irrigatiesysteem vergeleken worden met de metingen, dus de periode voor mei 2016. Uit de eerste modelresultaten bleek dat de grondwaterstand op het perceel werd onderschat in vergelijking met de gemeten waarden bij verschillende observatiepunten (A3, A5, B2, Figuur 2).



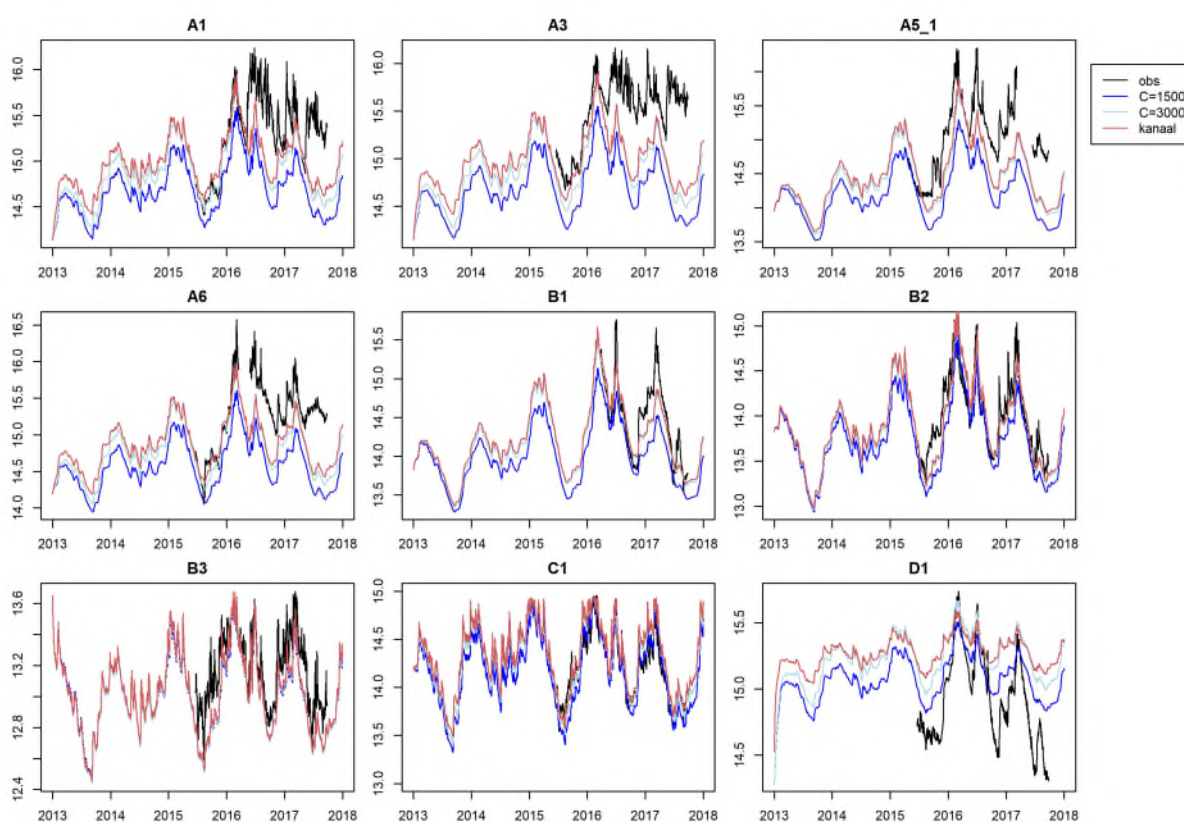
Figuur 2 Grondwaterstanden (m +NAP) bij de observatiepunten op het perceel. Zwart geeft de gemeten waarden (obs), blauw de grondwaterstanden gesimuleerd met het originele model (orig), rood de grondwaterstanden gesimuleerd met laagopbouw gebaseerd op REGIS2.2 (Regis2_2).

Naar aanleiding van deze resultaten zijn verschillende aanpassingen aan het model getest:

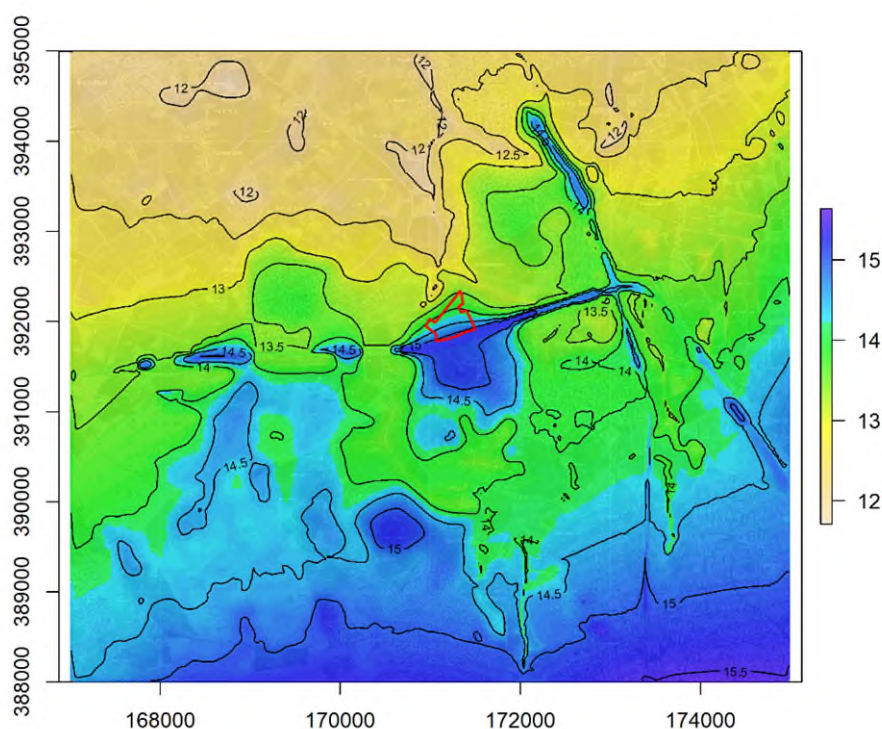
- Aanpassing laagopbouw: veel effect op grondwaterstanden. Het aangeleverde model bevatte de (verouderde) laagopbouw uit REGIS2.1, dit is veranderd naar REGIS2.2 (<https://www.dinoloket.nl/regis-ii-het-hydrogeologische-model>). Deze aanpassing had veel effect op de gesimuleerde grondwaterstanden (Figuur 2). Voor de peilbuizen dichtbij de Goorloop (B) was dit een positief effect; voor de peilbuizen midden op het perceel (A) werd in sommige gevallen de overeenkomst tussen de simulaties en de metingen minder goed. Er wordt aangenomen dat REGIS2.2 een betere beeld geeft van de werkelijkheid, daarom is toch gekozen voor REGIS2.2 voor de verdere analyses.
- Aanpassing weerstand eerste laag: weinig tot geen effect op grondwaterstanden.

- Aanpassing weerstand tweede laag: veel effect op grondwaterstanden. De weerstand is verhoogd om de onderschatting van de grondwaterstanden te voorkomen (Figuur 3). In werkelijkheid bevindt zich een leemlaag onder het perceel, die de hogere grondwaterstanden kan veroorzaken. Op basis van boorbeschrijvingen uit het DINOLOket is de weerstand in het model verhoogd wanneer een ondiepe leemlaag voorkomt. Naast de verhoging op de locaties gebaseerd op de boorbeschrijvingen is ook de weerstand onder het landbouwperceel met het sub-irrigatiesysteem verhoogd. Voor een goede overeenkomst tussen de simulaties en observaties is een zeer hoge weerstand (3000 d) nodig. Het nadeel van deze hoge weerstand is de beperking van de interactie tussen de grondwaterlagen. Hierdoor is geen effect van de sub-irrigatie meer te verwachten in de diepere lagen. In de observaties wordt ook slechts zeer beperkt een verhoging gevonden van de grondwaterstanden in de diepere lagen door de sub-irrigatie (Bartholomeus et al., 2018). Daarom kan nog steeds een realistische simulatie gegeven worden van het regionale effect van de sub-irrigatie met de hoge weerstand.
- Aanpassing weerstand Goorloop: weinig effect op grondwaterstanden. Dit impliceert dat de Goorloop weinig invloed heeft op het verloop van de grondwaterstanden in het perceel. Dit wordt ondersteund door een tijdreeksanalyse uitgevoerd op de metingen (Bartholomeus et al, 2018).
- Aanpassing weerstand Wilhelminakanaal nabij het perceel: weinig effect op grondwaterstanden (Figuur 3).
- Aanpassing weerstand sloot nabij observatiepunt C1: weinig tot geen effect op grondwaterstanden.
- Aanpassing doorlatendheid tweede bodemlaag: weinig effect op grondwaterstanden.

Het uiteindelijk gekozen model heeft een hogere weerstand voor de tweede laag (3000 dagen) ten opzichte van het originele model en heeft een lagenopbouw die is gebaseerd op REGIS 2.2. De gemiddelde grondwaterstanden over het groeiseizoen in 2017 (1 mei-17 oktober) voor het hele modelgebied zijn weergegeven in Figuur 4.



Figuur 3 Grondwaterstanden (m +NAP) bij de observatiepunten op het perceel na modelaanpassingen. Zwart geeft de gemeten waarden (obs), blauw de grondwaterstanden gesimuleerd met een weerstand voor de tweede laag van 1500 d (C=1500), lichtblauw de grondwaterstanden gesimuleerd met een weerstand voor de tweede laag van 3000 d (C=3000), rood de grondwaterstanden gesimuleerd met een model met aangepaste weerstand van het kanaal (kanaal) en weerstand voor de tweede laag van 3000 d.

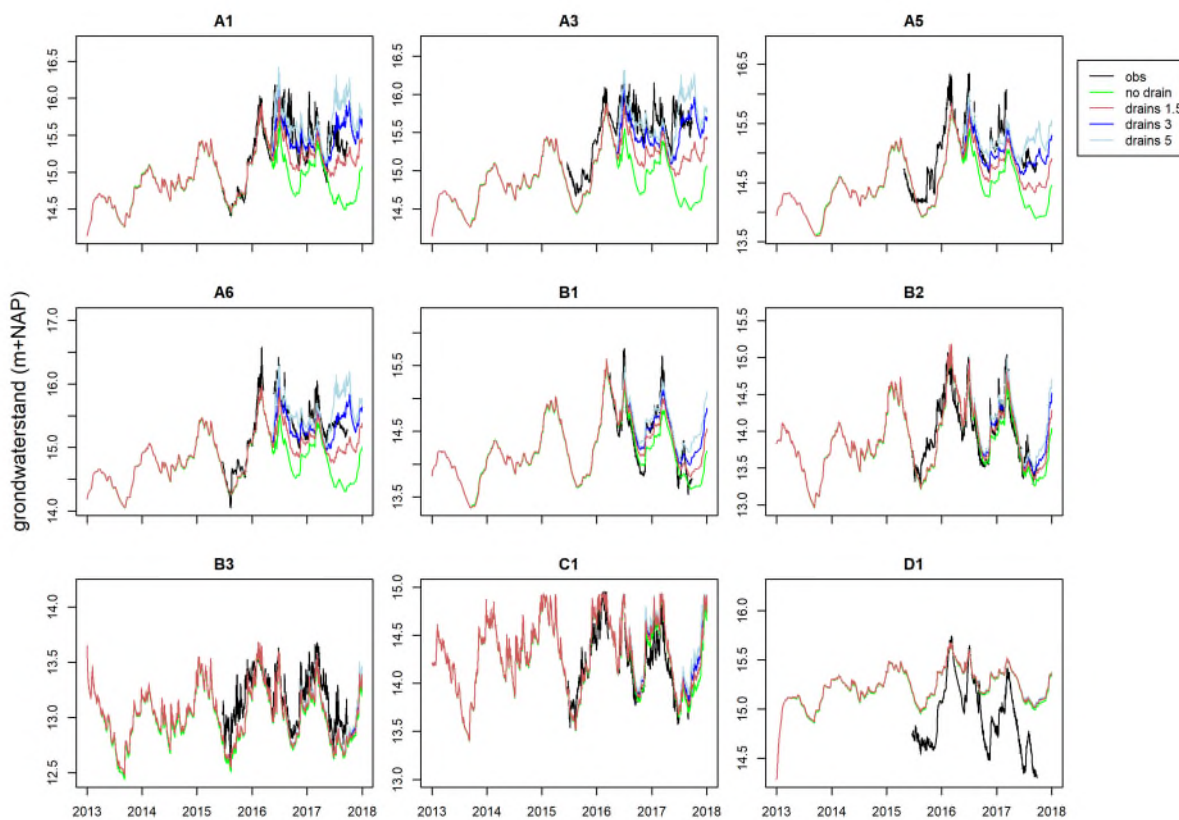


Figuur 4 Gemiddelde grondwaterstanden (m +NAP) in de eerste laag over het groeiseizoen in 2017 gesimuleerd zonder sub-irrigatie. De rode lijn geeft het totale onderzoeksperceel aan.

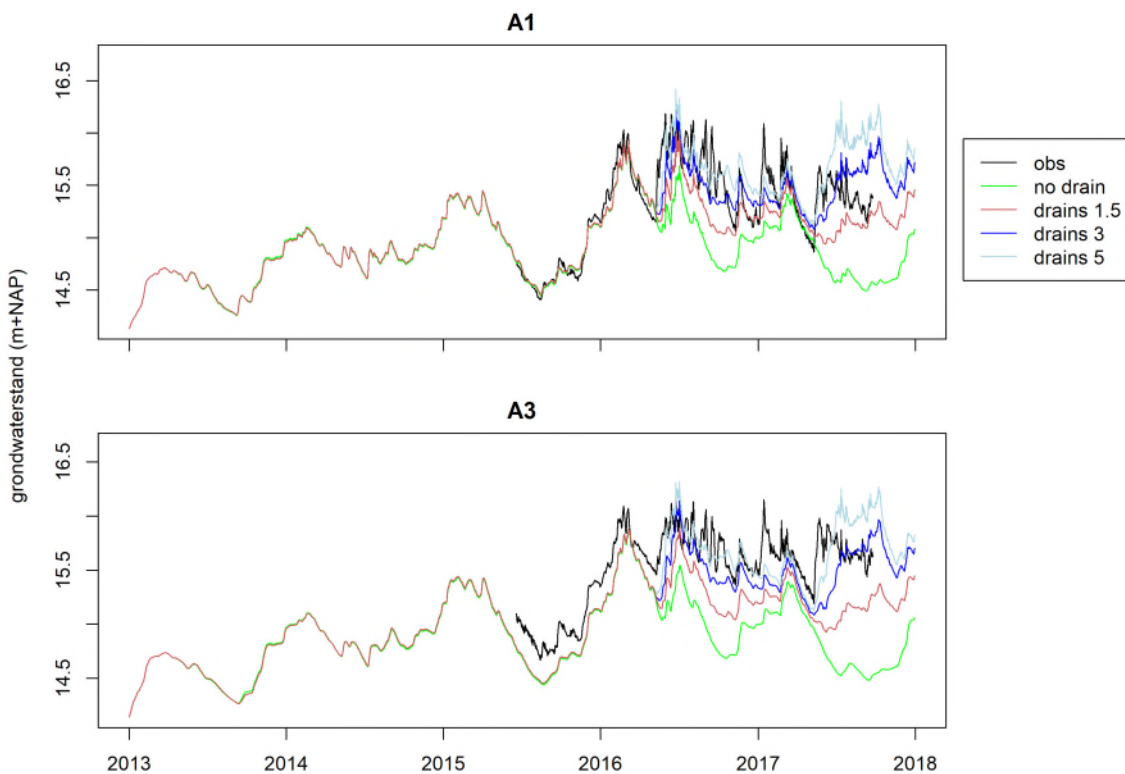
3.2 Simulaties met sub-irrigatie

Het sub-irrigatiesysteem op het onderzoeksperceel is toegevoegd aan het regionale model. Voor het bepalen van de parameters van het sub-irrigatiesysteem zijn verschillende waarden voor de infiltratieweerstand voor de drains (1.5, 3 en 5 m²/d, Figuur 5) getest. De grondwaterstanden midden op het perceel zijn nogmaals weergegeven in meer detail in Figuur 6. Uit de vergelijking met de observaties blijkt dat een infiltratieweerstand van 3 m²/d het meest overeenkomt met de werkelijkheid. De grondwaterstanden in het model reageren trager op het begin van de sub-irrigatie dan gemeten grondwaterstanden, maar de uiteindelijke toename in grondwaterstand komt goed overeen. Gedurende het groeiseizoen daalt de gemeten grondwaterstand ten opzichte van de gesimuleerde grondwaterstand. Dit wordt veroorzaakt door een toename in de infiltratieweerstand in het veld (Van der Schans, 2019). Deze toename is wel waargenomen in de observaties (Bartholomeus et al., 2018), maar niet meegenomen in de modelsimulaties, waarin de weerstand constant is. De gemiddelde grondwaterstanden voor het hele gebied over het groeiseizoen 2017, gesimuleerd met een infiltratieweerstand van 3 m²/d, zijn weergegeven in Figuur 7.

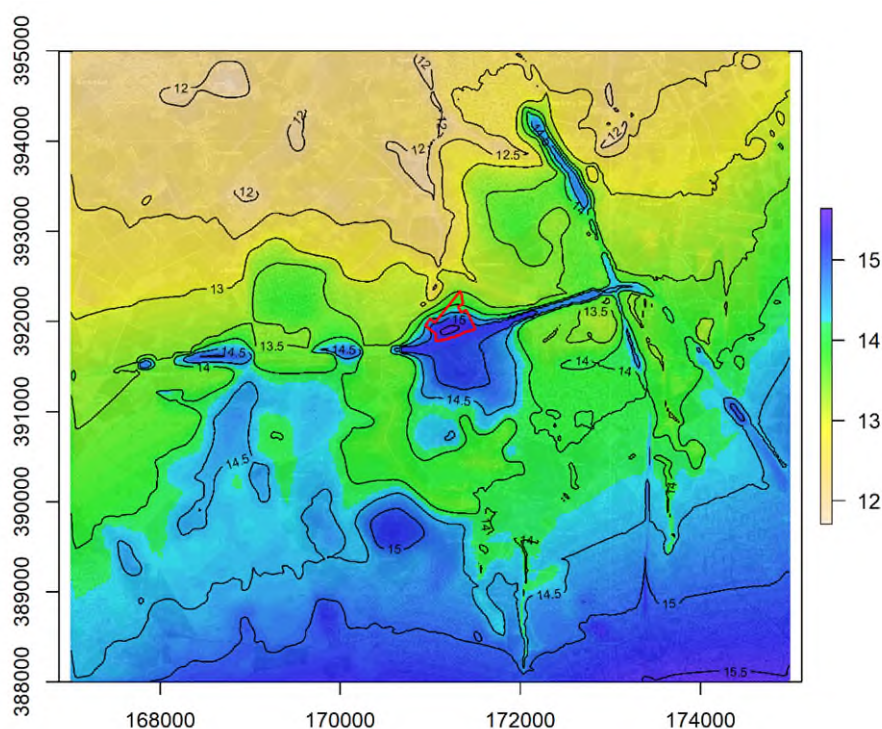
Uit de metingen van wateraanvoer blijkt dat in 2016 ± 28 000 m³ water is aangevoerd en in 2017 ± 36 500 m³ (Bartholomeus et al., 2018). Uit de waterbalans van het model met sub-irrigatie met een infiltratieweerstand van de drains van 3 m²/d kan een schatting gegeven worden van de gesimuleerde hoeveelheid water die wordt geïnfiltreerd. Volgens het model is in 2016 ongeveer 17 279 m³ geïnfiltreerd en in 2017 ongeveer 29 500 m³. Deze getallen zijn lager dan de gemeten waarden, maar geven wel duidelijk het verschil tussen de twee jaren weer. De verschillen tussen de observaties en het model worden veroorzaakt door de betrouwbaarheid van het model en met name door de aanname voor de weerstand van de scheidende laag.



Figuur 5 Grondwaterstanden (m +NAP) bij de observatiepunten gesimuleerd met sub-irrigatie. Zwart geeft de gemeten waarden (obs), groen de grondwaterstanden gesimuleerd zonder sub-irrigatie, rood de grondwaterstanden gesimuleerd met een infiltratieweerstand van 1.5 m²/d, blauw de grondwaterstanden gesimuleerd met een infiltratieweerstand van 3 m²/d, lichtblauw de grondwaterstanden gesimuleerd met een infiltratieweerstand van 5 m²/d.



Figuur 6 Grondwaterstanden (m +NAP) bij de observatiepunten A1 en A3 gesimuleerd met sub-irrigatie. Kleuren zijn gelijk aan Figuur 5.

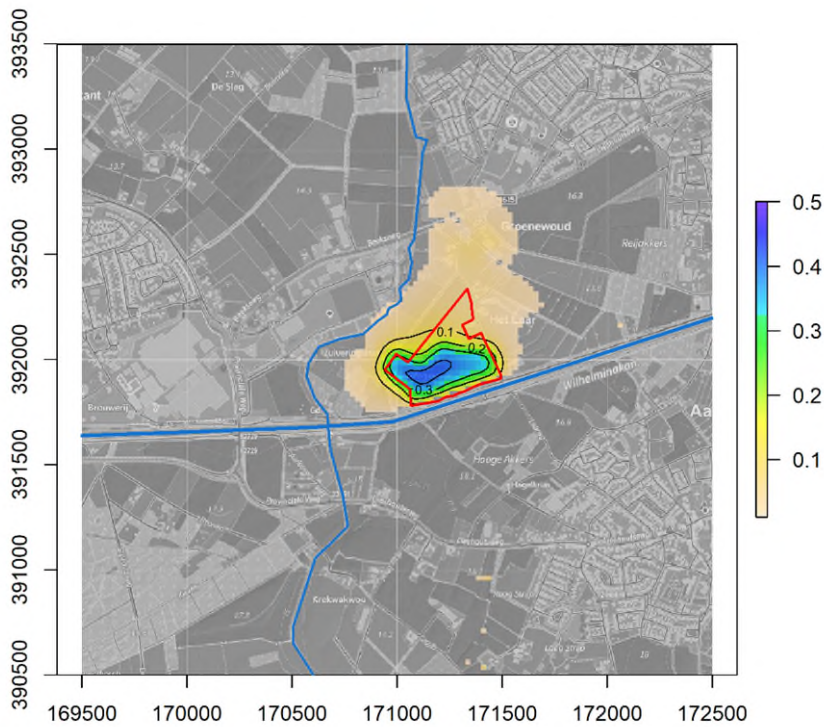


Figuur 7 Gemiddelde grondwaterstanden (m +NAP) in de eerste laag over het groeiseizoen in 2017 gesimuleerd met sub-irrigatie. De rode lijn geeft het totale onderzoeksperceel aan.

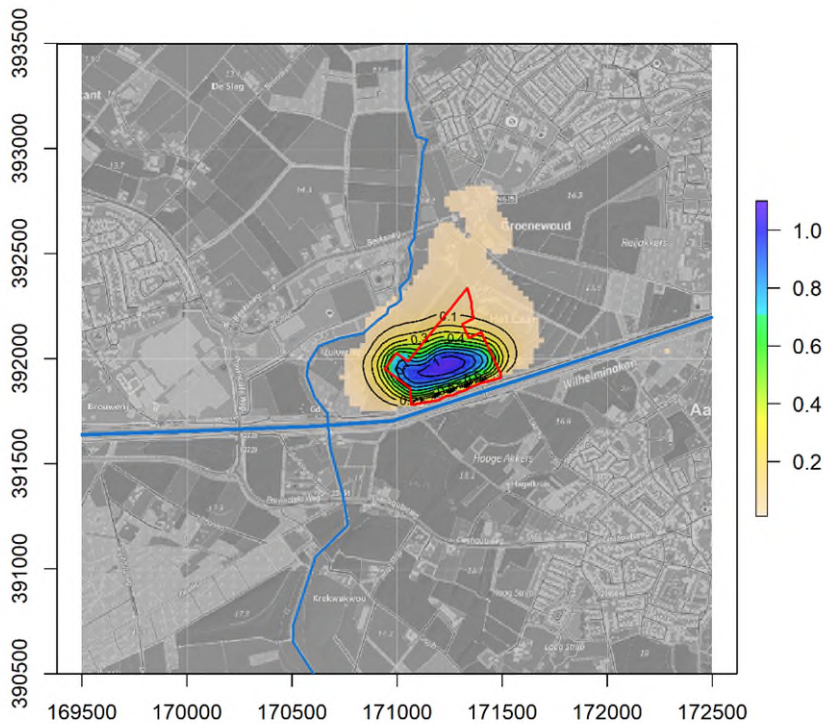
3.3 Effect sub-irrigatie op omgeving

Om vast te stellen wat het effect is van de sub-irrigatie op de omgeving en diepere ondergrond, zijn de gesimuleerde grondwaterstanden uit het model zonder sub-irrigatie vergeleken met de gesimuleerde grondwaterstanden uit het model met sub-irrigatie met een infiltratieweerstand van de drains van $3 \text{ m}^2/\text{d}$. Het verschil in grondwaterstanden aan het begin van het groeiseizoen (1 juni 2017) loopt op tot 0.5 meter in het midden van het perceel (Figuur 8). Hierbij zijn verschillen kleiner dan 1 cm niet meegenomen.

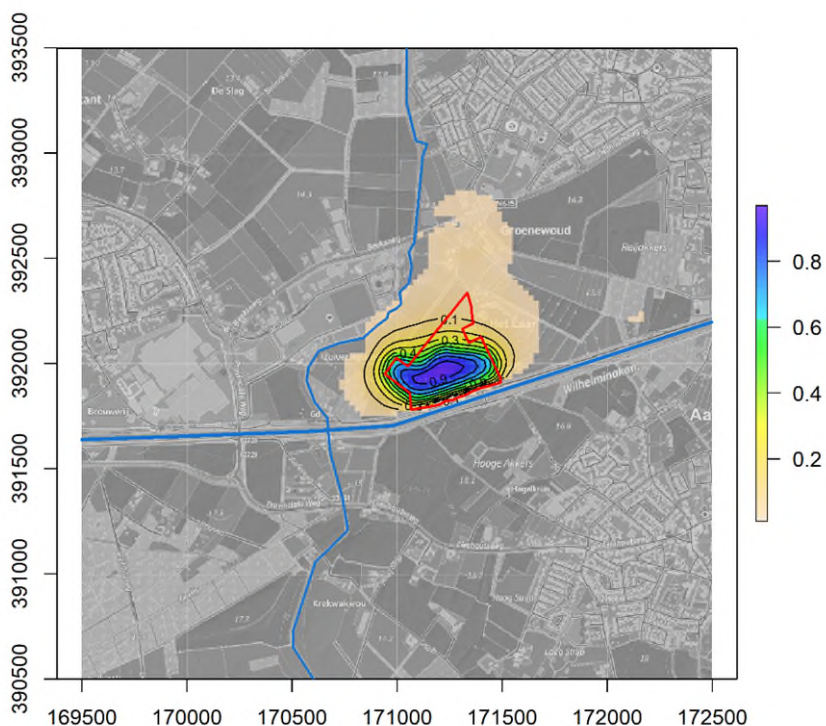
Later in het groeiseizoen, 1 augustus 2017, is het verschil in het midden van het perceel opgelopen tot meer dan 1 m (Figuur 9). De gemiddelde grondwaterstand over het hele groeiseizoen in 2017 neemt met sub-irrigatie meer dan 0.8 m toe in het midden van het perceel (Figuur 10). Het effect van de sub-irrigatie is aan de zuidzijde duidelijk gelimiteerd tot aan het kanaal. Aan de oost- en westzijde is het effect zeer beperkt, alleen aan de noordzijde is een effect te zien over een groter gebied. De toename van de grondwaterstand in dat gebied is echter zeer klein. Een duidelijke stijging van de grondwaterstand van meer dan 5 cm is alleen zichtbaar op het perceel zelf en in een klein gebied rond het landbouwperceel.



Figuur 8 Verschil in grondwaterstanden (m) in de eerste laag op 1 juni 2017 tussen simulaties met sub-irrigatie en simulaties zonder sub-irrigatie. Verschillen van minder dan 1 cm zijn niet weergegeven. De rode lijn geeft het totale onderzoeksperceel aan.

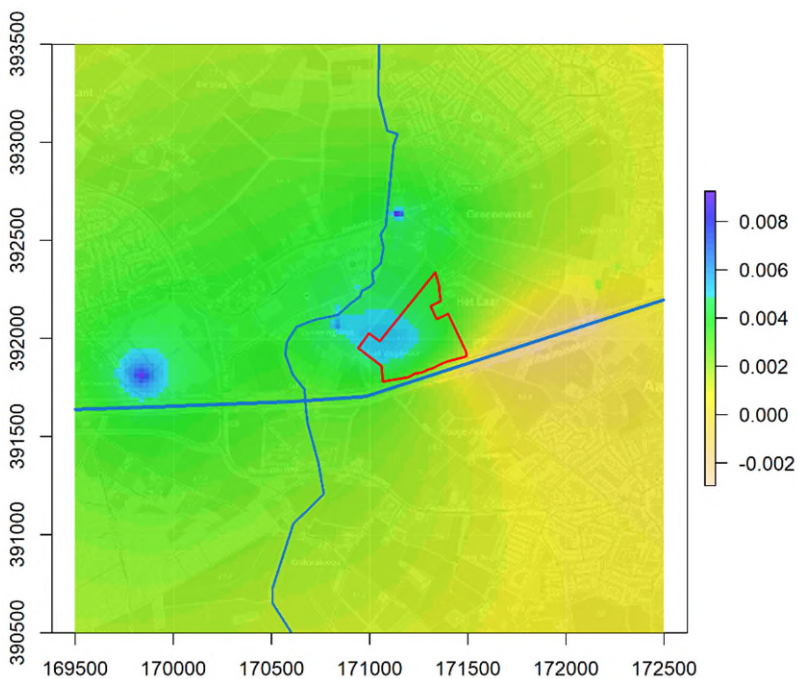


Figuur 9 Verschil in grondwaterstanden (m) in de eerste laag op 1 augustus 2017 tussen simulaties met sub-irrigatie en simulaties zonder sub-irrigatie. Verschillen van minder dan 1 cm zijn niet weergegeven. De rode lijn geeft het totale onderzoeksperceel aan.



Figuur 10 Verschil in gemiddelde grondwaterstanden (m) over het groeiseizoen 2017 in de eerste laag tussen simulaties met sub-irrigatie en simulaties zonder sub-irrigatie. Verschillen van minder dan 1 cm zijn niet weergegeven. De rode lijn geeft het totale onderzoeksperceel aan.

De grondwaterstanden in de diepere lagen (vanaf derde laag) reageren niet op de sub-irrigatie (Figuur 11). Er zijn zeer kleine verschillen zichtbaar (minder dan 1 cm), maar dit zijn numerieke effecten van de grondwatermodellering en zijn geen effecten van de sub-irrigatie zelf. Door de gekozen hoge weerstand van de tweede laag werd een effect op de diepere lagen ook niet verwacht. In de observaties is ook geen effect van de sub-irrigatie in de diepere grondwaterpeilbuizen gevonden.



Figuur 11 Verschil in gemiddelde grondwaterstanden (m) over het groeiseizoen 2017 in de derde laag tussen simulaties met sub-irrigatie en simulaties zonder sub-irrigatie. De rode lijn geeft het totale landbouwperceel van Van Dijk aan.

4 Conclusies

Het regionale grondwatermodel was goed in staat om de grondwaterstanden in het gebied te simuleren, zowel voor de situatie met als zonder sub-irrigatie. Uit de gesimuleerde grondwaterstanden blijkt dat het regionale effect van de sub-irrigatie beperkt is. De grootste stijging in grondwaterstand vindt plaats binnen het perceel, waar een toename van 0.8 m over het groeiseizoen wordt gesimuleerd. De meeste uitstraling van de sub-irrigatie vindt plaats in de richting van de Goorloop (noordelijke richting), maar effecten van meer dan 5 cm worden niet gevonden buiten het perceel.

Voor de simulaties van de sub-irrigatie zijn verschillende aannames nodig binnen het model over de infiltratieweerstand en weerstand van scheidende lagen in de ondergrond. Deze aannames hebben veel invloed op de gesimuleerde grondwaterstanden en daarom ook op het effect van de sub-irrigatie. Er is met het model geen invloed van de sub-irrigatie gevonden in de diepere grondwaterpakketten vanwege de hoge weerstand van de scheidende laag. Deze weerstand was noodzakelijk voor een goede simulatie van de geobserveerde grondwaterstanden. Aangezien in de observaties geen effect van de sub-irrigatie is gevonden in de diepere grondwaterfilters, is deze aanname voor deze specifieke situatie verantwoord.

Binnen het model wordt een constante infiltratieweerstand van de drains aangehouden, terwijl in werkelijkheid verstopping plaatsvindt binnen het systeem, waardoor de weerstand toeneemt gedurende het groeiseizoen. Het model geeft daarom een beeld van de verwachte grondwaterstanden voor systemen waarin geen verstopping optreedt.

Uit de waterbalans van het model blijkt dat de totale hoeveelheid geïnfilterd water wordt onderschat ten opzichte van de gemeten wateraanvoer. Dit kan betekenen dat het regionale effect van de sub-irrigatie ook wordt onderschat. In de werkelijke situatie wordt meer water aangevoerd, maar zijn de grondwaterstanden binnen het perceel lager. Er wordt echter in de observaties buiten het perceel geen groot effect van de sub-irrigatie gevonden, wat aangeeft dat de resultaten van het regionaal model plausibel zijn.

5 Referenties

Bartholomeus, R.P., A. van Loon, M.H.J. van Huijgevoort, 2018. Hergebruik van industrieel restwater voor de watervoorziening van de landbouw, KWR, Nieuwegein, KWR 2018.089

Van der Schans, M., 2019. Evaluatie oorzaken verstopping drains Bavaria. Notitie KWR, Nieuwegein

Vermeulen, P.T.M., L.M.T. Burgering, F.J. Roelofsen, B. Minnema, J. Verkaik, 2018. *iMOD User Manual*. Version 4.2.1, 31 January 2018. Deltares, The Netherlands. (<http://oss.deltares.nl/web/iMOD>)