

# In beeld brengen van bandbreedtes van hydrologische effecten op perceelniveau: casus Boetelerveld

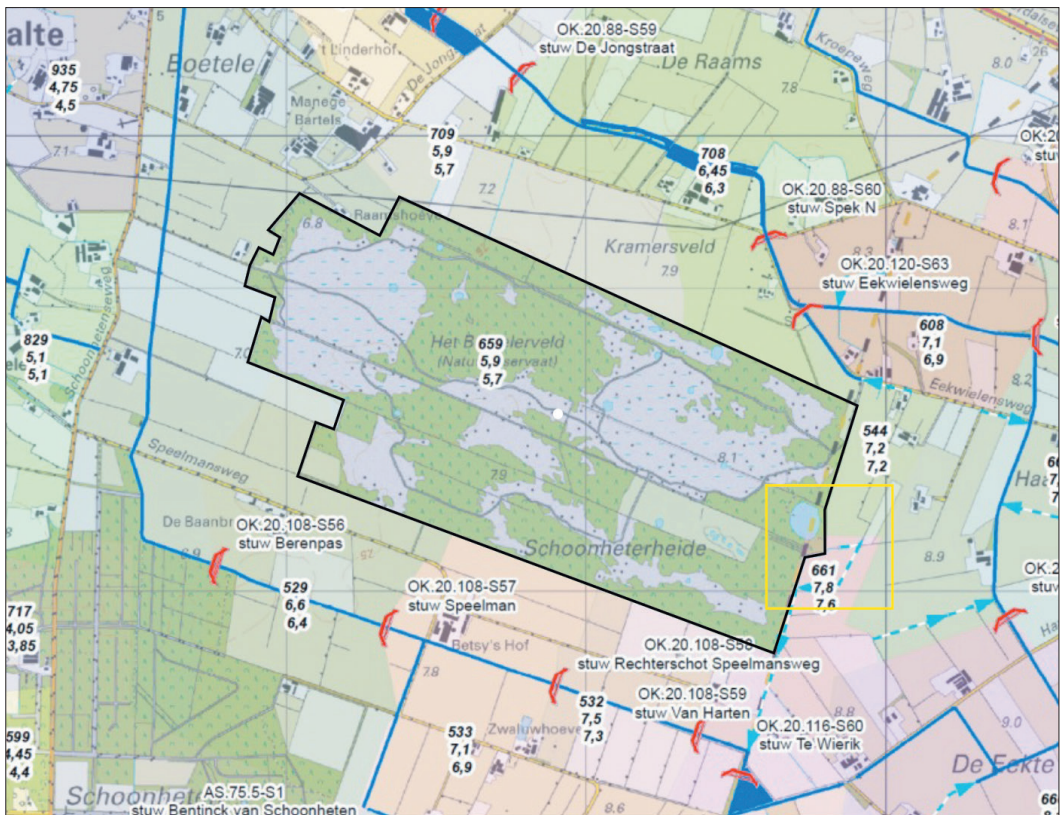
JAN VAN BAKEL, PERRY DE LOUW & JUDITH SNEPVANGERS

*Het Boetelerveld is een Natura 2000-gebied waar interne en externe maatregelen worden uitgevoerd om de voorjaarsgrondwaterstand te verhogen. Om inzicht te geven in de effecten van deze maatregelen op de waterhuishouding van de agrarische percelen rond het Boetelerveld is het Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld (DTHB) samengesteld, bestaande uit de 3 auteurs van dit artikel. Zij hebben een werkwijze gevolgd waarbij een bestaand regionaal model is aangepast en waarbij gebruik is gemaakt van 'harde' data, maar ook van 'zachte' data die met grondeigenaren zelf in het veld zijn verzameld. De onzekerheden zijn vertaald naar bandbreedtes van de te verwachten effecten van de maatregelen op de GHG in de (agrarische) omgeving van het Boetelerveld en op de omvang van het intrekgebied van een specifieke, voor nutriëntenbelasting via het grondwater gevoelige, locatie. De aanpak kan als voorbeeld dienen hoe bij regionale hydrologische studies om te gaan met onzekerheden.*

Artikel

## Inleiding

Het Boetelerveld is een Natura 2000-gebied ten zuidoosten van Raalte (zie Afbeelding 1) waarvoor een PAS-gebiedsanalyse (Provincie Overijssel, 2017) en een beheerplan (Provincie Overijssel, 2016) is opgesteld, met daarin opgenomen herstelmaatregelen om de beoogde instandhoudingsdoelen (natuurdoelen) te behalen. In dit kader is rond het Boetelerveld een bufferzone vastgesteld waarbinnen PAS-maatregelen moeten worden uitgevoerd. Aan de PAS-maatregelen liggen knelpunten ten grondslag die betrekking hebben op de hydrologie van het Boetelerveld (met name te lage grondwaterstanden in het voorjaar). De hydrologische maatregelen in de bufferzone zijn gericht op het verminderen van de ontwatering door het verondiepen of dempen van sloten. De begrensde gronden in de bufferzone zijn nu overwegend in agrarisch gebruik. Vermindering van de ontwatering kan gevolgen hebben voor de landbouwkundige gebruiksmogelijkheden van de percelen. De projectgroep Boetelerveld heeft daarom aan het Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld (DTHB), samengesteld uit de 3 auteurs van dit artikel, de opdracht verstrekt om met name de verwachte hydrologische effecten van de vernatting op agrarische percelen in de omgeving te kwantificeren en na te gaan of voor de agrariër minder belastende maatregelen mogelijk zijn zonder dat dit ten koste gaat van de beoogde vernatting van het Natura 2000-gebied Boetelerveld. De werkzaamheden en resultaten zijn vastgelegd in een rapport (Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld, 2017).



**Afbeelding 1:** Boven: Natura 2000-gebied Boetelerveld geprojecteerd op een uitsnede van leggerkaart van waterschap Drents Overijsselse Delta met informatie over peilen per peilvak (3 getallen boven elkaar: 1e getal is nummer peilvak, 2e getal is zomerstreefpeil, 3e getal is winterstreefpeil) en wateraanvoer-mogelijkheden naar niet A-watergangen (aqua-streeplijnen). De gele vierhoek is het gebied rond het Grote Rietgat waarvoor stroombaanberekeningen zijn uitgevoerd. Onder: de ligging van het Boetelerveld (in rood) binnen het grondwatermodell domein (donker gekleurd).

In dit artikel besteden we vooral aandacht aan de werkwijze om deze opdracht uit te voeren. Een werkwijze waarbij we 1) gebruikmaakten van harde data en nadrukkelijk ook zachte data die we met grondeigenaren zelf in het veld verzamelden, en 2) dat wat we niet wisten vertaalden naar heldere bandbreedten van de te verwachten effecten. Dit maakt dat onze werkwijze kan dienen als voorbeeld voor andere studies. We hebben de percelen in de beoogde bufferzone samen met de eigenaar bezocht, hun ervaring en kennis opgetekend en met veldwaarnemingen aangevuld.

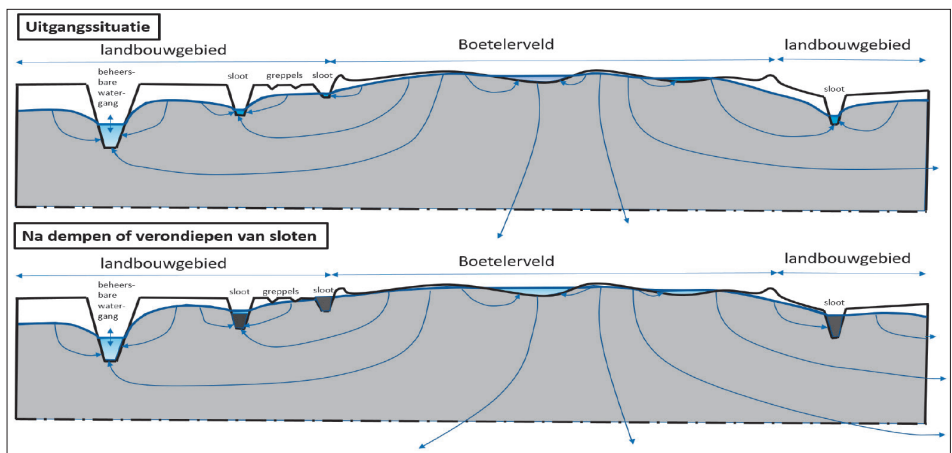
## Werkwijze

De werkwijze van het DTHB is in vier hoofdfases op te delen, met de volgende onderdelen per fase:

1. Voorbereidende analyse: veldbezoek, bestudering rapporten en meetgegevens en keuze van het hydrologisch model.
2. Veldbezoeken aan alle 29 grondeigenaren in de bufferzone.
3. Analyse en uitwerking.
4. Rapportage.

Op basis van de voorbereidende analyse en de aanvullende informatievergaring door keukentafelgesprekken en veldbezoeken bij en met alle grondeigenaren in de bufferzone, en de nodige discussies in het DTHB, is een goed beeld van de hydrologie van het Boetelerveld te schetsen.

Het Boetelerveld is een infiltratiegebied, omdat de afvoer van het neerslagoverschot (het verschil tussen neerslag en verdamping) niet via sloten plaatsvindt. Deze zijn in de jaren zeventig afgedamd of gedempt. Het neerslagoverschot wordt via het grondwatersysteem afgevoerd naar ontwaterings- en afwateringsmiddelen in het omringende landbouwgebied en voor een deel naar verder weg gelegen ontwaterings- en afwateringsmiddelen. In Afbeelding 2 wordt dit schematisch weergegeven. Tevens is aangegeven welk effect het dempen of verondiepen van sloten heeft.



**Afbeelding 2:** Schematische voorstelling van de grondwaterstroming in het Boetelerveld en omgeving, voor en na dempen of verondiepen van waterlopen in de omgeving (niet op schaal).

In de afbeelding is in het Boetelerveld interne grondwaterstroming getekend. Er zijn aanwijzingen voor heel lokale systemen. In een beperkte periode van het jaar, bij hoge grondwaterstanden, komt lokaal ondiepe kwel voor in de laagten in het Boetelerveld vanuit aangrenzende lokale hoogtes. Door de aanwezigheid van leemhoudende bodems kan deze lokale kwel basenrijk zijn.

Het systeem is in eerste instantie hydrologisch als relatief simpel gekenschetst. Het dempen van sloten is ook een simpele hydrologische ingreep: ze worden uit het hydrologisch systeem verwijderd waardoor de slootafstand groter wordt. Met simpele analytische formules (bijv. de formules van Ernst (Ernst, 1962) is te berekenen hoeveel de opbolling in het Boetelerveld door dempen van sloten toeneemt (is gelijk aan de verhoging van de grondwaterstand). In de beginfase hebben dergelijke sommetjes ook veel inzicht verschaft.

Echter, deze aanpak bleek te simpel. Ten eerste ligt het lokale Boetelerveld-systeem ingebed in een groot regionaal grondwatersysteem (Sallandse Heuvelrug - IJssel) en uitwisseling tussen beide systemen is op voorhand onbekend. Ten tweede werd de visie op de werking van het lokale hydrologisch systeem sterk beïnvloed door a) de in 2016 in het Boetelerveld en omgeving uitgevoerde kartering van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laatste Laagste Grondwaterstand (GLG) (Stoffelsen e.a., 2017), en b) metingen van peilbuizen met ondiepe filters. Daardoor kwam de verbreiding en het hydrologisch functioneren van zeer ondiep (beginnend binnen 1 m vanaf maaiveld) voorkomende weerstandbiedende lagen in het Boetelerveld en de omgeving beter in beeld. Daarnaast leverden de veldopnames veel detailinformatie waardoor o.a. de slootwaterstand van te dempen sloten in afvoersituaties kon worden gekwantificeerd. Hiervoor was het nodig de grondeigenaren actief te betrekken bij de veldopnames om van bijvoorbeeld specifieke sloottrajecten de momenten van afvoer door het jaar heen in beeld te krijgen of de momenten waarop plasvorming aan maaiveld plaatsheeft. Bij eerdere veldopnames was alleen de slootbodemdikte opgenomen ten opzichte van het aanliggende maaiveld, echter zonder de NAP-hoogte, waardoor het moeilijk is ruimtelijk relaties te leggen met andere sloten en sloottrajecten in de omgeving.

Met alle aanvullende detailinformatie hebben we vervolgens bewust gekozen om een numeriek grondwaterstromingsmodel in te zetten, omdat de eenvoudige hydrologische modellen beperkt zijn in zowel het ruimtelijk detailniveau als het niet-stationaire karakter van de ingreep. Sloten dempen of verondiepen is alleen maar effectief om de ontwatering te verkleinen als de oorspronkelijke grondwaterstand boven de slootwaterstand komt. Voor het Boetelerveld was het MIPWA-model 2.2 (Snepvangers en Berendrecht, 2007) beschikbaar. Het MIPWA-model is een grondwatermodel dat de provincies Overijssel, Drenthe, Friesland en Groningen beslaat en dat door Deltares en Alterra is ontwikkeld. Het model berekent de grondwaterstroming en grondwaterstanden op dagbasis voor minimaal een periode van 8 jaar voor modelcellen van 25x25 m. In het model zijn alle belangrijke (geo-)hydrologische eigenschappen en randvoorwaarden opgenomen die invloed hebben op het grondwatersysteem zoals o.a. doorlatendheid en dikte van watervoerende en scheidende grondlagen, alle ont-

wateringsmiddelen en de grondwateronttrekkingen. Als meteorologische input wordt neerslag en verdamping ingevoerd op dagbasis.

In verband met beperkt beschikbare tijd is het regionale MIPWA-model in dit onderzoek niet aangepast voor de lokale situatie van het Boetelerveld en omgeving, met uitzondering van een update van het ontwateringssysteem in de omliggende bufferzone en het Boetelerveld zelf. Immers, voor het doorrekenen van maatregelen in het ontwateringssysteem dient dit systeem in ieder geval zo realistisch mogelijk in het model te zijn ingevoerd. De ligging van sloten en greppels inclusief dimensies zijn aangepast op basis van de veldopnames. Daarbij zijn bijvoorbeeld alle sloten in het Boetelerveld uit het model verwijderd die in MIPWA nog een drainerende functie hadden maar in werkelijkheid niet meer. Omwille van de tijd is er niet gekalibreerd maar is het model wel gevalideerd. De berekende GXG's zijn vergeleken met de GXG-metingen uit de gt-kartering (in totaal 380 locaties) en laten zien dat de berekende GXG's te droog zijn, GHG gemiddeld 14 cm, GVG 36 cm en GLG 31 cm te droog. Op basis van de validatie-resultaten is daarom besloten om een aantal modelvarianten te formuleren die leiden tot een gemiddeld hogere grondwaterstand. Dit leverde een sterke verbetering op voor de berekende GHG en GVG met een gemiddelde afwijking van respectievelijk 0 cm en 5 cm, maar de GLG blijft met gemiddeld 35 cm te droog.

Een belangrijke stap in het modelleringsproces is het vertalen van de maatregelkaart (Afbeelding 3) van interne (boskap en omvormen van licht naaldbos naar heide) en externe (verondiepen of dempen sloten) hydrologische maatregelen in randvoorwaarden of modeleigenschappen. In dit geval meer grondwateraanvulling in het Boetelerveld en een hogere ontwateringsbasis in de bufferzone. De maatregelkaart was voor onze analyse een bestand en vast gegeven,



Afbeelding 3: Maatregelkaart Boetelerveld en omgeving.

samengesteld op basis van onder andere de ecohydrologische studie (Jansen, 2010). Uit onze analyse bleek overigens dat deze maatregelen niet afdoende zijn voor de benodigde vernatting van het Boetelerveld. Hier wordt in het artikel niet verder op ingegaan.

Elk regionaal hydrologisch model kent onzekerheden omdat de randvoorwaarden of modelparameters slechts binnen zekere bandbreedtes bekend zijn. Er zijn dus meerdere modelvarianten van een gebied mogelijk en werken met 1 model is te beperkt, ofschoon de gangbare praktijk. Ook het feit dat het regionale model niet voor de lokale situatie is gekalibreerd, maakt dat deze keuze voor 1 'gemiddelde' modelvariant niet passend is voor de opgave. Wij kozen daarom voor toepassing van een breed palet aan modelvarianten, waarmee we de onzekerheden in input en parameters konden vertalen naar een bandbreedte van effecten. Op deze manier kunnen regionale modellen worden ingezet voor lokale vraagstukken zonder uitgebreide modelverbetering en -kalibratie. De methodiek is overigens toepasbaar bij grondwatermodellen op elke schaal: lokaal, regionaal of nationaal. De methodiek is als volgt:

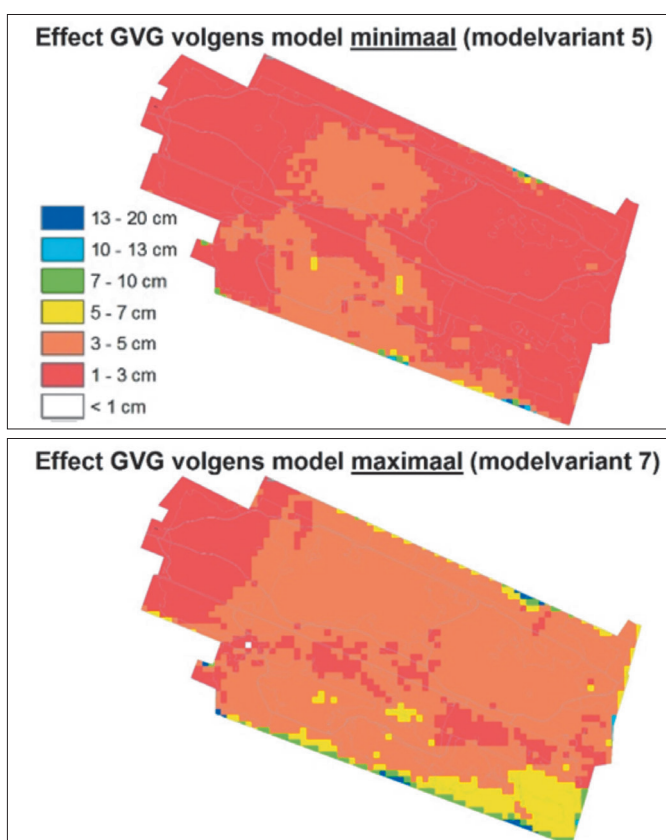
- Er zijn 7 modelvarianten gedefinieerd. Modelvarianten onderscheiden zich door aanpassingen in de modelparameters (kD, drainageweerstanden, ontwateringsdieptes, voorkomen van schijnspiegels).
- Er zijn 8 modelscenario's gedefinieerd. De modelscenario's representeren (combinaties van) mogelijke maatregelen in het oppervlaktewatersysteem en de houtkap.
- Op basis van de modelberekeningen en na overleg met de klankbordgroep en projectgroep is het maatregelpakket uit de gebiedsanalyse (scenario E) gekozen. Dit scenario past het beste bij de te realiseren vernatting in het Natura 2000-gebied en de beschikbare ruimte voor maatregelen in de agrarische bufferzone.
- De effecten van dit maatregelenscenario zijn vervolgens met alle 7 modelvarianten stationair doorgerekend met een constant neerslagoverschot van 2,2 mm/d. Dit representeert ongeveer de GHG-situatie die voor de landbouw de gebruikelijke maat is voor typering van de wateroverlast. Het in beeld brengen van de effecten in de bufferzones die hoofdzakelijk uit landbouwgebied bestaan, was het belangrijkste doel van de berekeningen. Er is gekozen voor stationaire berekeningen in verband met de modelruntijd van het draaien van alle 7 modelvarianten. Op basis van de berekende effecten van alle 7 modelvarianten is een bandbreedte bepaald waarbinnen de effecten vallen.
- Op basis van de stationair berekende effecten, vergelijking met meetreeksen en behoefte om zo realistisch mogelijk een bandbreedte te kunnen bepalen, zijn 2 modelvarianten (een met kleine ruimtelijke effecten en een met grote ruimtelijke effecten) ook niet-stationair doorgerekend. Dit om een vertaling te kunnen maken van de stationair berekende effecten naar de werkelijk te verwachten effecten op de GHG, GVG en GLG. De niet-stationaire berekeningen laten zien dat de effecten van de maatregelen in de zomerperiode (GLG) al weer zijn verdwenen. Voor effecten op de GHG en GVG blijkt in een niet-stationaire situatie slechts 40% van het effect opgebouwd ten opzichte van de stationaire berekening. Met andere woorden, de effecten in een niet-stationaire situatie zijn gemiddeld genomen 60% kleiner dan de effecten in een stationaire

situatie voor dit type grondwatersysteem. Dit is relatief een groot verschil en wordt met name veroorzaakt door het dikke watervoerend pakket en het diepe wegzakken van de grondwaterstanden in de zomer. Voor maatregelen in het oppervlaktewatersysteem komt dit grote verschil door:

- Het droogvallen van sloten waardoor ontwateringsmaatregelen geen direct effect meer hebben, alleen maar na-ijling van effecten van het effect opgebouwd in het winterhalfjaar;
- Effecten moeten zich daardoor ieder jaar weer opnieuw opbouwen, en dat begint pas vanaf moment dat de grondwaterstand weer boven de ontwateringsbasis uitkomt;
- De periode is te kort om gedurende winterhalfjaar het maximaal (stationair) effect te behalen. Opvallend is voor dit grondwatersysteem dat een stationaire benadering dus per definitie fout is.

## Resultaten

In onderstaande afbeelding is voor het Natura 2000-gebied Boetelerveld het minimale en maximale effect van de maatregelen weergegeven. Het effect op de Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GVG) is bepaald, omdat de natte heidevegetatie specifiek baat heeft bij verhoging van de GVG.



Afbeelding 4: Het minimaal en maximaal berekende effect van het maatregelpakket op de GVG in het Boetelerveld, effecten buiten het Boetelerveld zijn niet weergegeven.

De effecten op de GVG als gevolg van het maatregelenpakket zijn relatief beperkt; de maximale effecten berekend door modelvariant 7 zijn ongeveer een factor 2 groter dan de minimale effecten berekend met modelvariant 5. Zowel de bandbreedtes als de verschillen in minimaal en maximaal effect geven een goed beeld van de onzekerheden in de berekende effecten.

De bandbreedte en de grootte van de effecten zijn relatief klein en in lijn met wat wij vooraf verwachtten, op basis van de watersysteemanalyse op hoofdlijnen en vorm en formaat van de bufferzone (relatief smal en ontbrekend in het westen). Of de effecten voldoende zijn voor het herstel van de natte heide moet blijken. De werkelijke ruimtelijke verbreiding van de ondiepe weerstandbiedende laag en het wel of niet onder invloed staan van deze laag kan voor specifieke lokale grondwateromstandigheden zorgen waar de heidevegetatie kan gedijen en welke versterkt worden door de effecten van de maatregelen.

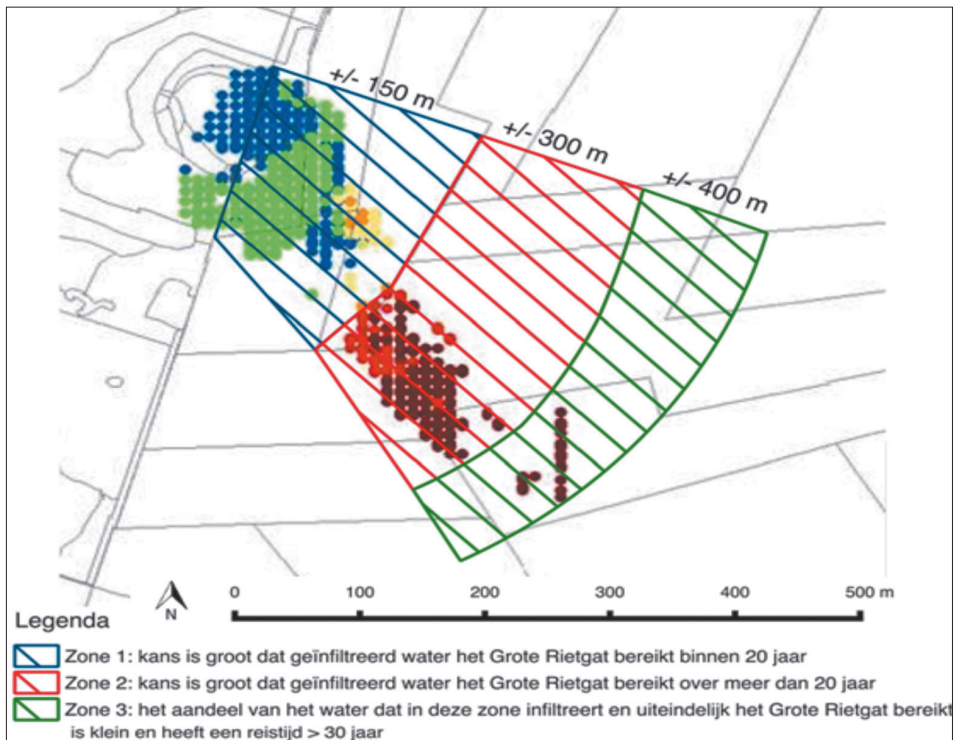
Met de resultaten van de berekende niet-stationaire effecten van het maatregelenpakket, gecombineerd met de veldkennis en verkregen kennis over onzekerheden, is een eendoordeel 'getekend' voor de betreffende percelen in de bufferzone. Hiervoor hebben we de effecten op de GHG centraal gesteld, omdat de grondeigenaren vooral gericht zijn op de bruikbaarheid aan het einde van de winter/begin van het groeiseizoen. We hebben hierbij gewerkt met overlappende klassen van verwachte effecten (bandbreedtes) om onzekerheden expliciet mee te geven aan de opdrachtgever. Zie Afbeelding 5.



**Afbeelding 5:** Eendoordeel verwachte effecten van het maatregelenpakket uit het Beheersplan (Provincie Overijssel, 2017) op de verhoging van de GHG van percelen in de omgeving van het Boetelerveld.



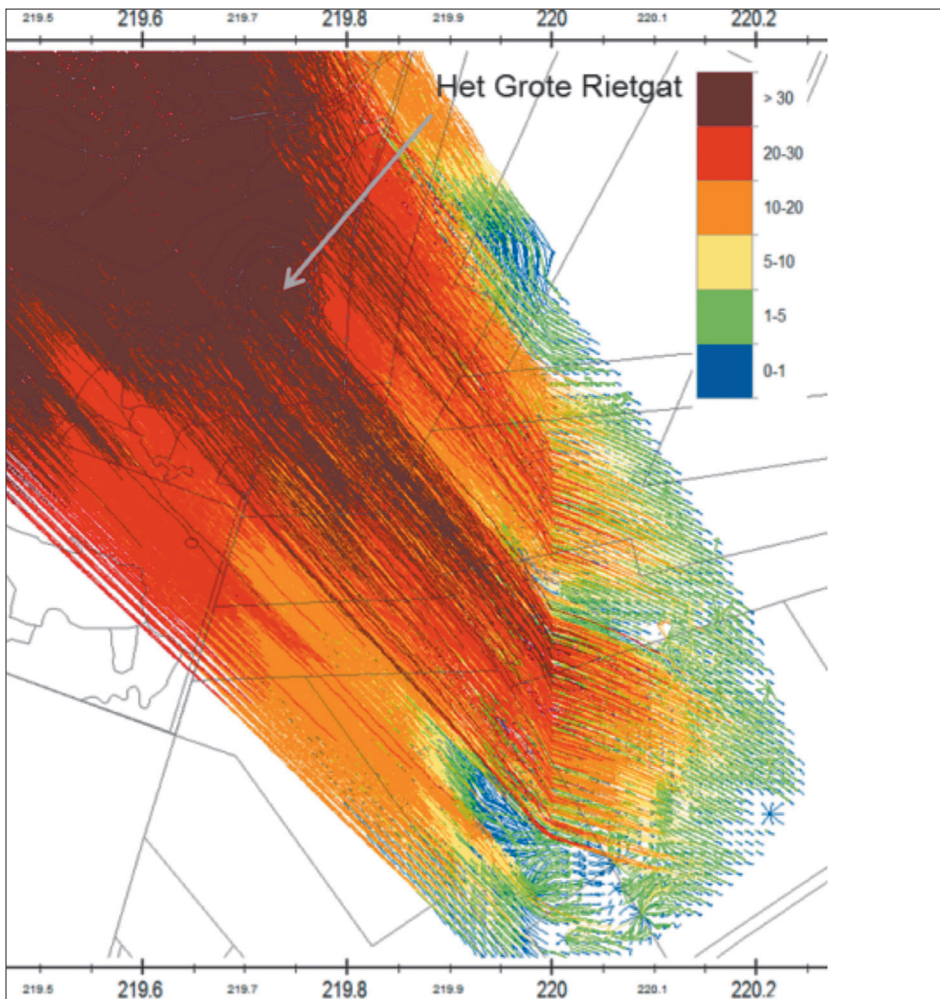
Vooral aan de zuidkant van het Boetelerveld treedt op een aantal landbouwpercelen een aanzienlijke verhoging op van de GHG (donkergroen; 5-25 cm) en daarmee vernatting. De betrokken agrariërs voorspellen dat er problemen kunnen ontstaan als gevolg van het dempen van waterlopen in het groeiseizoen, waardoor het water bij hevige (zomer)buien niet van het land kan lopen. Er is daarom intensief onderzocht of er mogelijkheden zijn dit toch mogelijk te maken, zonder dat de berekende effecten op de GVG van het Boetelerveld worden verminderd. Bijvoorbeeld door de te dempen sloten in te richten als zaksloten. Om de dimensies van de zaksloten te bepalen is veldonderzoek uitgevoerd naar de grootte van de infiltratiecapaciteit en is berekend hoeveel water er bij een herhalingstijd van 10 jaar oppervlakkig zal afstromen. De mitigerende maatregel waar uiteindelijk voor is gekozen, is het egaliseren en op afschot leggen van de percelen, waardoor het water over het maaiveld kan afstromen richting greppels of niet-gedempte sloten en de plasvorming wordt geminimaliseerd. Met als doelen de afvoer zo veel mogelijk te reduceren om maximale infiltratie mogelijk te maken ten behoeve van het Boetelerveld en het voorkomen van zomerdroogte. Voor meer informatie zie Van Bakel e.a. (2018).



**Afbeelding 6:** De afbakening van intrekzones op basis van stroombaanberekening met een grondwatermodel rekening houdend met onzekerheden in de ondergrondschematisatie. De puntjes geven de locaties weer waar volgens het model water is geïnfiltreerd dat uiteindelijk in het Grote Rietgat uittreedt. De kleuren geven de reistijd weer tussen infiltratie en kwel (blauw < 1 jaar, groen 1-5 jaar, geel-oranje 5-20 jaar, rood 20-30 jaar, donkerrood > 30 jaar).

Aanvullend werd ons de vraag gesteld waar het grondwater dat in het Grote Rietgat uittreedt, is geïnfiltrerd. Het Grote Rietgat ligt aan de oostelijke rand van het Boetelerveld en is een voedselarm ven met oevers begroeid met oeverkruid, een zeldzame Rode Lijst-soort die geen voedselrijke omstandigheden verdraagt. Voor het intrekgebied van het Grote Rietgat is daarom de wens om nutriëntenuitspoeling te voorkomen door onder andere mestgiften te verminderen en evenwichtsbemesting toe te passen.

Met het grondwatermodel zijn niet-stationaire stroombaanberekeningen uitgevoerd voor een ruim gebied ten oosten van het Grote Rietgat. De stroombanen zijn berekend voor grondwaterdeeltjes die in het potentiële intrekgebied vanaf de grondwaterstand zijn gestart (*Single-particle tracking*). Vervolgens is bepaald welke deeltjes na verloop van tijd uittreeden in het Grote Rietgat en is de reistijd en het bijbehorende intrekgebied berekend. Afbeelding 6 laat het intrekgebied



**Afbeelding 7:** De berekende stroombanen die bij de stippelijns plots van richting veranderen. De kleuren geven de reistijd in jaren weer.

zien van alle deeltjes die in het Grote Rietveld op kwellen. De kleur geeft de reistijd van infiltratie tot kwel weer. De maximale reistijd bedraagt 36 jaar en dicht bij het ven infiltreert water dat binnen 1 jaar het Grote Rietgat bereikt.

Echter, uit de stroombaanberekeningen blijkt dat de stromingsrichting bij een bepaalde noord-zuidlijn vrij plotseling verandert van ongeveer westelijke richting naar noordwestelijke richting (zie Afbeelding 7). Dit is het gevolg van een andere geohydrologische modelschematisatie ten westen en oosten van deze lijn (verschillende kD en c-waarden). Hoe deze grens is ontstaan, is niet duidelijk maar wel staat vast dat hij artificieel is, een modelartefact van het gebruikte MIPWA-model. De verandering van stromingsrichting representeert dus niet de werkelijkheid. Daarmee is onduidelijk welke stromingsrichting nu daadwerkelijk optreedt, maar de verwachting is dat we de extremen kennen. Dit wordt ondersteund door het feit dat de isohypsen bepaald door Janssen (2010) een stromingsrichting laten zien die tussen deze twee extreme stromingsrichtingen in ligt. Bij het afbakenen van het te verwachte intrekgebied is daarom rekening gehouden met deze twee verschillende stromingsrichtingen. Dit is in Afbeelding 6 te zien waarbij de voorgestelde zones naar het noorden zijn uitgebreid.

We gaan ervan uit dat de werkelijkheid ergens tussen de twee stromingsrichtingen in zal liggen. Op deze manier is rekening gehouden met de onzekerheid in geohydrologische conceptualisatie van het grondwatermodel.

## Conclusies

Onze belangrijkste bevindingen die we tijdens uitvoering van deze studie hebben opgedaan, zijn:

- Een hydrologische systeemanalyse op basis van bestaande gegevens en veldbezoeken is een belangrijke eerste stap voor elke gedegen hydrologische gebiedsstudie.
- Veel kennis van het systeem, de problematiek en de oplossingen liggen in het veld verscholen, evenals in de hoofden van boeren en natuurbeheerders.
- Veldbezoek en daarmee kennisuitwisseling werd door de grondeigenaren zeer gewaardeerd en vergroot zowel de kwaliteit (zie punt hierboven) als het draagvlak voor de analyse.
- Voor effectbepaling voor een gebied als het Boetelerveld is een numeriek rekenmodel onmisbaar.
- Effecten van maatregelen in het oppervlaktewatersysteem zijn, in verband met droogval van waterlopen en daarmee het niet-lineaire karakter van het grondwatersysteem, sterk niet-stationair en dienen zo ook te worden bepaald. 'Een snelle analyse' door middel van stationaire berekeningen is simpelweg fout!
- Regionale grondwatermodellen zoals MIPWA kunnen goed worden ingezet voor lokale gebiedsstudies. Als uitgebreide aanpassing van het model met lokale gegevens en kalibratie van het model niet mogelijk is, biedt onze methodiek soelaas door gebruik te maken van een breed palet aan modelvarianten. Validatie van de modelberekeningen met in het veld verzamelde meetgegevens blijft nodig om de juiste modelvarianten te kunnen formuleren die zo goed mogelijk de bandbreedtes weergeven.

- Elk grondwatermodel heeft zijn onzekerheden en het is niet moeilijk deze onzekerheden mee te nemen in de effectbepaling. In dit artikel hebben wij hiervoor een praktische handreiking gegeven.
- We hebben aangetoond dat bandbreedtes in berekende effecten groot kunnen zijn door onzekerheden in modelinvoer en modelconcepten (bijv. verschillen in geohydrologische schematisatie).
- Het is zinvol en nodig om onzekerheden in beeld te brengen en aan de opdrachtgever mee te geven. Het presenteren van bandbreedtes gaf zowel de opdrachtgever als de betrokken agrariërs meer vertrouwen in de berekende effecten en daarmee acceptatie van het voorgestelde maatregelenpakket. Het resultaat hoeft niet per se een rekenresultaat te zijn. Juist hydrologische experts zijn in staat om een vertaling te maken van de berekende bandbreedtes gecombineerd met zachte informatie uit het veld naar een bruikbare kaart met heldere visualisatie van onzekerheden voor de opdrachtgever. Overlappende klassen van effecten is daarbij een makkelijk te interpreteren methode.

De algemene conclusie is: op basis van veldkennis en modelberekeningen onzekerheden met bandbreedtes in beeld brengen, heeft voor zowel de modellers als de gebruikers van de modelresultaten veel meerwaarde.

## Aanbeveling

Discussies over de noodzaak om bij hydrologische studies de onzekerheid in beeld te brengen worden al decennia gevoerd. Knotters e.a. (2020) hebben beschreven hoe de risico's afgewogen kunnen worden van het ten onrechte uitkeren van schade aan schadeveroorzakers of het niet uitkeren van schade aan schadelijders. Zo'n aanpak kost tijd en geld. Maar de noodzaak om dit te doen moet op zijn minst aan de orde worden gesteld.

## Literatuur

**Deskundigenteam Hydrologie Boetelerveld** (2017) De hydrologische effecten van de maatregelen in het Boetelerveld en omgeving.

**Ernst, L.F.** (1962) Grondwaterstroming in de verzadigde zone en hun berekening bij aanwezigheid van horizontale evenwijdige open leidingen; Proefschrift UU; Pudoc, Wageningen.

**Jansen, A. J. M.** (2010) Systeemanalyse Boetelerveld; Rapport Unie van Bosgroepen, Ede.

**Knotters, M., P. Baggelaar en E. van der Meulen** (2020) Hoezo significant? Over het effect van een ingreep op de grondwaterstand; In: *Stromingen 2020* (26), nr 3.

**Provincie Overijssel** (2016) Natura 2000 beheerplan Boetelerveld.

**Provincie Overijssel** (2017) Natura 2000 Gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Boetelerveld; KWR/W+B/RHDHV.

**Snepvangers, J.J.J.C. en W.L. Berendrecht** (2007) MIPWA – Methodiek-ontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van Waterbeheer; TNO rapport 2007-U-R0972/A.

**Stoffelsen, G.H., W.J.M. de Groot en F. Brouwer** (2017) Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het "Natuurgebied Boetelerveld" en het aangrenzende agrarische gebied; briefadvies 5200041901; WUR.

**Van Bakel, J., P. de Louw en H. Massop** (2018) Alternatieven voor te dempen waterlopen bij enige landbouwpercelen aan de zuid- en westzijde van het Boetelerveld.

### **Summary Visualizing Band Widths of Hydrological Effects at Agricultural Parcels: Case Boetelerveld**

*The Boetelerveld is a Natura 2000 area where internal and external measures are implemented to raise the spring groundwater level. To provide insight into the effects of these measures on the water management of the agricultural land around the Boetelerveld, the Expert Team Hydrology Boetelerveld (DTHB) has been formed (the 3 authors of this article). They applied a regional groundwater model using 'hard' data, but also 'soft' data that they collected with landowners in the field. The uncertainties have been translated into bandwidths of the expected effects of the measures on the GHG in the (agricultural) environment of the Boetelerveld and of the size of the catchment area of a specific location that is sensitive to nutrient load via the groundwater. The approach can serve as an example of how to deal with uncertainties in regional hydrological studies.*

#### **Auteurs**

JAN VAN BAKEL  
De Bakelse Stroom  
[jan.van.bakel@hetnet.nl](mailto:jan.van.bakel@hetnet.nl)

PERRY DE LOUW  
Deltares  
[Perry.deLouw@deltares.nl](mailto:Perry.deLouw@deltares.nl)

JUDITH SNEPVANGERS  
ijssellandschap  
[j.snepvangers@ijssellandschap.nl](mailto:j.snepvangers@ijssellandschap.nl)

