
Werken met Waterlood

Proeftoepassing in het gebied De Leijen

J. Runhaar, P.J.T. van Bakel, M.F.P. Bierkens en P.A. Finke

Door de projectgroep Waterlood is in het rapport 'Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater' aangegeven op welke wijze waterschappen en landinrichters rekening kunnen houden met wensen van landbouw en natuur voor de grondwaterhuishouding. Het rapport geeft een theoretisch kader voor de te doorlopen stappen om te komen tot een gewenst grond- en oppervlaktewaterregime, en doet suggesties welke hulpmiddelen daarbij toegepast kunnen worden. Om te toetsen of met de huidige kennis de stappen uit de Waterloodprocedure met succes kunnen worden doorlopen is door Alterra in samenwerking met DLG een proeftoepassing uitgevoerd in het gebied De Leijen. Uit deze studie blijkt dat met de huidige kennis het eerste deel van de Waterloodprocedure, de bepaling van de mate van doelrealisatie voor de functies landbouw en natuur, goed is uit te voeren. Wel worden er een aantal kennishiaten gesignaleerd, en blijken bepaalde onderdelen van de voorgestelde Waterlood-procedure lastiger uitvoerbaar dan aanvankelijk gedacht. De meerwaarde van het gebruik van regimecurves is minder dan verwacht.

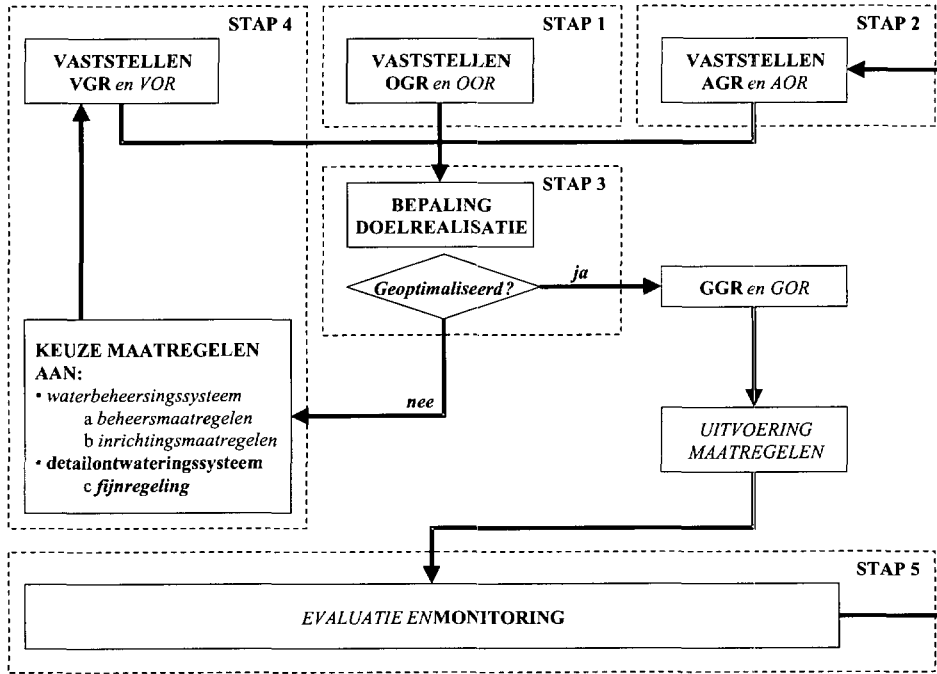
Inleiding

In 1998 werd door de projectgroep Waterlood het rapport 'Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater' uitgebracht (Projectgroep Waterlood, 1998). Dit rapport biedt landinrichters en waterbeheerders een handvat voor een zodanige inrichting en beheer van het oppervlaktewaterstelsel dat recht wordt gedaan aan de eisen die de verschillende functies in het gebied stellen aan de waterhuishouding. Er wordt uitgegaan van een watersysteembenadering, waarin nadrukkelijk een relatie wordt gelegd tussen grond- en oppervlaktewater: De sturing is gericht op het grondwaterregime, maar vindt plaats via de inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen. In het rapport wordt aangegeven welke stappen doorlopen dienen te worden om te komen tot een optimale inrichting en beheer van het oppervlaktewatersysteem.

De in het Waterlood-rapport geschetste procedure maakt het mogelijk om in te spelen op de eisen die tegenwoordig aan het waterbeheer worden gesteld, en vormt daarmee een duidelijke verbetering ten opzichte van bestaande procedures zoals bijvoorbeeld de HELP-methode. De methode is echter nog niet operationeel, omdat niet alle stappen uit de Waterlood-methodiek zijn uitgewerkt. Het rapport biedt een theoretisch kader en geeft aan welke hulpmiddelen mogelijk gebruikt kunnen worden bij het nemen van bepaalde stappen. Het wordt aan de gebruiker overgelaten om die stappen daadwerkelijk in te

De auteurs zijn werkzaam bij Alterra Wageningen.

vullen. Dit roept de vraag op in hoeverre de bestaande kennis toereikend is om de in het Waterlood-rapport geschetste ambities waar te kunnen maken. Om deze vraag te beantwoorden is door Alterra in samenwerking met DLG een proefproject uitgevoerd in het gebied De Leijen (Finke e.a., 2001). Alvorens in te gaan op deze proefstudie en de resultaten daarvan, zullen we voor lezers die minder bekend zijn met het Waterlood-rapport een korte samenvatting geven van daarin beschreven procedure.



Figuur 1: Stappenplan volgens de Waterlood-procedure. Uit: Projectgroep Waterlood (1998). Vet aangegeven zijn de onderdelen die in de proefstudie 'De Leijen' zijn uitgewerkt.

OGR = optimale grondwaterregime OOR = optimale oppervlaktewaterregime
 AGR = actuele grondwaterregime AOR = actuele grondwaterregime
 GGR = gewenste grondwaterregime GOR = gewenste grondwaterregime
 VGR = verwachte grondwaterregime VOR = verwachte grondwaterregime

Waterlood in het kort

De Waterloodprocedure

Het Waterloodproces heeft een cyclisch karakter. In figuur 1 zijn de stappen uit de Waterlood-werkwijze weergegeven. De eerste stap is om per combinatie van grondsoort en bodemgebruik na te gaan aan welke hydrologische voorwaarden dient te worden voldaan om de voor het gebied geldende functie optimaal uit te kunnen oefenen, en bij welke hydrologische omstandigheden een zodanige schade ontstaat dat de functiedoelstellingen niet worden gehaald (Stap 1, 'vaststellen optimaal grondwaterregime, OGR, en optimaal

oppervlaktewaterregime, OOR'). Daarnaast moet bekend zijn wat het oppervlakte- en grondwaterregime is in de huidige situatie (Stap 2, 'vaststellen actueel grondwaterregime en actueel oppervlaktewaterregime'). Op basis van deze kennis kan vervolgens worden bepaald in welke mate de waterhuishouding voldoet aan de functie-eisen (Stap 3, 'Bepaling doelrealisatie'). Wanneer op basis van de berekende doelrealisatie blijkt dat de huidige waterhuishouding voldoet aan de functie-eisen dan is geen verdere aanpassing nodig. De actuele grond- en oppervlaktewaterregimes (AGR en AOR) komen dan overeen met de optimale grond- en oppervlaktewaterregimes. Dit zal echter zelden het geval zijn, omdat de functies veelal onderling tegenstrijdige eisen stellen. Bijvoorbeeld omdat in de landbouwgebieden in het voorjaar lage grondwaterstanden gewenst zijn om mest uit te rijden en de grond te kunnen bewerken, terwijl in diezelfde periode in de natuurgebieden vaak plas-dras situaties gewenst zijn. Op basis van de berekende doelrealisatie kan worden nagegaan wat de belangrijkste knelpunten zijn (op welke plekken is de doelrealisatie onaanvaardbaar laag?) en kunnen maatregelen worden geselecteerd die er op gericht zijn om de knelpunten weg te nemen. Stap 4 uit de Waternoodprocedure bestaat daarom uit de keuze van maatregelen en het doorrekenen van de effecten op de waterhuishouding: wat zijn de verwachte grond- en oppervlaktewaterregimes (VGR en VOR) na uitvoering van de maatregelen?

Na de vaststelling van het verwachte grond- en oppervlaktewaterregime kan de doelrealisatie in de verwachte situatie worden bepaald, en kan worden nagegaan of in deze situatie wél voldoende recht wordt gedaan aan de verschillende functies. Is dat het geval, dan is komt het verwachte regime overeen met het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime (GGR en GOR) en kan worden overgegaan tot de uitvoering van de maatregelen. Is dat niet het geval dan zal gezocht moeten worden naar andere maatregelen die leiden tot een meer bevredigend resultaat. Is er geen enkele oplossing die voor alle partijen aanvaardbaar is, dan kan dat reden zijn om de functies anders in te vullen (ander gewastype of ander natuurdoeltype) of de bestemming van de gronden te wijzigen. Dat laatste maakt echter geen deel meer uit van de in het Waternoodrapport geschetste procedure.

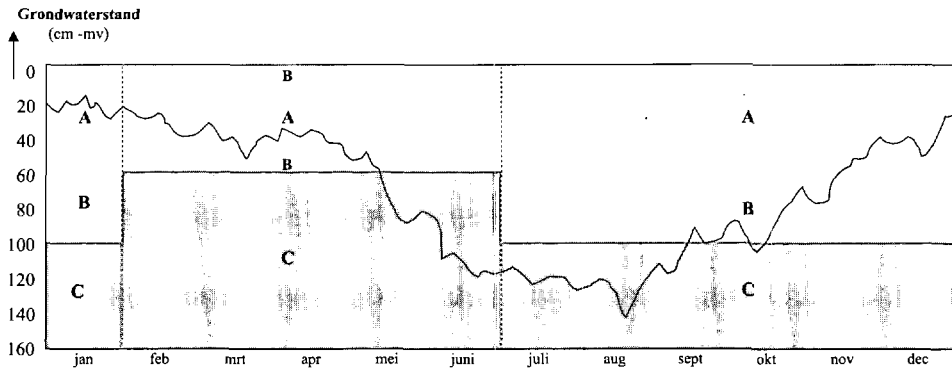
Het laatste onderdeel van de Waternoodprocedure is de monitoring en de evaluatie (Stap 5), die het mogelijk moet maken om te bepalen of de genomen maatregelen inderdaad het gewenste effect hebben gehad en of het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime daadwerkelijk is bereikt.

Grondwaterregime en doelrealisatie

In het Waternoodrapport wordt ook tentatief aangegeven op welke wijze de hiervoor beschreven stappen uitgewerkt zouden kunnen worden. Daarbij wordt aanbevolen om af te stappen van de bij landinrichting gebruikelijke benadering, waarin het grondwaterregime wordt weergegeven in een grondwatertrap of in de vorm van een GHG en GLG. Het bezwaar is dat deze maten alleen iets zeggen over de bandbreedte in het grondwaterbereik, en niet over de periode waarin die grondwaterstanden optreden. Aanbevolen wordt daarom om bij de bepaling van het optimale en gewenste grondwaterregime gebruik te maken van een grondwaterregimecurve, die per periode in het jaar het gemiddelde grondwaterstands niveau weergeeft. Op die manier kan rekening worden gehouden met het

feit dat de grondwaterstand in bepaalde perioden kritischer is voor bewerkbaarheid van de bodem en gewasgroei dan in andere perioden.

Uit de vergelijking tussen het actuele en het optimale grondwaterregime dient vervolgens de mate van doelrealisatie te worden bepaald. Daarbij is de doelrealisatie gedefinieerd als het quotiënt van de werkelijke productie bij een bepaald bodemgebruik en de productie bij hetzelfde bodemgebruik onder hydrologisch ideale omstandigheden. Op natuurdoelen is het woord 'productie' niet van toepassing en kan doelrealisatie het best worden vertaald met 'mate waarin het natuurdoeltype tot ontwikkeling komt' Om weer te geven in hoeverre het actuele grondwaterregime voldoet aan de functie-eisen, wordt in Waternood gewerkt met doelrealisatiekaders. Figuur 2 laat zien hoe zo'n doelrealisatiekader voor het grondwaterregime er uit ziet in de Waternood-benadering. In dit hypothetische voorbeeld worden twee perioden onderscheiden, waarbij per periode wordt aangegeven welke grondwaterstanden gewenst zijn vanuit de betreffende functie. De grondwaterstanden vallen in klasse A wanneer de grondwaterstand optimaal is voor de betreffende combinatie van bodemgebruiksvorm en grondsoort, en in klasse C wanneer bij het betreffende grondwaterniveau geen duurzame ontwikkeling van de functie mogelijk is. Bij de klasse B is sprake van suboptimale omstandigheden. Door het actuele grondwaterregime te projecteren op deze doelrealisatiekaders kan worden gevisualiseerd of en op welke momenten in het jaar het grondwaterregime afwijkt van het optimale grondwaterregime. Hoe uit deze vergelijking de doelrealisatie kan worden afgeleid wordt in het Waternood-rapport niet aangegeven.

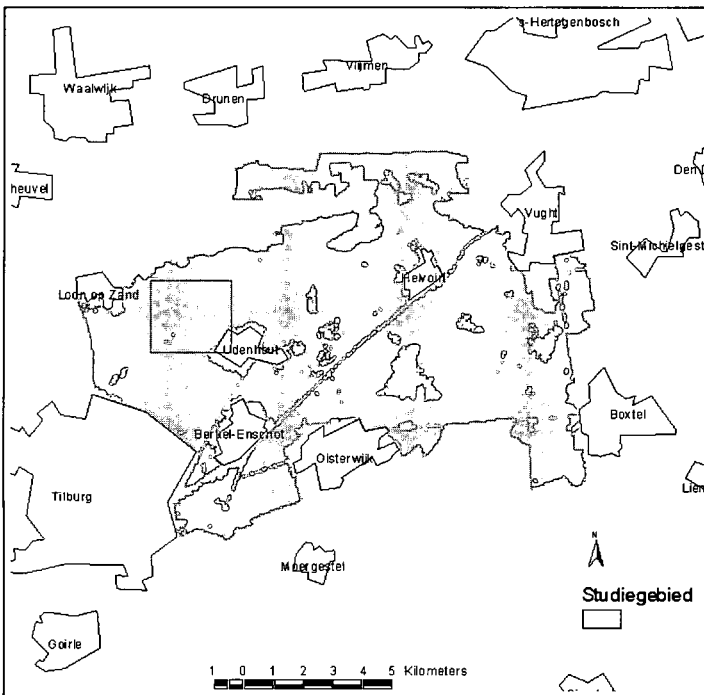


Figuur 2: Voorbeeld van doelrealisatiekader voor cultuurgrasland met een daarin geprojecteerd grondwaterregime. Ontleend aan: Projectgroep Waternood, (1998). In dit voorbeeld valt het grondwaterregime van november t/m april in de klasse A.

Opzet proefstudie in De Leijen

De proefstudie die werd uitgevoerd in het gebied De Leijen had tot doel om na te gaan in hoeverre met de bestaande kennis de geschetste Waternood-procedure in de praktijk uitvoerbaar is, en om te identificeren op welke punten nog kennishiaten bestaan. Een bijkomende vraag was in hoeverre het werken met grondwaterregimecurven een verbetering oplevert ten opzichte van het werken met grondwatertrappen, en of de grondwaterkartering 'nieuwe stijl' zoals ontwikkeld door Alterra de gegevens oplevert die nodig zijn voor een benadering via grondwaterregimecurven (Finke e.a., 1999). Het proefgebied ligt ten Noord-oosten van Tilburg (figuur 3). Het was gekozen omdat DLG-Noord-Brabant hier werkzaam was met het maken van een herinrichtingsplan en er reeds relatief veel gegevens van dit gebied voorhanden waren.

In de studie hebben we ons beperkt tot terrestrische functies en hebben we geen aandacht besteed aan de eisen die aquatische natuurdoelen stellen aan het oppervlaktewater. De nadruk heeft gelegen op de stappen 1 t/m 3 uit de Waternoodprocedure, tot en met de bepaling van de doelrealisatie. Stap 4 (bepaling verwachte grondwaterregime) is slechts provisorisch uitgewerkt, en aan Stap 5 is alleen een theoretische beschouwing gewijd. In de volgende paragrafen wordt aangegeven op welke wijze de stappen 1 t/m 4 uit het schema in De Leijen zijn uitgewerkt. Daarbij wordt iets afgeweken van de Waternood-stappenindeling omdat de stappen 1 en 3 (bepaling optimale grondwaterregime en bepaling doelrealisatie) zijn samengenomen en respectievelijk voor de functies landbouw en natuur zijn beschreven in de paragrafen 'Bepaling van de doelrealisatie landbouw' en 'Bepaling van de doelrealisatie natuur'.



Figuur 3: Ligging van het studiegebied (grijs). Rechthoek: ligging detailgebiedje weergegeven in de figuren 6 en 7.

Bepaling van het actuele grondwaterregime (AGR)

Voor de bepaling van het actuele grondwaterregime is gebruik gemaakt van de door Finke e.a. (1999) ontwikkelde methode van Gd-kartering. Anders dan in de traditionele Gt-kartering wordt niet gewerkt met grondwatertrappen (Gt's), maar wordt de grondwaterdynamiek (Gd) vlakdekkend vastgelegd. Voor elke periode in het jaar kan, met een zekere betrouwbaarheidsmarge, worden aangegeven welke grondwaterstanden in het gebied voorkomen. De Gd-kartering omvat de volgende stappen:

- 1 Startpunt is het bestaande meetnet van grondwaterstandsbuizen met ondiepe filters. Hier maken het meetnet van TNO-NITG maar ook door derden onderhouden meetnetten deel van uit. De met deze meetnetten verzamelde grondwaterstandsreeksen worden geanalyseerd met tijdreeksmodellen. Het neerslagoverschot op dagbasis van de (30-jaarse) /klimaatperiode dient hierbij als invoer, zodat een klimaatsrepresentatief beeld van de grondwaterdynamiek ontstaat dat tevens de huidige inrichting en het beheer weerspiegelt.
- 2 Op basis van een bodemkundig/hydrologische onderverdeling van het gebied worden extra meetlocaties gekozen die elk twee maal worden bemeten (in de zomer en in de winter). Deze waarnemingen worden eveneens omgezet in een klimaatsrepresentatief beeld. In het geval van De Leijen is hierbij uitgegaan van bestaande gegevens.
- 3 De aldus verkregen puntgegevens worden in verband gebracht met gebiedsdekkende hulpbestanden, welke voor een belangrijk deel zijn afgeleid van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). Voorbeelden van dit soort hulpbestanden zijn de drooglegging, de relatieve maaiveldhoogte en maten voor de drainagedichtheid. De hieruit verkregen relaties worden gebiedsdekkend toegepast, en leiden na een statistische foutcorrectie tot een gebiedsdekkend beeld van een aantal voor Waterlood relevante parameters binnen het Gd-concept: GHG, GVG, GLG, 14-daagsepunten van de regimecurve en ook de 5% en 95% percentielen op deze dagen. Ook de vormparameters van de duurlijn kunnen overigens op deze wijze worden gekarteerd.

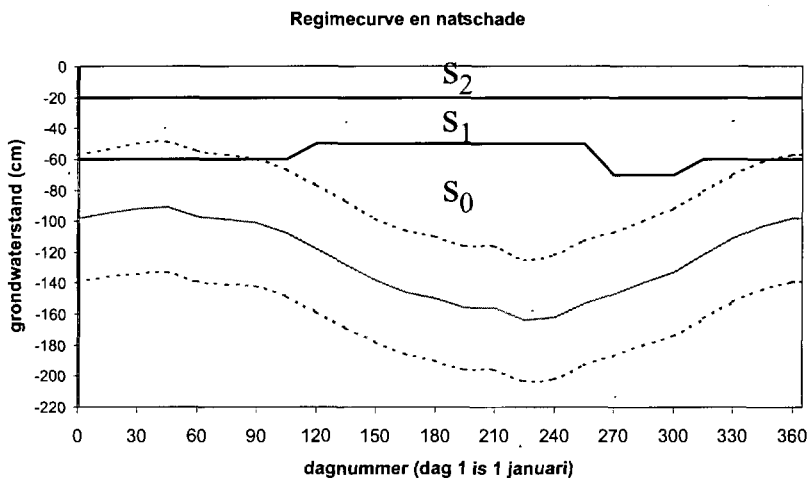
Omdat voor sommige natuurdoelen van het gebied (natte schraalgraslanden) kwel een belangrijke voorwaarde vormt, hebben we ook een ruimtelijk beeld afgeleid van de mate waarin eventuele kwel het maaiveld bereikt:

- De gemiddelde kwelsterkte per blok van 250 x 250 meter afkomstig uit landelijke modellen (NAGROM/MOZART en LGM) wordt neergeschaald naar AHN-resolutie (25 x 25 meter) met behulp van de in stap 3 verkregen kaarten van de gemiddelde grondwaterstand. Hieruit volgt de lokale kwelsterkte (qv).
- De afvoer van grondwater naar waterlopenstelsel (qd) wordt per 25 x 25 m2 pixel berekend uit het quotiënt van stijghoogte boven de lokale drainagebasis en de drainageweerstand.
- Als we stellen dat de oppervlakkige afvoer (qs) wordt bepaald door het neerslagoverschot plus de netto (qv–qd) kwel, dan geldt dat een ratio $qv/qd > 1$ correspondeert met een kwel die tot oppervlakkige afvoer leidt en dus het maaiveld bereikt.

Bepaling van de doelrealisatie landbouw

Voor de berekening van een verminderde doelrealisatie voor de landbouw als gevolg van ondiepe grondwaterstanden is uitgegaan van een regimecurve-met-spreiding-benadering.

Daarbij wordt de doelrealisatie berekend op basis van de gemiddelde grondwaterstanden per datum en de spreiding daarin. Om de doelrealisatie te kunnen bepalen zijn een groot aantal perioden (7 voor beweide grasland en 12 voor maïs) in het jaar onderscheiden. Per periode is aangegeven wat de kritieke grondwaterstanden zijn waarboven schade optreedt door beperking aan de grondbewerking of doordat natschade aan het gewas ontstaat. Tevens wordt aangegeven hoe groot die schade is voor elke dag dat deze grens wordt overschreden (de schadecoëfficiënt). De maximale opbrengst die bij het betreffende bodemtype onder optimale waterhuishoudkundige omstandigheden bereikt kan worden geldt als 100%. Vermenigvuldiging van kans op een grondwaterstand maal schade geeft per datum de schadeverwachting. Gesommeerd resulteert deze procedure in een veeljarig gemiddelde natschade. Het gebruik van de spreidingsgegevens is een essentiële voorwaarde voor het gebruik van een regimecurve. Immers een veeljarig gemiddelde grondwaterstand van 40 cm-mv op dag x geeft bij een kritieke grondwaterstandsgrens voor natschade van 40 cm geen natschade terwijl toch gemiddeld de helft van de daadwerkelijke grondwaterstanden op die datum hoger is dan 40 cm -mv.



Figuur 4: Regimecurve met spreiding (5 en 95 percentiel) en zones natschade voor bouwland op zandgrond. Uit: Finke e.a. 2001. Toelichting: zie tekst.

In figuur 4 is dat toegelicht. Aangegeven zijn de bewerkingsnatschadegrens S1, waarboven schade ontstaat doordat bewerkingen niet kunnen worden uitgevoerd, en de gewasnatschadegrens S2 waarboven schade aan het gewas ontstaat. Zoals te zien in de figuur is de gemiddelde grondwaterstand altijd ver beneden de natschadegrens, maar komen in het begin van het jaar regelmatig grondwaterstanden voor ondieper dan 60 cm, en kan er dus wel degelijk bewerkingsnatschade optreden.

Bij de bepaling van de schadecoëfficiënten is geen rekening gehouden met de mate van overschrijding. Ook is geen rekening gehouden met de overschrijdingsduur. Bij natschade zal gewassterfte pas optreden nadat de grondwaterstand enkele dagen tot in de wortelzone heeft gereikt en anaerobe omstandigheden zijn ontstaan. Dat betekent dat de natschade op dag 1 geringer is dan op dag 4. De gemiddelde grondwaterstanden uit de regimecurve geven echter geen informatie geeft over de lengte van perioden met aaneengesloten ondiepe grondwaterstanden en de frequentie waarmee ze optreden. Deze informatie is door middeling van de onderliggende tijdstijghoogtegegevens verdwenen. Daarom is in de proefstudie net gedaan alsof de natschade bij ondiepe grondwaterstanden verdelingsonafhankelijk is (het effect van een ondiepe grondwaterstand op dag x is onafhankelijk van het de grondwaterstand op dag $x-1$). Op basis van deskundigenschatting is een 'gemiddelde' schade-coëfficiënt per dag toegekend.

Er is een sterke correlatie met de natschade zoals berekend met de klassieke HELP-methode, maar de natschade berekend met de regimecurve-met-spreidingmethode is wel systematisch 2 maal zo hoog. De intensivering van het landgebruik sinds het opstellen van de HELP-tabellen speelt daarbij ongetwijfeld een belangrijke rol.

De droogteschade is nog sterker dan de natschade afhankelijk van de lengte van de periode dat een kritieke grondwaterstand wordt bereikt, en is bovendien afhankelijk van de verdamping en neerslag in die periode. Als gevolg daarvan blijkt er nauwelijks een relatie te bestaan tussen de grondwaterstand op een bepaalde datum en de droogteschade. Om die reden is het niet mogelijk om de droogteschade af te leiden uit de regimecurve. In plaats daarvan is besloten in deze studie terug te vallen op het gebruik van de HELP-tabellen, waarin de droogteschade via de grondwatertrap wordt gekoppeld aan een veeljarig gemiddelde in de vorm van de GLG.

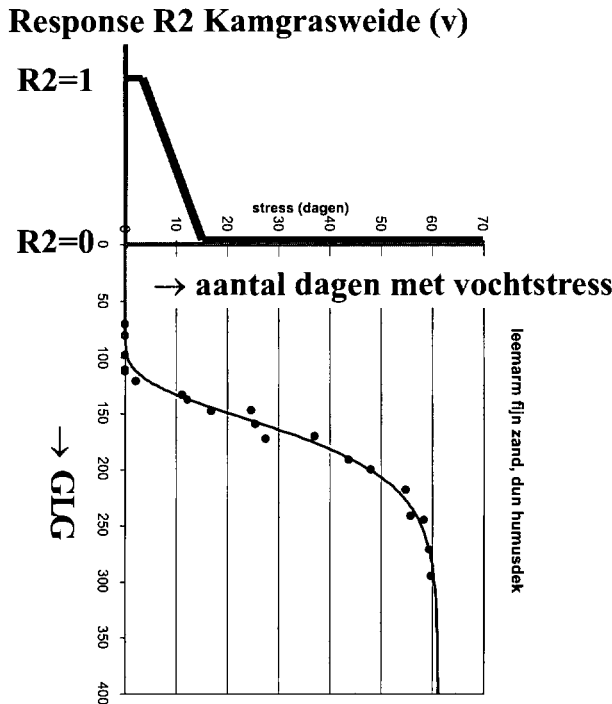
Bepaling van de doelrealisatie natuur

Bij de bepaling van de doelrealisatie voor de functie natuur is gekozen voor een causaal-empirische aanpak. Er is uitgegaan van hydrologische factoren waarvan bekend is -of verondersteld wordt- dat ze bepalend zijn voor het functioneren van planten, en daarmee voor de soortensamenstelling van de vegetatie. Op basis van empirische gegevens wordt vervolgens geschat wat de kritische waarden voor de hydrologische variabele zijn waarbij het type kan voorkomen. Als verklarende hydrologische variabelen zijn gebruikt: de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand, de vochtvoorziening, de gemiddeld laagste grondwaterstand en kwel. Een alternatief is een correlatieve benadering via duurlijnen of gemiddelde regimecurves, waarbij de grondwaterregimes op referentiestandplaatsen met goed ontwikkelde vegetaties als maatgevend worden beschouwd. Omdat niet bekend is in hoeverre de gevonden relaties berusten op causale verbanden, kunnen in deze benadering echter geen uitspraken worden gedaan over de mate van doelrealisatie in situaties waarin de grondwaterstand afwijkt van die in de referentiesituatie.

De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) is bepalend voor de aëratie aan het begin van het groeiseizoen. Op plaatsen met een hoge voorjaarsgrondwaterstand komen voornamelijk hygroyten voor, soorten die zijn aangepast aan zuurstoftekorten in de bodem door bijvoorbeeld de aanwezigheid van luchtweefsels (biezen, zeggen, riet), en die bovendien bestand zijn tegen de voor concurrerende planten toxische stoffen (H₂S,

tweewaardig ijzer en mangaan) die ontstaan onder gereduceerde omstandigheden (Witte en Runhaar, 2000).

Binnen vochtige en droge systemen speelt daarnaast de vochtvoorziening een belangrijke rol. Door Jansen e.a. (2000) wordt aangegeven dat het aantal dagen met droogtestress (gemiddeld aantal dagen dat een kritieke vochtspanning van -12 m in de wortelzone wordt onderschreden) een goede voorspeller is voor het al dan niet voorkomen van vochtminnende soorten. De droogtestress is afhankelijk van de neerslag, de bodemtextuur en de grondwaterstand. Op zavel, leem en klei is in ons klimaat de vochtvoorziening vanuit het hangwater meestal voldoende voor het overleven van vochtminnende soorten (mesofyten), maar op zandgronden is aanvullende vochtvoorziening nodig uit het grondwater via capillaire opstijging. Voor de bepaling van de droogtestress is in deze studie gebruik gemaakt van uit modelberekeningen afgeleide functies, die per bodemtype de droogtestress geven als functie van de GLG (figuur 5).



Figuur 5: Doelrealisatie van het type 'vochtige kamgrasweide' als functie van de vochtvoorziening. Het type is optimaal ontwikkeld ($R = 1$) wanneer er gemiddeld minder dan 5 dagen met droogtestress zijn. Het kan niet voorkomen wanneer er gemiddeld meer dan 15 dagen met droogtestress zijn ($R = 0$). Zoals te zien in de onderste grafiek komen deze grenzen op leemarm fijn zand met een dun humusdek overeen met een GLG van respectievelijk 120 en 140 cm onder maaiveld.

Binnen vochtige en droge systemen is de laagste grondwaterstand slechts indirect van belang, als factor die medebepalend is voor de vochtvoorziening (zie boven). In natte systemen is de laagste grondwaterstand meer direct van invloed op de vegetatie: de laagste grondwaterstand geeft aan tot hoe ver het grondwater gemiddeld wegzakt, en daarmee hoe lang en tot welke diepte aëratie van de bovengrond optreedt. Verondersteld is dat met

name in potentieel veenvormende systemen als hoogvenen en broekbossen de laagste grondwaterstand een belangrijke factor is, die bepaalt of afbraak dan wel accumulatie van organisch materiaal overheerst.

De aanvoer van kalkrijk (= bicarbonaatrijk) grondwater is in veel natte situaties verantwoordelijk voor de zuurbuffering van de bovengrond. Omdat in het studiegebied de bovengrond kalkarm is, en zuurbuffering vanuit de bodem dus nauwelijks plaats vindt, is aangenomen dat alle vegetaties die gebonden zijn aan zwak zure tot basische omstandigheden alleen duurzaam kunnen voorkomen op standplaatsen gebufferd door kwel. Met de afhankelijkheid van overstroming met oppervlaktewater is in deze studie geen rekening gehouden.

Voor de bepaling van de kritische waarden voor bovenstaande hydrologische variabelen is gebruik gemaakt van informatie over de relatie tussen grondwaterstanden en het voorkomen van vegetatietypen uit databases en literatuurgegevens. Daarnaast is ook gebruik gemaakt van het relatieve voorkomen van hygrofyten en xerofyten in de vegetatie om een schatting te maken van de relatie met respectievelijk de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en de droogtestress.

Op basis van de gevonden kritische waarden zijn doelrealisatiefuncties opgesteld. Figuur 5 geeft als voorbeeld de doelrealisatie van vochtige kamgrasweiden als functie van de droogtestress. Uit deze figuur is af te lezen dat deze vegetaties optimaal voorkomen (Waternoodklasse A) bij gemiddeld minder dan 5 dagen droogtestress, en dat het type niet gerealiseerd kan worden (Waternoodklasse C) bij meer dan 15 dagen droogtestress. Bij tussengelegen waarden is sprake van suboptimale omstandigheden (Waternoodklasse B).

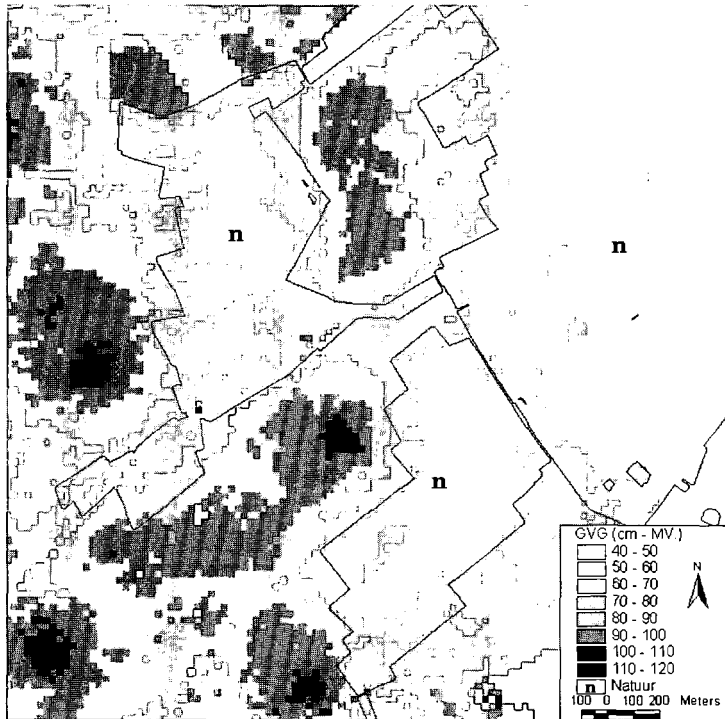
De uiteindelijke doelrealisatie wordt bepaald door de scores voor GVG, voor droogtestress of GLG en voor kwel met elkaar te vermenigvuldigen, ervan uitgaande dat de onderliggende factoren (aëratie, vochtvoorziening, mineralisatie en zuurbuffering) onafhankelijk van elkaar inwerken op de vegetatie.

Bepaling van het verwachte grondwaterregime (VGR)

Bij de bepaling van het verwachte grondwaterregime wordt berekend wat de effecten van voorgestelde maatregelen in de waterhuishouding zijn op de doelrealisaties van de doeltypen die binnen het Waternood-gebied aanwezig zijn. In het studiegebied De Leijen is een vernattingsvariant doorgerekend. Deze vernatting (dempen van sloten, verhoging van de ontwateringsbasis, en hogere waterpeilen) is doorgevoerd voor drie deelgebieden. Daarbij is gebruik gemaakt van over de huidige inrichting en het huidige beheer van de hoofdwaterlopen en de kavelsloten en de geplande veranderingen daarin. Deze informatie is gebruikt om de verandering in het grondwaterregime te berekenen (Van Bakel en Huygen, 2000).

Om het grondwaterregime (GHG, GVG, regimecurven) na de maatregelen te berekenen zouden we graag gebruik willen maken van een regionaal grondwatermodel met een onverzadigde-zone-module gekoppeld aan een oppervlaktewatermodel. Voor een gemiddeld landinrichtingsproject of een uitvoeringsslag van een waterschap is dit echter wel een erg dure oplossing. Verondersteld is daarom dat men in veel gevallen voor meer benaderende

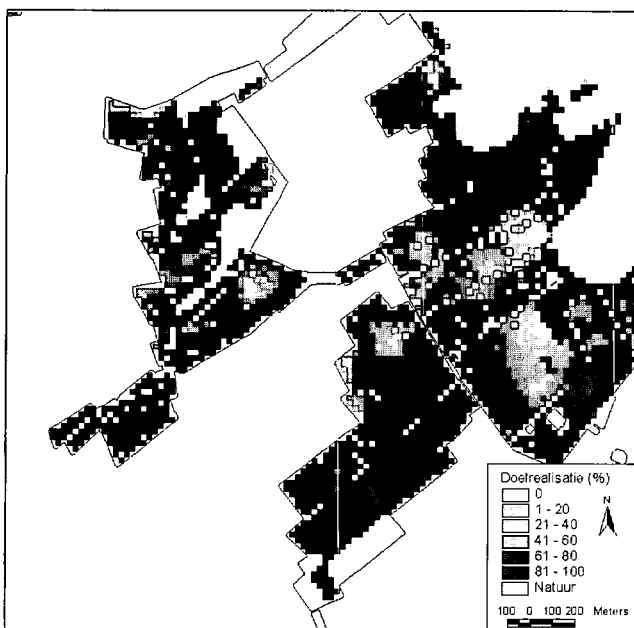
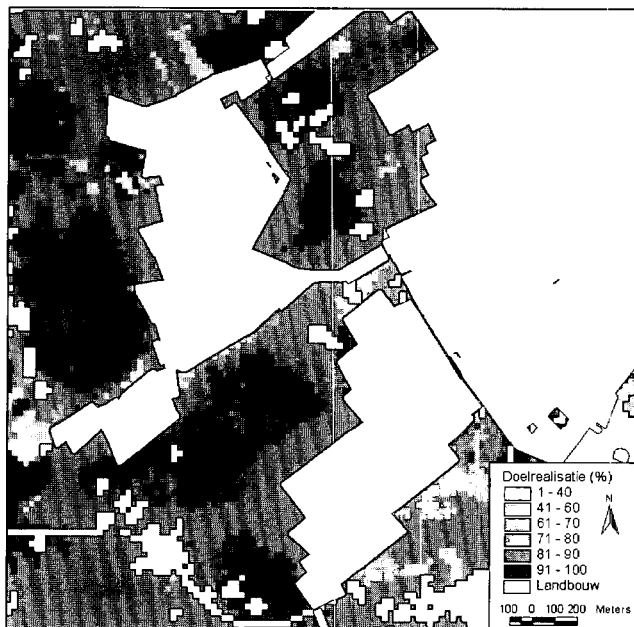
oplossing zal kiezen. Een dergelijke procedure is hier gevolgd. Met behulp van het model SWAP (Van Dam, 2000) zijn voor een aantal referentielocaties de effecten van de vernattingsmaatregelen op het grondwaterregime berekend. Met 'effect' wordt hier bedoeld de door SWAP berekende verandering in grondwaterregime door de maatregelen. Om een ruimtelijk beeld van de effecten te krijgen zijn de effecten op de referentielocaties ruimtelijk geïnterpoleerd en opgeteld bij de AGR-kaarten.



Figuur 6: Actuele GVG in een deel van het proefgebied De Leijen (voor ligging zie figuur 3).

Resultaten

Figuur 6 toont de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand behorende bij het actuele grondwaterregime. Figuur 7 toont de realisatiegraad behorende bij het actuele grondwaterregime voor respectievelijk landbouw- en natuurgebieden. De gemiddelde realisatiegraad van het gebied is 75%. Er zijn er echter grote verschillen tussen de functies. Voor de landbouw bedraagt de doelrealisatiegraad 86%, terwijl voor de natuur de doelrealisatie slechts 41% procent bedraagt doordat voor de grondwaterafhankelijke natuurdoelen vrijwel overal de voorjaarsgrondwaterstand te laag is. Daarbij moet de kanttekening worden gemaakt dat door het gebruik van waarnemingen uit de periode 1990–1991 het AGR deels een historisch karakter heeft (in een deel van het gebied zijn sindsdien vernattingsmaatregelen doorgevoerd), en dat bovendien een deel van de natuurdoelen is gepland in gebieden die nu nog in gebruik zijn als landbouwgrond. Echter, ook als hiermee rekening wordt gehouden blijft er in de natuurgebieden een groot verschil bestaan tussen de actuele en de optimale grondwatersituatie.



Figuur 7: Doelrealisatie bij het actuele grondwaterregime voor respectievelijk landbouw (links) en natuur (rechts). Om de verschillen binnen de landbouw- en natuurgebieden weer te kunnen geven is gewerkt met verschillende legenda's. De doelrealisatiegraad binnen het natuurgebied wordt voor een belangrijke deel bepaald door het gewenste natuurdoeltype. Vandaar dat bij een vergelijkbare GVG de doelrealisatie kan variëren van 0 tot 100 %.

De realisatiegraad voor het VGR wordt hier niet getoond. Uit de berekeningen kwam dat de vernattingsmaatregelen een lichte vermindering van de realisatiegraad (ca 5%) van de landbouw tot gevolg hadden door natschade, met name langs de randen van de vernattingsgebieden, terwijl de maatregelen geen verbetering van de realisatiegraad van de geplande natuurdoeltypen tot gevolg hadden (Finke e.a. 2001). De voorgestelde vernattingsmaatregelen zijn kennelijk niet voldoende om de geplande natuurdoeltypen te realiseren. Er zullen dus nog drastischere vernattingsmaatregelen nodig zijn. Als deze maatregelen om technische redenen niet haalbaar zijn of uit maatschappelijk oogpunt ongewenst, zal de provincie de functie anders moeten specificeren (bijvoorbeeld andere natuurdoeltypen) of moeten komen tot een andere ruimtelijke inrichting.

In deze studie hebben we ons best gedaan om de doelrealisatie voor natuur en landbouw in eenzelfde schaal weer te geven, als percentage van de maximale 'productie'. Bij de vergelijking van de doelrealisaties moet echter wel bedacht worden dat de maatschappelijke consequenties sterk kunnen verschillen per sector. Zo betekent een realisatiegraad van 50% voor landbouw waarschijnlijk dat een landbouwbedrijf niet kan voortbestaan, terwijl een realisatie van 50% voor een zeldzaam natuurdoeltype nog steeds een waardevol natuurgebied kan opleveren. Dus het onder één noemer brengen van landbouw en natuurbelangen ontslaat provincies en waterschappen niet van de afwegingsvraag: hoeveel vermindering van landbouwopbrengst is een procent vermeerdering van realisatiegraad van natuur waard?

Discussie

De belangrijkste vraag die in de proefstudie beantwoord moest worden was of de huidige kennis voldoende is om de in het Waterlood-rapport geschetste procedure in de praktijk te kunnen toepassen. Waar het gaat om de eerste drie stappen uit de procedure - de bepaling van het optimale grondwaterregime, van het actuele grondwaterregime, en de bepaling van de daaraan gekoppelde doelrealisatie- kan op grond van de proefstudie een bevestigend antwoord worden gegeven. Op basis van de beschikbare kennis is het gelukt om een operationeel systeem op te zetten dat voldoet aan de eisen dat de methode reproduceerbaar is en gebaseerd op expliciete hypothesen en kennis.

Wel zijn er nog een aantal kennishiaten die opgevuld moeten worden om de procedure algemeen toepasbaar te maken. Knelpunten zijn er vooral bij de bepaling van de doelrealisatie voor de functie natuur. In Hoog-Nederland is de aanwezigheid van kwel met kalkrijk grondwater vaak een belangrijke voorwaarde voor de realisatie van natuurdoelen. Er is echter nog geen geschikte methode om de aanwezigheid van kwel en de grondwaterkwaliteit op een voor natuurdoelstellingen voldoende gedetailleerd schaalniveau in kaart te brengen. De kennis over de relatie tussen kwel, grondwaterkwaliteit, basenverzadiging en vegetatiesamenstelling is vaak nog onvoldoende om kwantitatieve en empirisch onderbouwde uitspraken over de doelrealisatie te doen. Voor overstroming met oppervlaktewater geldt in nog sterkere mate dat er onvoldoende kennis is over het effect op de vegetatie via de voedselrijkdom en de basenverzadiging. Ook is nog onvoldoende duidelijk of en op welke manier in natte systemen de laagste grondwaterstanden van invloed zijn op de vegetatie-ontwikkeling.

Over de relatie tussen grondwaterregime en landbouwproductie is veel meer kennis aanwezig. Toch zijn ook hier nog verbeteringen mogelijk. Veel van de kennis is nu nog geoperationaliseerd in de vorm van HELP-tabellen, waarin opbrengstdepressies worden gekoppeld aan grondwatertrappen. Voor toekomstig gebruik in Waternood dienen nieuwe relaties te worden berekend waarin een meer directe relatie wordt gelegd met het grondwaterstandsverloop gedurende het jaar.

Tijdens de studie zijn een paar algemene punten naar voren gekomen die een uitgebreidere discussie vergen omdat ze betrekking hebben op de uitgangspunten van de Waternood-benadering. De eerste is de vraag in hoeverre gebruik van regimecurves een betere bepaling van de doelrealisatie mogelijk maakt, en de tweede de vraag of de natuurdoelen wel voldoende eenduidig zijn om op een vergelijkbare manier als bij landbouw de doelrealisatie te kunnen bepalen. Aan deze twee punten schenken we hieronder extra aandacht.

Gebruik regimecurves

In het Waternood-rapport wordt aanbevolen om uit te gaan van de regimecurve in plaats van grondwatertrappen of andere niet-tijdsgebonden maten als GHG en GLG. In de proefstudie De Leijen is getracht deze benadering zo goed mogelijk uit te werken. Dat bleek echter een moeilijker opgave te zijn dan oorspronkelijk verwacht.

Voorwaarde voor het gebruik van een regimecurve is dat voor elke periode in het jaar kan worden aangegeven wat de relatie is tussen de meerjarig gemiddelde grondwaterstand en de doelrealisatiegraad. Bij de functie natuur is echter zo weinig bekend over de oorzakelijke verbanden tussen waterhuishouding en soortensamenstelling, en zijn de relaties zo complex, dat het onmogelijk is om voor elke periode in het jaar aan te geven welke grondwaterstanden gewenst zijn en wat de consequenties zijn wanneer de actuele grondwaterstand daarvan afwijkt. Het gebruik van een referentiebenadering, waarbij wordt uitgegaan van de regimecurve van locaties waar het betreffende natuurdoeltype optimaal voorkomt, lost dit probleem niet op omdat niet kan worden aangegeven of en in welke mate de doelrealisatie afneemt wanneer het actuele grondwaterregime afwijkt van het referentieregime.

In de landbouw zijn de relaties tussen waterhuishouding en gewasgroei veel simpeler, en is er ook veel meer kwantitatieve kennis over deze relaties. Desondanks is ook hier een regimecurvebenadering problematisch, en wel omdat door het uitmiddelen over de jaren de regimecurve geen informatie meer geeft over de lengte en de frequentie waarmee kritische grondwaterstanden worden over- of onderschreden. Voor de bepaling van de droogteschade is daarom het gebruik van een regimecurve niet mogelijk. Bij de natschade bestaat er een meer direct verband tussen grondwaterstand en opbrengstdepressie, en lijkt een regimecurve-benadering beter bruikbaar. Door meer kritische perioden te onderscheiden is naar verwachting een verbetering te bereiken ten opzichte van de huidige HELP-tabel. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat door een aantal geraadpleegde deskundigen wordt getwijfeld over de fysische onderbouwing van het gebruik van regimecurve-gegevens voor de bepaling van de natschade (zie resultaten workshop in Van Bakel en Huygen (2001)). De

vermoedelijk beste optie voor bepaling van zowel nat- als droogteschade is het uitgaan van tijdstijghoogtegegevens over een reeks van jaren en de daarbij behorende weersgegevens.

Specificatie natuurdoelen

De Waternood-systematiek is op een aantal punten nog duidelijk afgestemd op een landbouwkundige situatie, waarbij wordt gewerkt met vlakke percelen waarop slechts één soort plant voorkomt. Bij de natuurgebieden is echter sprake van heterogeniteit, waarbij er vaak op geringe afstand sprake is van verschillende combinaties van soorten (vegetatietypen) als gevolg van kleine verschillen in maaiveld en beheer. Daarom worden natuurdoelen vaak slechts globaal aangeduid, door per kaartvlak aan te geven welke combinatie van natuurdoeltypen binnen het vlak gerealiseerd dient te worden. Een bijkomend probleem is dat, soms om beleidspolitieke redenen (niet vastleggen op harde doelen om voldoende beleidsvrijheid te houden), de natuurdoeltypen meestal niet duidelijk zijn omschreven. Dit alles maakt het bepalen van de doelrealisatie volgens de Waternood-systematiek bijzonder lastig.

Een oplossing voor het eerste probleem zou kunnen zijn om de natuurdoelen ruimtelijk veel gedetailleerder in te tekenen, zodat desnoods per vierkante decimeter kan worden aangegeven waar welke natuurdoelen dienen te worden gerealiseerd. Dat stuit echter op praktische bezwaren, en doet bovendien geen recht aan het spontane karakter van natuurlijke vegetaties. Het is daarom beter om het als een gegeven te beschouwen dat de natuurdoelen niet altijd gedetailleerd ruimtelijk kunnen worden vastgelegd, en de procedure daarop af te stemmen. In een vervolproject zijn strategieën ontwikkeld om hiermee om te gaan (Hoogland e.a., 2001). Het voorgaande laat onverlet dat van beleidsmakers geëist moet worden dat ze de natuurdoeltypen beter omschrijven. Wanneer niet duidelijk is welk doel wordt nagestreefd kan ook niet worden aangegeven welke waterhuishouding nodig is om dat doel te bereiken.

Conclusies en aanbevelingen

Uit de proefstudie in De Leijen kunnen een aantal conclusies worden getrokken en zijn een aantal aanbevelingen mogelijk.

- Met de bestaande kennis is het goed mogelijk om volgens de in Waternood gepresenteerde systematiek te komen tot een geformaliseerde en empirisch onderbouwde bepaling van de doelrealisatie.
- Vooral bij de functie natuur zijn er nog hiaten in de kennis, waardoor het bijvoorbeeld niet goed mogelijk is om kwantitatieve uitspraken te doen over de afhankelijkheid van de vegetatie van kwel en overstroming met oppervlaktewater.
- Bij de landbouw zijn de kennishiaten geringer, en is het voornaamste aandachtspunt om de bestaande kennis in een zodanige vorm te gieten (wiskundige functies, tabellen) dat ze direct gebruikt kunnen worden om de mate van doelrealisatie te bepalen.
- De aanbeveling in het Waternood-rapport om de doelrealisatie te bepalen op basis van regimecurves vooronderstelt dat het mogelijk is om voor elke periode in het jaar aan te geven wat de relatie is tussen gewaseigenschappen (productie, soortensamenstelling) en

- de veeljarig gemiddelde grondwaterstand in die periode. Dat blijkt echter niet (natuur) of slechts in beperkte mate (landbouw) mogelijk.
- Voor de bepaling van de doelrealisatie kan daarom voorlopig beter worden uitgegaan van een beperkt aantal gemiddelde grondwaterstanden (GHG, GVG, GLG) waarvan goed bekend is wat de relatie is met de gewasgroei. Voor de landbouw is een substantiële verbetering in de bepaling van de doelrealisatie pas mogelijk wanneer gewerkt kan worden met tijdstijghoogtegegevens in plaats van met de gemiddelde grondwaterstanden uit de regimecurve.
 - Het is het niet altijd mogelijk en ook niet wenselijk om ruimtelijk gedetailleerd aan te geven waar welke combinaties van soorten gerealiseerd dienen te worden. Met deze ruimtelijke onzekerheid dient de systematiek rekening te houden.
 - Duidelijker dan in de huidige situatie dient te worden aangegeven wat de inhoud is van de natuurdoeltypen: welke combinaties van soorten vallen nog wel, en welke niet meer onder het natuurdoeltype? Wanneer de doelen inhoudelijk niet zijn gespecificeerd is de doelrealisatie ook met de beste kennis van de wereld niet te bepalen.

Voortbouwend op de Waterlood-systematiek zijn we in deze studie een heel stuk verder gekomen in de afweging tussen functies en de bepaling van het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime. Het zal echter duidelijk zijn dat de methode nog lang niet 'af' is en dat er de komende jaren nog flink gesleuteld zal moeten worden om te komen tot een volledig operationeel en in alle situaties toepasbaar instrumentarium. Het door STOWA in de loop van 2002 op te leveren Waterlood-instrumentarium kan een nuttige functie vervullen door alle op dit moment beschikbare kennis te bundelen en in operationele vorm aan potentiële gebruikers aan te bieden, maar mag zeker niet worden gezien als het definitieve antwoord op alle problemen. Voor de onderzoekers blijft er ook de komende jaren nog genoeg te doen!

Met dank aan Michael van der Valk voor het kritisch en doortastend doorlezen en zonodig commentariëren van de proefversie.

Referenties

- Bakel, P.J.T van en J. Huygen (2001)** Technisch document: Doelrealisatie landbouw in De Leijen. Een aanzet tot invulling en operationalisering van de methode Waterlood. Bijlage op CD-ROM in: Finke e.a. 2001; <http://www.alterra.wageningen-ur.nl/programma/328/Waterlood/OGR-Landbouw.zip>.
- Dam, J.C. van (2000)** Field-scale water flow and solute transport. SWAP model concepts, parameter estimation and case studies; proefschrift, Universiteit Wageningen.
- Finke, P.A., W.P.C. Zeeman, G. Schouten, J. Runhaar, P. van der Molen, W. van der Meer, J.J. de Gruijter, M.F.P. Bierkens, P.J.T. van Bakel, J. Hoeks (2001)** Beter werken met Waterlood: Een proeftoepassing in De Leijen; Alterra-rapport 267, Alterra, Wageningen; <http://www.alterra.wageningen-ur.nl/programma/328/Waterlood/rap267pdf.zip>.
- Finke, P.A., T. Hoogland, M.F.P. Bierkens, D.J. Brus en F. de Vries (1999)** Pilot naar grondwaterkaarten in het Weerijsg gebied; <http://www.alterra.wageningen-ur.nl/programma/328/producten/PilotPDF.zip>.

- Hoogland, T., J. Runhaar en M.F.P Bierkens (2001, in voorbereiding) DOENAT:**
Een applicatie voor de allocatie van natuurdoeltypen en berekening van de
doelrealisatie: Modelbeschrijving en toepassingen; Alterra-rapport 400, Alterra,
Wageningen.
- Jansen, P.C., J. Runhaar, J.P.M. Witte & J.C. van Dam (2000) Vochtindicatie van
grasvegetaties in relatie tot de vochttoestand van de bodem; Alterra-rapport 57, Alterra,
Wageningen.**
- Projectgroep Waternoed (1998) Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater;
DLG-publicatie 1998/2, DLG, Utrecht.**
- Witte, J.P.M. en J. Runhaar (2000) Planten als indicatoren voor water; in: *Stromingen*,
jrg 6, nr 1, pag 5–21.**

