

## Weerstand

Harry Boukes meent een groeiende weerstand tegen verdroging waar te nemen (Stromingen 5, 1999, nummer 3). Mijn eerste reactie was dat dat dan goed uitkomt want mijn weerstand tegen verdroging neemt ook toe; hoe eerder die de wereld uit is, hoe beter.

Verder lezend blijkt echter dat Harry spreekt over een andere weerstand; namelijk de weerstand tegen het ontstaan en het gebruik van het begrip verdroging. Om dat te illustreren gaat hij in op het begrip 'onbedoelde neveneffecten' en vergelijkt daarbij het rijden in een auto met de effecten van een peilverlaging.

Volgens mij meet Harry dan ineens met twee maten:

- als Harry met de auto rijdt is luchtverontreiniging een onbedoeld neveneffect van een niet moedwillige actie;
- als er een peilverlaging plaatsvindt in een landbouwgebied zijn volgens hem de effecten in een aangrenzend natuurgebied de gevolgen van een doelbewuste actie.

Harry, als jij de auto neemt om ergens naar toe te rijden, dan neem ik aan dat jij dat doelbewust doet. Jij kent toch de gevolgen die dat voor de omgeving heeft? Niet bedoeld, maar wel geaccepteerd in de afweging om de auto te gaan of niet. Jij rijdt met de auto en anderen moeten de overlast daarvan accepteren/ondergaan.

Volgens mij is het voorbeeld van peilverlaging niet afwijkend daarvan. Een doelbewuste peilverlaging in een landbouwgebied heeft verdroging in naastliggende natuurgebieden tot gevolg. Niet bedoeld maar wel geaccepteerd in de afweging om over te gaan tot peilverlaging of niet.

Dat Harry de vinger legt bij veel onduidelijkheid in de aanpak van de verdroging vind ik een prima zaak. Maar vergelijk dan wel vergelijkbare zaken en wek niet de suggestie dat de peilen in natuurgebieden doelbewust zijn verlaagd. Het voorbeeld van een op te leggen heffing kan, omdat de voorbeelden in principe gelijk zijn, ook worden uitgewerkt voor ten onrechte gereden kilometers waar de automobilisten in de achterliggende jaren van hebben geprofiteerd.

Nu de zaak zelf.

Laat ik voorop stellen dat de afweging die is gemaakt in het voorbeeld dat Harry noemt over peilverlaging een verkeerde is geweest (volgens mij ken ik het voorbeeld en ben ik bij dezelfde zaak betrokken geweest). Als jij aandacht vraagt voor bewust genomen grote risico's dan ga ik helemaal met jou mee. Er worden nog steeds keuzes gemaakt die verdroging introduceren doordat er onvoldoende aandacht is voor de gevolgen binnen het hydrologische systeem.

Volgens mij kan daar pas een eind aan komen als er op basis van een hydrologische systeemanalyse heldere en principiële keuzes worden gemaakt en die vergen nog wel eens moed bij bestuurders. Gelukkig zijn er ook goede voorbeelden en die geven mij in ieder geval voldoende inspiratie om verder te gaan.

*Harm Janssen*  
DLG-Voorburg

## Reactie van de auteur

Als ik me even beperk tot waar we het over eens zijn:

- 1 Verdroging ontstaat door een verkeerde afweging van belangen;
- 2 Verdroging kan alleen bestreden worden door moedige bestuurders.

Ik noem dat dan een beleidsprobleem, maar als een ander dat een milieuprobleem noemt, vind ik dat goed.

Verder mag mijn autogebruik best onderwerp van discussie worden, maar liever niet in STROMINGEN.

*Harry Boukes*

### **Analytisch of numeriek?**

In hun artikel 'Het grondwatermodel als civieltechnisch gereedschap' hielden C.J. Hemker en G.J.M. Janssen in Stromingen 5/3 een pleidooi om zondermeer te kiezen voor numerieke grondwatermodellen. Hun conclusie luidt althans: "De keuze tussen een analytisch en een numeriek model is eenvoudig omdat een numeriek model in praktisch alle opzichten meer heeft te bieden".

Nu is 'meer' niet altijd 'beter'. De argumenten die de auteurs voor hun standpunt aanvoeren zijn vrijwel alle terug te voeren tot de constatering dat je met een numeriek model meer details aankunt. Dat mag in zijn algemeenheid waar zijn, maar de kunst van de civieltechnicus is juist gelegen in het onderscheiden van hoofdzaken en bijzaken, dus in het relativeren van details. Voor de civielingenieur is het precies willen nabootsen van de werkelijkheid een zwakgebod, waarmee hij schoorvoetend voor de draad komt als hij een probleem niet goed in de vingers kan krijgen. Als een geohydrologisch vraagstuk succesvol is teruggebracht tot zijn juiste proporties, dat wil zeggen tot de hoofdzaken, dan verdwijnt haast per definitie de behoefte om de werkelijkheid in detail te willen nabootsen. Zo verkeert het vermeende nadeel van analytische modellen, dat ze alleen geschikt zijn voor situaties waarin de ondergrond sterk geschematiseerd is, dikwijls in een voordeel.

Intussen ligt de keuze tussen analytisch of numeriek zelden bij voorbaat vast. Sommige vraagstukken laten zich alleen analytisch behandelen, sommige alleen numeriek, maar daar tussenin ligt een heel breed gebied waarin beide methoden goed werken. Uit de rekenmethoden die je ter beschikking staan moet je steeds die kiezen, die het best bij jezelf en bij de aard van het vraagstuk past. Als je analytisch up-to-date bent heb je daarbij een zekere voorsprong, maar als je wat dat betreft nog in het tijdperk leeft waarin de waarden van wiskundige functies in tabellen of grafieken opgezocht moesten worden, dan heb je inderdaad weinig keuzevrijheid.

Veel wezenlijker dan de vraag of je numeriek dan wel analytisch moet rekenen, vind ik de vraag of een hydroloog zich kan permitteren om zich geheel afhankelijk te maken van kant en klare modellen, hoezeer die ook voor de praktijk als een zege beschouwd kunnen worden. Ik ben het helemaal eens met Theo Olsthoorn in Stromingen jrg 5, nr 2: een hydroloog moet kunnen rekenen. De beheersing van die kunst wordt door het zondermeer kiezen voor een kant en klaar grondwatermodel niet bevorderd. Dat is zonde, want wie niet zelf kan rekenen heeft een handicap bij het onderscheiden van hoofdzaken en bijzaken.

*Kees Maas*

### **Reactie op 'Analytisch of numeriek?'**

Hoewel ik een verdere discussie over analytisch versus numeriek zeker niet uit de weg wil gaan, twijfel ik wel een beetje aan het nut. Alle argumenten zijn immers voldoende bekend. Je hebt wandelaars en automobilisten, maar een discussie wat in het algemeen 'beter' is, lijkt me weinig zinvol. Zo houd ik zelf bijvoorbeeld best van een goede wandeling, want het is gezond, en je ziet zoveel

meer van de omgeving. Ik weet echter dat de meeste mensen de auto pakken, want ze hebben weinig tijd en vaak ligt de bestemming gewoon te ver weg. Sommige automobilisten zijn lui of kunnen niet goed wandelen, dat weet ik wel, maar er zijn ook wandelaars die nooit achter het stuur zitten. Volgens mij heeft een goede hydroloog zowel stevige wandelschoenen als een rijbewijs, en voldoende ervaring met beide mogelijkheden. Alleen dan kan hij kiezen. In de praktijk is die keuze zelden moeilijk. Dat een automobilist daarbij gebruik maakt van een kant en klare auto, hoeft geen probleem te zijn, zolang hij de weg maar kent.

*Kick Hemker*

### **Reactie op 'Prioriteiten in hydrologisch onderzoek'**

Prof. Ir. N.D. van Egmond, Directeur Milieu, RIVM, stelt in *Stromingen*, jrg 5, nr 3, pag 57–58 dat voor onderbouwing van het landelijk beleid van verzuring, vermesting en verdroging het gebruik van hydrologisch oorzaak-effect-onderzoek slechts beperkt relevant is. De hydrologie zou nog wel van nut kunnen zijn voor onderbouwing van zaken die met 'ruimte van doen hebben'.

Hierbij onze reactie in volgorde van bovengenoemde 3 milieuthema's.

*Verzuring* — Voor de verzuring van natte natuurgebieden is de dynamiek van hydrologische processen zoals kwel en neerslaglensen essentieel. Daarbij is sturing via het lokale waterbeheer van groot belang. Opschaling van deze processen naar regionale en landelijke schaal heeft ook nog onvoldoende plaatsgevonden. In tegenstelling tot wat Van Egmond zegt is nader hydrologisch onderzoek op dit onderwerp dus vereist.

In de verzuring van de Nederlandse *droge* natuur speelt de waterhuishouding

van bossen een belangrijke rol. Tot nu toe is verzuringsonderzoek vooral uitgevoerd aan donker naaldhout (Douglas), met een bladoppervlakte-index van 10. Metingen van Dolman en Moors aan licht naaldhout (grove den) met een bladoppervlakte-index tot 3, laten zien dat de interceptieverdamping en zure depositie veel minder zijn dan bij donker naaldhout. Ergo, ook hier levert hydrologisch onderzoek op lokale schaal uitgevoerd maar bedoeld voor landelijke toepassingen, duidelijk nieuwe inzichten en kengetallen op.

*Vermesting* — Hydrologie beschrijft de stroming van het water en het transport van de daarin opgeloste stoffen en daarmee de verspreiding (hier rept van Egmond niet over!) van verontreinigingen in grond- en oppervlaktewater. Hydrologen kunnen dus bij uitstek voor heterogene bodems/gebieden nuanceringen aanbrengen in milieubelastingen naar ruimte en tijd. Zie bijvoorbeeld de proefschriften van Groen (pesticiden), De Vos en de publicaties van Meinardi en Van de Eertwegh. Voor het beleid lijkt het ons belangrijk te weten wat er waar, wanneer en in welke mate bij de huidige bodembelasting gebeurt.

Van Egmond stelt dat voor het ondiepe grondwater in 90 van de 100 punten de EU-nitraatbelastingsnorm van 50 mg/l ruimschoots wordt overschreden en dat daarom een substantiële verbetering van de modellering niet nodig is. Onzes inziens een zeer kortzichtig en ook methodisch onjuist standpunt. Kortzichtig omdat de trieste constatering van de milieutoestand juist een drijfveer zou moeten zijn voor het tot stand brengen van een adequaat en solide instrumentarium. De robuustheid en kwaliteit van het wetenschappelijke instrumentarium waarmee schattingen en verkenningen worden uitgevoerd moeten zodanig zijn dat dit geen onderwerp van 'interne' discussies meer is. Dit wordt bereikt door transparantie en soliditeit. Voor Nederland staat er

veel op het spel. Het kan toch niet zo zijn dat de overschrijding van de EU-norm voor *ondiep* grondwater het enige criterium is waarin het landelijk milieubeleid geïnteresseerd is?

Methodisch is het standpunt van Van Egmond ook onjuist omdat foutieve modellen helemaal niet moeten worden gebruikt dan wel dienen te worden verbeterd. Hoe kun je nu consensus krijgen over resultaten als de gebruikte modellen niet juist zijn?

Overigens is bij de nitraatproblematiek tot op heden de consequentie van de te nemen anti-verdrogingsmaatregelen nog weinig in beeld geweest. Waarschijnlijk werken deze maatregelen gunstig uit voor een beperking van de nitraatuitspoeling, maar kan het daarentegen ongunstig uitwerken voor de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. Voor verschillende regio's zal dit waarschijnlijk verschillend uitpakken. Ook hier geldt dat een deugdelijk hydrologisch instrumentarium grote diensten kan bewijzen ten behoeve van een beleidsevaluatie!

*Verdroging* — Volgens Van Egmond begint het anti-verdrogingsbeleid succes te krijgen, niet door ondersteuning van uitgebreid landelijk hydrologisch onderzoek, maar door regionaal en lokaal onderzoek. Drie opmerkingen hierover.

In de eerste plaats het vermeende succes. Dat is zeer twijfelachtig, o.a. door het systematisch tegenhouden van een fatsoenlijke hydrologische monitoring. Dat is recent nog eens duidelijk door J. Runhaar (1999) in zijn proefschrift aangetoond. De methoden voor monitoring dienen nu juist landelijk te worden aangeleverd!

In de tweede plaats het feit dat er geen ondersteuning bestaat van uitgebreid hydrologisch onderzoek op landelijke schaal. Het gevolg is dat er nu alleen maar kan worden gewerkt met zeer incomplete gegevens van met name het topsysteem, zoals in het rapport 'Landelijke hydrologische analyse

van het topsysteem' (Negenman e.a., 1998) is aangetoond (overigens is net een RIVM-AIO-topsysteem bij WU aangesteld!). Juist bij de roep om maatwerk kan gebruik van incomplete gegevens tot verkeerde keuzen van hydrologische ingrepen leiden. Dus houden we een pleidooi voor meer landsdeeldekkend hydrologisch onderzoek.

In de derde plaats onze constatering dat, gelet op de afwezigheid van goede monitoring en onvoldoende bestaande kennis van het topsysteem, de bewering van Van Egmond dat gedegen regionaal en lokaal onderzoek ten grondslag ligt aan het succes van het anti-verdrogingsbeleid, aantoonbaar niet waar is.

Tenslotte dan het pleidooi van Van Egmond voor de relevantie van hydrologisch onderzoek dat "iets met ruimte van doen heeft". De essentie van dit type onderzoek omvat onzes inziens de manier om ruimtelijke en temporele relaties via (gekoppelde) grond- en oppervlaktewatersystemen 'in beeld' te brengen. Methodisch is dat een hele uitdaging omdat allerlei schaalproblemen hierbij een rol spelen. Daarbij wordt nog steeds op grote schaal (aardige woordspeling!) de fout gemaakt door de lotgevallen van het water enerzijds te berekenen met te grove modellen, waardoor de kleine hydrologische systemen onzichtbaar worden, dan wel te rekenen met stationaire modellen voor systemen die zeer dynamisch zijn. Dat hydrologen hierbij tot nu toe naar de mening van Van Egmond niet of nauwelijks een rol spelen is vooral een gevolg van het papegaaigedrag van 'beleidshydrologen' die plotseling water als ordenend principe omarmen, maar nog nooit goed hebben nagedacht hoe dat water nu *echt stroomt*. Hebben hydrologen al niet van het begin af aan de 'ruimte' in beschouwing genomen door watersystemen in beeld brengen en aan te geven waar bijvoorbeeld drinkwater wel dan niet kon worden gewonnen, wat de antropogene invloeden zijn op de kwaliteiten van het bodem-water-

systeem en wat planologisch wel dan niet haalbaar is?

Samenvattend: wij zijn het structureel oneens met zowel de strekking als de inhoud van het betoog van Van Egmond. Hoewel het merendeel van onze onderzoeksprojecten en onderwijs betrekking heeft op het regionale niveau, wordt daarbij altijd gesteund op landelijke gegevens en algemene onderzoeksmethodes die onafhankelijk van een regio zijn ontwikkeld. Wij begrijpen daarom niet hoe de directeur Milieu van het RIVM tot een dergelijk standpunt is gekomen, omdat juist zijn instituut daarbij zo'n belangrijke rol kan en moet spelen.

*Jan van Bakel<sup>1</sup>  
Reinder Feddes<sup>2</sup>  
Piet Groenendijk<sup>3</sup>*

### **Reactie op de opinie 'Prioriteiten in hydrologisch onderzoek'.**

De mening die Van Egmond neerlegt in bovengenoemde bijdrage vraagt om een reactie van landelijke hydrologen.

Een eerste probleem dat daarbij opdoemt is dat Van Egmond niet zo maar een gebruiker van onderzoek is. Een van de groepen van landelijke hydrologen (die bij het RIVM) is op voorhand monddood gemaakt door de vermelding 'Directeur Milieu RIVM'. Wie gaat er nu tegen zijn baas in discussie in een open tijdschrift? Als hoogleraar ondertekenend heeft hij een wetenschappelijke status en geeft hij aan het stuk ook gewicht in de richting waarin onderzoek zou moeten

worden verricht. Het RIVM financiert diverse onderzoeken en de instituten waar dat gebeurt staan daardoor ook niet meer vrij in hun opvattingen. Van Egmonds mening als directeur hoogleraar is daarom niet zo maar een mening. Hij heeft direct invloed op de landelijke hydrologen (en het onderzoek dat zij uitvoeren en aansturen) die na jaren moeizaam overleg nu juist het gevoel kregen samen aan een goed en breed gedragen produkt (consensus hydrologie) te werken. Als domper krijgen zij nu te horen dat uit- en afspoelingsberekeningen nauwelijks van belang zijn (alleen extremen zijn nog een berekening waard, en daarvoor geldt het gebouwde instrumentarium wellicht niet eens). Als een van de meer onafhankelijke landelijke hydrologen voel ik me daarom aangesproken tot het geven van een reactie. Dit is daarom mijn persoonlijke mening, niet die van het RIZA of Rijkswaterstaat.

Van Egmond opent met onder andere 'De kille kosteneffectiviteit van onderzoek voert de boventoon'. Kosteneffectief onderzoek bestaat niet. Onderzoek leidt per definitie niet altijd tot het gewenste resultaat binnen de gewenste tijd. Dat kan alleen gelden voor produktiewerk. Dat constaterend wil Van Egmond geen onderzoek meer maar produktiewerk.

Van Egmond stelt dat de resultaten er moeten zijn als er beleidsvoorstellen moeten komen. Dat is vaak dus op korte termijn. Dat kan alleen als het over reeds eerder betreden paden of kleine uitbreidingen daarvan gaat. Als we het over 'onderzoek' hebben gaat het over echte nieuwe onbetreden paden waarvan we niet weten of die doodlopend, recht of krom zijn. Het eindpunt van die paden vraagt tijd om gevonden te worden. Veel echt nieuwe paden in onderzoek verschijnen zonder dat het beleid daar naar vraagt of klaar voor is en op onderwerpen waar pas veel later belangstelling voor

<sup>1</sup> Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.

<sup>2</sup> Wageningen Universiteit.

<sup>3</sup> Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.

ontstaat. Hiervan zijn in de recente geschiedenis legio voorbeelden te geven. Een voorbeeld uit eigen keuken: in 1988 is bij RIZA door drie onderzoekers een notitie 'Omgaan met grondwater' geschreven over een fundamentele basis voor de relatie ruimte en grondwater. Jaren later komen steeds meer studies op dit gebied boven en nu is het zelfs op de beleids / politieke agenda verschenen, zoals ook Van Egmond meldt.

Dat onderzoek veelal uitmondt in modellen betekent niet dat alles wat met modellen te maken heeft onderzoek is. Modellen variëren van wiskundige formules of conceptuele modellen tot volledig met data gevulde systemen als NAGROM of LGM. De eerste typen dienen om inzicht in het fysisch systeem te krijgen en zijn dus onderzoek gerelateerd. De laatste typen zijn bovenal geschikt om de praktijkvragen (vanuit het beleid en beheer) mee te beantwoorden. Beheer en onderhoud van modellen als NAGROM en LGM is in feite het verlengde van beleidsvoorbereiding: het is nodig om klaar te staan voor beleidsvragen. Snel reageren op ad hoc vragen is niet aan onderzoek gerelateerd maar aan beleid. Budgetten daarvoor zouden dus ook niet op onderzoeks- maar op beleidsgelden moeten leunen.

Mijn stelling is dan ook: Onderzoek moet niet verward worden met produktie leveren op basis van modellen. Dat betekent niet dat ik een vrijbrief vraag voor hobbyïsme in onderzoek. De landelijke hydrologen zullen zeker de relevantie van hun onderzoeken moeten kunnen aangeven, maar dat hoeft niet per se (maar het mag natuurlijk wel) te zijn een produkt voor de eerstkomende beleidsstudie. Na die beleidsstudie komt weer een volgende en worden weer nieuwe vragen met andere strekking gesteld. Ook daarvoor staan wij: om op die verdere toekomst in te spelen. Doorlooptijden van echte

onderzoeken zijn lang; helemaal lang duurt het om van een idee te groeien tot beleidsmatig relevant produkt. Nieuw onderzoek heeft tijd en ruimte nodig, vaak niet eens zoveel geld: dat wordt ook weerspiegeld door de verhoudingen in de beperkte budgetten die ik bij RIZA ken voor nieuw onderzoek. Onderzoek moet soms op meer plaatsen tegelijk geschieden om echt verder te komen: de druk van de ander en de oppositie die gevoerd wordt tegen nieuwe hypothesen zijn essentieel, dat hebben de landelijke hydrologen binnen het consensus-traject hydrologie ook ervaren.

Tot zover echt (nieuw) onderzoek. Van Egmond heeft het eigenlijk over het gebruik van modellen zoals LGM en NAGROM. Daarvan kan in sommige gevallen goed worden ingeschat wat de kosten en tijdsduur zijn. Maar ook daar lopen wij als landelijke hydrologen aan tegen zaken waarvan het beeld bestond dat we het al weten maar dat het anders blijkt te zijn. We gaan ons echter pas echt druk maken als het ook voor landelijke beleidsuitspraken van belang wordt; bijvoorbeeld, in de vermessingsberekeningen worden benaderingen gebruikt waarvan de hydrologen weten dat die de werkelijkheid niet goed weergeven (te ver opgeschaald en met te eenvoudige modelconcepten). Zo is het heel wel mogelijk dat we de piekbelasting schromelijk onderschatten. Dat zou voor landelijke uitspraken tot gevolg hebben dat verkeerde beeldvorming zou zijn ontstaan en misschien wel de verkeerde anti-verzorgingsmaatregelen zijn getroffen (ik denk bijvoorbeeld aan het injecteren van mest in natte tijden; als de afvoer naar de sloten veel sneller gaat, komen er veel hogere piekbelastingen).

Het begrip 'critical load' waarop het anti-verzorgingsbeleid is gebaseerd, zal overigens wel tot stand zijn gekomen op basis van modellen. In ieder geval op basis van oorzaak-gevolgkennis waar modellen voor gebruikt zijn. Als nu uit nieuw onderzoek

zou blijken dat daarin fundamentele fouten zitten die tot geheel andere consequenties leiden moet het beleid om. Kennis verandert net als politieke inzichten: beleidsmakers zouden niet alleen rekening moeten houden met veranderingen die van bovenaf (politiek) worden aangestuurd maar ook met die van onderaf (onderzoeksresultaten) aangedragen worden.

Nu terug naar de hydrologie: naar de plaats van hydrologie in het landelijke beleid. In de derde nota waterhuishouding is voor het eerst een uitspraak gedaan dat niet alleen waterwinnings verdroging veroorzaken maar dat ook de landbouwwaterhuishouding daar veel effect op heeft. Deze uitspraak kon voor een belangrijk deel onderbouwd worden door het gebruik van een landelijk model. Voor het globaal inschatten van effecten van maatregelen tegen verdroging zijn landelijke modellen onontbeerlijk gebleken. De commotie die ontstond over inschatten van kosten van maatregelen had niets van doen met de kwaliteit van de hydrologische modellen (wel met aannames die gedaan zijn bij het vertalen van maatregelen in kosten), hoewel dat bij diverse beleidsmakers nog steeds wel zo in het hoofd zit (naar mijn persoonlijke ervaring). Het is juist dat landelijke modellen niet geschikt zijn voor de feitelijke implementatie van maatregelen op lokale schaal: daarvoor zijn ze nooit bedoeld. Wel is het waterbeleid in de afgelopen jaren met behulp van de landelijke modellen verder uitgewerkt op provinciale schaal en heeft daar een belangrijke invloed gehad op het denken. Dit was van groot belang voor de acceptatie van het landelijke beleid. Bij dit type modelleringen is het vanzelfsprekend dat er fijner gerekend wordt en meer informatie wordt toegevoegd aan de modellen. De landelijke modellen worden er dus beter van. Modellen voor hydrologische processen in de waterhuishouding zijn dus nog springlevend en niet alleen maar 'goed beheerd'.

De huidige kennis die in de modellen zit is lang niet altijd voldoende om goede uitspraken te doen: er zijn te veel manco's bekend, waaronder het ontbreken van een landelijk geaccepteerd bestand van modeldata. Daar aan wordt in het kader van consensus heel hard gewerkt. Op basis van voor landelijke studies meer dan voldoende hoeveelheden data worden landelijke parametersets gemaakt. Ook over de modelconcepten is binnen de consensusgroep vrijwel overeenstemming. (Deze zaken zullen we dit jaar nog naar buiten brengen). De gevolgen hiervan zijn dat uit de hernieuwde landelijke modellen wel eens behoorlijk andere resultaten kunnen komen dan voorheen. Dat geeft nieuwe en betrouwbare inzichten in de oorzaak-effect keten die gezamenlijk worden gedragen.

Tot slot, (landelijke) hydrologische modellen staan niet op zich zelf: Zij staan in een keten van andere modellen en systemen die de antwoorden geven op vragen die het water-gerelateerde beleid en beheer stellen. Hydrologie is een basis voor ecologische voorspellingen, verspreiding van meststoffen, ingrepen in de waterhuishouding, klimaatveranderingen, etc.

*Wim de Lange*

Reactie op '**Modellering van niet-stationaire grondwaterstroming; vergeten we iets?**' van Hans Leenen in STROMINGEN 5 (1999), nummer 4.

Met veel genoegen heb ik bovengenoemd artikel gelezen waarin wordt betoogd dat in de algemeen-gebruikte-grondwaterrekenmodellen de invloed van (boven)belastingsveranderingen die samenhangen met bewegingen van het freatisch vlak – door de auteur wordt dit het 'grondmechanisch effect' genoemd – ten onrechte buiten beschouwing wordt gelaten.

Hoewel ik deze stelling onderschrijf, wil ik in deze reactie enige aanvullingen, kleine correcties en antwoorden op de door de auteur gestelde vragen geven, alsmede een paar opmerkingen maken.

*Aanvulling:*

Het verschijnsel dat Leenen bediscussieert is in het verleden beschreven en onderzocht door o.a. Van der Kamp in de zuidelijke prairies van Saskatchewan, Canada (Van der Kamp en Maathuis, 1991; Van der Kamp en Schmidt, 1997), weliswaar niet specifiek voor veranderingen in het freatisch niveau, maar voor seizoensvariaties in het bodemvochtgehalte, een bijdrage die ook door Leenen wordt genoemd. Van der Kamp en collega's laten zien dat de grondwaterspanningsfluctuaties in een door een dikke, slechtdoorlatende keileem afgesloten aquifer de belasting die samenhangt met het bodemvochtgehalte weerspiegelt en dat deze 'techniek' kan worden gebruikt als grootschalige lysimeter. Dit neemt niet weg dat het verschijnsel niet wordt meegenomen in de bekende grondwaterrekenmodellen.

*Opmerking 1:*

Leenen leidt af dat wanneer wateroverspanning is gegenereerd in een watervoevend pakket met elastische berging,  $S$ , en dat aan de bovenzijde wordt afgesloten door een slechtdoorlatende laag met weerstand  $c$ , deze overspanning dissipeert met tijdschaal  $\tau = S \cdot c$  (zijn vgl. 5). Hij noemt deze tijdschaal "de tijdschaal van het grondmechanisch effect". Dit is nogal verwarrend omdat deze tijdschaal hoort bij het proces van dissipatie of diffusie van overspanning bij niet-stationaire problemen en niet specifiek gerelateerd is aan iets grondmechanisch. Om dat te illustreren is het inzichtelijk om te kijken naar de gebruikelijke partiële differentiaalvergelijking in termen van

stijghoogte,  $h$ , (voor wateroverspanning  $\phi$  zoals Leenen doet moet de stationaire oplossing voor de momentane randvoorwaarden daarvan worden afgetrokken) met daarin een grondbelastingsterm. Voor het gemak is een een-dimensionale situatie met ruimtelijk uniforme hydraulische eigenschappen aangenomen:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = D_h \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} + \gamma \frac{\partial h_b}{\partial t}$$

$$D_h = K_v / S_s$$

waarin

- $D_h$  = hydraulische diffusiviteit [ $L^2T^{-1}$ ]
- $K_v$  = verticale conductiviteit [ $LT^{-1}$ ]
- $S_s$  = specifieke bergingscoëfficiënt [ $L^{-1}$ ]
- $h_b$  = gronddruk (uitgedrukt in equivalente hoogte waterkolom) [L]
- $\gamma$  = getijde-efficiëntie [-]

Dit is de welbekende diffusievergelijking met een bronterm aan de rechterzijde. Het gedrag van deze vergelijking wordt bepaald door twee tijdschalen, die van de diffusie-term (eerste term rechterhand) en van de bronterm (tweede term rechterhand). De tijdschaal van de diffusie-term wordt voor het speciale geval dat Leenen beschouwt, en bij verwaarlozing van berging in de afdekende laag, gegeven door zijn vgl. 5 zoals boven vermeld. De tijdschaal van de bronterm wordt gegeven door  $P / 2\pi$  waarin  $P$  de periode is waarmee  $h_b$  varieert (kunnen er meerdere zijn afhankelijk van het spectrum). Deze laatste tijdschaal die ook correct werd gegeven door Leenen en die samenhangt met de belasting, zou redelijkerwijs kunnen worden beschouwd als 'de tijdschaal van het grondmechanisch effect' omdat dit de tijdschaal is waarop *via de*



*mechanische koppeling tussen bovenbelasting en poriënvloeistofdruk* variaties in vloeistofdruk/stijghoogte worden geïnduceerd. Tot slot kan nog worden opgemerkt dat de koppeling tussen bovenbelasting en gronddruk/waterspanning op diepte strikt genomen niet instantaan is omdat de gronddruk zich voortplant volgens de geluidssnelheid in de ondergrond, d.w.z. de voortplantingssnelheid van een seismische drukgolf. Deze snelheid is echter in de orde van kilometers per seconde en het is in de hydrologie nu eenmaal niet gebruikelijk om metingen te verrichten op de tijdschaal van milliseconden. Deze derde tijdschaal is dus niet erg relevant.

Deze uitgebreide opmerking over terminologie ter zijde blijft de essentie van Leenen's analyse overkort van kracht.

#### *Antwoord 1:*

Aan de hand van het bovenstaande kan, naar ik meen, een duidelijk antwoord worden gegeven op de vraag die Leenen stelt onder 'punt 2' van zijn 'Overige gedachte-spinsels' over de benodigde tijdstap in numerieke modellen in relatie tot bovenbesproken tijdschalen. Er moeten hier twee dingen worden onderscheiden. (1) 'Grondmechanisch effect' verwaarloosbaar of niet? (2) Wat is de benodigde tijdstap indien het effect niet is te verwaarlozen? Of het 'grondmechanisch effect' kan worden verwaarloosd hangt niet af van de gekozen numerieke tijdstap, maar van de verhouding van de tijdschalen van de diffusieterm en van de bronterm, almede van de magnitude van de bronterm (hele kleine fluctuaties zijn meestal niet van belang). Het effect is verwaarloosbaar indien de tijdschaal van de bronterm veel groter is dan de tijdschaal van diffusie. Dit is besproken door Leenen. Het onderstaande gaat in op de tweede vraag.

Als het effect niet is te verwaarlozen zal de numerieke tijdstap in de regel kleiner

moeten zijn dan de tijdschaal van de bronterm. Echter, dit hoeft niet onder alle omstandigheden. Stel dat er een dagelijkse gang in bodemvochtgehalte zou zijn die aanleiding zou geven tot meetbare variaties in stijghoogte. Omdat het over een bekend periodisch signaal gaat is men voor de meeste grondwaterproblemen hier niet in geïnteresseerd en kunnen we met een gerust hart een veel groter tijdstap kiezen. Dan moeten we voor de belasting/gronddruk het gemiddelde bodemvochtgehalte over die tijdstap nemen. Omdat er in dit hypothetische geval alleen een dagelijkse gang in bodemvocht aanwezig is, is dat gemiddelde nul en dus de bronterm nul. In feite is dit identiek aan hoe in de praktijk met aard- en barometrische getijden wordt omgegaan; die worden ook niet gemodelleerd, maar uit de meetregistratie gefilterd. Indien er echter variaties met een grote magnitude in grondwaterspiegel en/of bodemvochtgehalte optreden die niet zo'n eenvoudige frequentieinhoud hebben, dan zal voor een goede modellering van meetregistraties de numerieke tijdstap klein moeten zijn ten opzicht van de lage-periode-componenten in die variaties.

#### *Opmerking 2:*

Bij de afleiding van de tijdschaal van dissipatie van wateroverspanning in een afgedekt watervoerend pakket (zijn vgl. 5 zie opmerking 2) gaat Leenen ervan uit dat de basis van dat pakket ondoorlatend is. Dit is over het algemeen niet realistisch omdat de door de belasting veroorzaakte wateroverspanning ook in diepere lagen wordt geïnduceerd (effecten van laterale drukspreiding in de bodem buiten beschouwing gelaten) en er dus door een onderliggende slechtdoorlatende laag voeding van het beschouwde watervoerende pakket zal plaatsvinden. Deze voeding is niet *a priori* verwaarloosbaar en leidt tot een aanzienlijk grotere tijdschaal. Dit verschijnsel is o.a. bekend uit

rekenmodellen voor grootschalige compactie en bodemdaling (Kooi, 1997; Kooi en de Vries, 1998). Voor Tertiaire watervoerende pakketten in de Nederlandse ondergrond kan de dissipatietijdschaal oplopen tot vele honderdduizenden jaren. Het is misschien aardig om te vermelden dat op grote diepte wateroverspanningen (stijghoogten) van vele honderden meters tot kilometers vrij gebruikelijk zijn en dat deze overspanningen vrijwel niet meer worden beïnvloed door de regionale grondwaterstand, maar zijn ontstaan door de sedimentlast die over perioden van honderdduizenden tot miljoenen jaren de gronddruk heeft verhoogd.

*Correctie:*

Leenen stelt op blz. 15 dat de door een instantane stijging van het freatisch vlak geïnduceerde stijging van de waterspanning in een diep pakket door uitstroming van poriënwater weer zal afnemen tot nul. Dit is niet correct voor de 1-dimensionale situatie die hij bespreekt (zijn Figuur 2). Het omgekeerde is het geval. De stijghoogte in het watervoerende pakket neemt instantaan weliswaar toe met  $\gamma\mu\Delta h$  ( $\mu$  is de bergingscoëfficiënt van het freatisch pakket), maar de stijging van het freatisch niveau,  $\Delta h$ , is groter. Instroom zorgt er voor dat de stijghoogte toeneemt tot  $\Delta h$ . Tegelijkertijd neemt de korrelspanning met dezelfde hoeveelheid af. De omgekeerde situatie van een daling van het freatisch vlak is natuurlijk heel bekend. Daarbij neemt de stijghoogte/waterspanning van het diepe pakket af, maar minder dan de daling van het freatisch vlak. Er vindt dus uitstroming plaats, toename van de korrelspanning en consolidatie. Voor meer-dimensionale stromings-situaties (voor belasting over horizontaal klein gebied) kan het bovenstaande echter behoorlijk anders zijn.

*Antwoord 2:*

Bovenbeschreven correctie geeft direkt antwoord op de vraag van Leenen onder 'punt 3' van 'Overige gedachtespinsels'.

Tot slot wil ik Hans Leenen graag dank zeggen voor een inspirerende bijdrage en vermelden dat er op 10 en 11 april een tweedaagse cursus 'fluid flow and fluid pressures in deformable porous media' zal worden gegeven door G. van der Kamp en ondergetekende bij de afdeling Hydro-(geo)logie van de Vrije Universiteit in het kader van de Nederlandse Onderzoeksschool Sedimentaire Geologie (NSG). Geïnteresseerden kunnen contact opnemen via [nsg@geo.vu.nl](mailto:nsg@geo.vu.nl) of [kooi@geo.vu.nl](mailto:kooi@geo.vu.nl).

**Literatuur**

**Kamp, G. van der, en H. Maathuis**

(1991) Annual fluctuations of groundwater levels as a result of loading by surface moisture; in: *Journal of Hydrology* 127, pag 137–152.

**Kamp, G. van der, en R. Schmidt (1997)**

Monitoring of total soil moisture on a scale of hectares using groundwater piezometers; in: *Geophysical Research Letters* 24, pag 719–722.

**Kooi, H. (1997)**

Insufficiency of compaction disequilibrium as the sole cause of high pore fluid pressures in pre-Cenozoic sediments; in: *Basin Research* 9, pag 227–241.

**Kooi, H., en J.J. de Vries (1998)**

Land subsidence and hydrodynamic compaction of sedimentary basins; in: *Hydrology and Earth System Sciences* 2, pag 159–171.

*Henk Kooi*  
Vrije Universiteit Amsterdam

Een reactie naar aanleiding van 'Water-vrees voor onzekerheid' door Rolf en Olsthoorn, Stromingen (5) nr. 4

In Stromingen 5 nr. 4 schrijven Harry Rolf en Theo Olsthoorn dat het de hoogste tijd wordt dat opdrachtgevers een gedegen kalibratie gaan verlangen. Als je hun oproep leest als: "er zijn nu goed bruikbare automatische kalibratiehulpmiddelen beschikbaar; laat zien dat je die gebruikt", lijkt dat me terecht. Echter, mede gezien de manier waarop Rolf en Olsthoorn (vermoedelijk onbewust) e.e.a. opschrijven, nl. door een goede kalibratie gelijk te stellen aan "kwantificering van betrouwbaarheid en onderlinge samenhang van parameters en residu patronen" heb ik het gevoel dat er wat nuancerings en een aanvulling bij moeten.

Om te beginnen: ik kan me voorstellen dat veel opdrachtgevers helemaal niet zo zijn geïnteresseerd in technische details van modelkalibratie, maar juist meer in wat de consequenties ervan zijn voor heel andere aandachtsgebieden. Vermoedelijk wensen opdrachtgevers ook dat de aan kalibratie te wijden inspanning in een redelijke relatie staat tot het uiteindelijke doel en de beschikbare middelen; waar het om gaat is dat een heel project optimale resultaten levert. Het kan voorkomen dat zelfs heel ruim geschatte onzekerheden van hydrologische modelberekeningen nauwelijks van invloed zullen zijn op uiteindelijke keuzes, vooral als dimensioneringen etc. nauwelijks meespelen. Maar even afgezien van die grote lijn, denk ik dat (1) de beste statistische kalibratieresultaten niet per se de beste hydrologische kalibratie impliceren en (2) het lastig zo niet onmogelijk is om op basis van alleen kalibratie aan te geven hoe onzeker c.q. betrouwbaar modelsimulaties zijn; kalibratie is immers maar één stap in het hele proces van achterhalen van de betrouwbaarheid van modelvoorspellingen.

Waarvoor heb je een hydrologisch model nodig? Wel, meestal om de effecten van

mogelijke scenario's door te rekenen en onderling te vergelijken, zodat er – liefst gekwantificeerde – hydrologische argumenten beschikbaar komen om een keuze voor een bepaald toekomstig scenario te kunnen maken. Effecten van een hydrologische ingreep worden meestal berekend en beoordeeld als verschillen ten opzichte van een referentiesituatie. Hydrologische modelberekeningen omvatten derhalve meestal: 1. Modelleren van een referentiesituatie; 2. Simulaties van mogelijke scenario's.

#### *Modelleren van referentiesituatie – wat nuancerings*

De referentiesituatie is meestal de 'huidige' situatie, en die leent zich bij voldoende beschikbaarheid van meetgegevens voor kalibratie. Kalibratie is essentieel, want het is de enige mogelijkheid om de betrouwbaarheid van het gebruikte referentiemodel aan te geven. Maar datgene wat je als hydroloog gevoelsmatig 'betrouwbaarheid' noemt omvat meer dan statistieken.

Een eerste aandachtspunt is dat de beschikbare meetgegevens bepalen hoe goed je kunt kalibreren. Triviaal, OK, maar in veel gevallen staat de betrouwbaarheid en/of representativiteit van cruciale meetgegevens zelf ter discussie. Deze onzekerheid werkt echter niet door in de uiteindelijke oplossing en bijbehorende statistieken (maar daarom juist weer wel, vat je 'm?). Of je ter compensatie daarvan dan wel of niet weegfactoren gaat introduceren maakt voor de zo gezochte objectiviteit niet uit – ook weegfactoren van 1,0 zijn een subjectieve keuze! Kortom, het komt voor dat al op voorhand duidelijk is dat een statistische samenvatting van kalibratieresultaten meer suggereert dan waarmaakt. Een tweede aspect is dat bij het afleiden van betrouwbaarheid en samenhang tussen parameters via automatische kalibratie, niet alle informatie kan worden meegenomen.

men. Alleen makkelijk kwantificeerbare, 'continue' meetgegevens als stijghoogtes etc. lenen zich daartoe; alle anderssoortige gegevens moeten daarbij worden genegeerd. Bijvoorbeeld: een adequate simulatie van ligging, vorm en afmetingen van kwelvensters is moeilijk kwantificeerbaar, maar kan bij ecologische projecten veel belangrijker zijn dan optimaal overeenkomende gemeten en berekende stijghoogten. Evenzo ben je bij verontreinigingspluimen primair geïnteresseerd in een goed gemodelleerde grondwaterstromingsrichting en pas in tweede instantie in goed gemodelleerde KD's en verticale weerstanden.

Samengevat: de met automatische procedures verkregen correlaties, betrouwbaarheidsintervallen en kwadratsommen dienen op hun beurt met enige terughoudendheid te worden geïnterpreteerd, omdat die niet op alle beschikbare informatie hoeven te slaan en bovendien geconditioneerd zijn op allerlei subjectieve keuzes en aannames als schematiseringen, wel of niet representatief verklaarde metingen, discretisaties, etc. Overigens geldt bij wel meer statistische procedures dat vooraf gemaakte keuzes en niet-kwantificeerbare informatie ('soft information') bij het bepalen van betrouwbaarheidsintervallen e.d. niet kunnen worden meegenomen. Dat is niet zo erg, maar wel iets om rekening mee te houden. Ondanks deze nuanceringen geldt (en Rolf en Olsthoorn zullen dit wel met me eens zijn): niet geprobeerd is altijd nog veel slechter. Een geautomatiseerde kalibratieprocedure kan in ieder geval veel inzicht opleveren in het gemodelleerde systeem en helpen bij het elimineren van allerlei fouten.

Een derde, triviaal maar belangrijk aandachtspunt is dat kalibratie in principe ongevoelig is voor de ligging van modelranden. Je kunt een model, waarmee je bijv. een toekomstige onttrekking van 10 miljoen m<sup>3</sup>/jaar wil simuleren, in principe perfect kalibreren als je een modelzijrand met vaste stijghoogten op enkele honderden meters

afstand van die onttrekking kiest. Maar het zal duidelijk zijn dat zo'n perfect gekalibreerd model waarschijnlijk onvoldoende betrouwbaar is voor het beoogde doel van de modellering.

#### *Simulatie van scenario's – aanvulling*

Simulaties betreffen meestal een hydrologisch andere situatie dan die waarvoor een model wordt gekalibreerd. En zie daar: soms blijkt dat bij de kalibratie relatief ongevoelige parameters toch bepalend zijn voor de grootte van de te berekenen effecten of omgekeerd, en/of dienen nieuwe modelparameters en randvoorwaarden met al hun onzekerheden te worden beschouwd. Voorbeelden: bij simulaties van voorgenomen ontgroningen voor zand- of grindwinning, vooral die waarbij het waterpeil in de ontstane plas zal worden bepaald door een nabijgelegen grote rivier e.d., worden nieuwe, voor de berekende effecten bepalende modelparameters geïntroduceerd (oever- en bodemweerstand van de plas) die op voorhand onbekend zijn en waar niets aan te kalibreren valt (want er zijn immers nog geen metingen die op de ingreep betrekking hebben). Wordt tevens een verbinding voorzien tussen plas en bijv. een grote rivier, dan wordt een zeer belangrijke randvoorwaarde van het model veranderd (een deel van een polder- of freatische bovenrand wordt vervangen door een vast waterpeil). Ook daaraan valt (nog) niets te kalibreren. Of denk maar eens aan een freatisch aquifer (voeding uit neerslagoverschot is hier meestal zeer gevoelig bij kalibratie) en daarin een voorgenomen grondwateronttrekking (verlagingen vrijwel onafhankelijk van voeding uit neerslagoverschot).

## *Gevoeligheidsanalyse van simulaties*

De kern van mijn betoog zal nu wel duidelijk zijn: alleen een kalibratie (automatisch of niet) is onvoldoende om een goed beeld te geven van de onzekerheid / betrouwbaarheid van modelberekeningen. Je moet nog iets extra's doen om na te gaan hoe goed het model de 'toekomstige' nieuwe situatie kan nabootsen. Hiervoor propageer ik gevoeligheidsanalyses van modelparameters in de gesimuleerde situatie, zodat je een goede indruk kunt krijgen van welke parameters de meeste invloed hebben op de grootte van de berekende effecten. (Of je dit handmatig uitvoert of met systematischer, verfijnder wiskundige / stochastische procedures, doet er in dit verband niet toe). Op grond van kalibratie en gevoeligheidsanalyses kun je veel beter besluiten of, en zo ja welk, vervolgonderzoek nodig is dan op basis van alleen de kalibratie. Het zou toch vervelend zijn als bijvoorbeeld na een dure en langdurige monitoring, aan de hand waarvan de kalibratie aanzienlijk verbetert, blijkt dat de onzekerheden van de simulaties nauwelijks afnemen. Ook kan vaak al tijdens de kalibratiefase een voorlopige gevoeligheidsanalyse van de te simuleren scenario's helpen bij de keuze van te kalibreren parameters. Ook niet-kwantificeerbare gegevens kun je hierbij meenemen. Tevens kun je dan controleren of de gekozen ligging van modelranden voldoet. Ik denk dat zo'n gevoeligheidsanalyse van de simulaties, in wat voor vorm dan ook, net zo belangrijk is als de kalibratie zelf. Kalibratie heb je nodig om te beoordelen welke onzekerheden je referentie-modellering heeft; de gevoeligheidsanalyse laat zien welke onzekerheden de simulaties van ingrepen met zich meebrengen. Op een of andere manier moeten deze onzekerheden worden samengevoegd.

Wat staat in de lezingenbundel 'Modelkalibratie' (NHV-special nr. 2, 1997) over deze zaken? Ten aanzien van niet zo goed kwantificeerbare informatie heel weinig speci-

fieks. Expliciet aangeven van deze aspecten in de rapportage lijkt me, afhankelijk van het doel van de modellering, heel belangrijk. En over gevoeligheidsanalyses t.a.v. modelsimulaties? Kooiman (p. 54 e.v.) is de enige auteur die hier over rept ('onzekerheidsanalyse'), zij het dan nog slechts globaal. Überhaupt is in genoemde bundel weinig concreets vinden over hoe kalibratiefouten en samenhang van parameters e.d. kunnen worden doorvertaald in onzekerheden c.q. betrouwbaarheden van wat je na de kalibratie met een model verder wil doen. Dat maakt de bundel zeker niet minder bruikbaar; wel moet de lezer zich terdege realiseren dat de inhoud slechts een deel van het modelleringproces beslaat.

Terug naar Rolf en Olsthoorn. De strekking van hun betoog onderschrijf ik volkomen. Samenvattend wil ik in aanvulling op hun schrijven benadrukken dat je er met rapportage van automatische kalibratie nog niet bent. Naast een zekere relativering van de (numerieke / statistische) kalibratieresultaten is een vorm van gevoeligheidsanalyse, toegepast op de door te rekenen scenario's, onontbeerlijk.

*Philip Nienhuis*

Eerste Oosterparkstraat 183

1091 HA Amsterdam

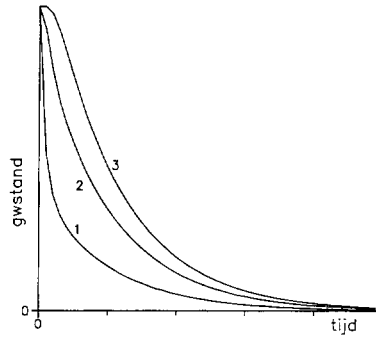
e-mail: Philip\_Nienhuis@compuserve.com

**Niet-lineaire tijdsdiscretisatie bij tijdreeks-analyse:** een reactie op de briefwisseling tussen Van de Vliet, en Bierkens, Knotters en Van Geer in *Stromingen* 5, nummer 4.

Zonder me direct te willen mengen in de discussie over het al dan niet nieuw zijn van de door Bierkens, Knotters en van Geer gepubliceerde methode (*Stromingen* 5, nr.2) waarbij gebruik wordt gemaakt van het Kalmanfilter en een maximum-likelihood-criterium, speel ik wel met een idee dat

mogelijk iets toevoegt aan datgene wat beide partijen over invoer- en meetfrequenties, en tijdreeksanalyse van trage systemen hebben gezegd.

Van de Vliet stelt in zijn reactie dat een te hoge frequentie van de invoerreeks problemen kan opleveren bij Transfer-ruismodellering van trage hydrologische systemen met dikke onverzadigde zones, zoals die voorkomen in het duingebied en op het Veluwe-massief. Zijn bezwaar tegen het grote aantal parameters dat dan volgens de gebruikelijke methode geschat moet worden, is naar mijn mening en die van Bierkens et al. zeker terecht. Bierkens et al. wijzen echter op een alternatieve methode waarbij de invoerreeks van te voren met behulp van een lopend gemiddelde en een verschuivings-term wordt gefilterd, en verwijzen voor een voorbeeld naar Gehrels, 1999 pagina 19 figuur 2.12. Alhoewel het aldus verkregen signaal in de bewuste figuur inderdaad een opmerkelijke overeenkomst vertoont met het stijghoogteverloop, neemt dit niet weg dat in het gebruikte voorbeeld de neerslag over een periode van 7 jaar rekenkundig op één hoop geveegd wordt, en dat er wellicht toch een (nog) elegantere methode mogelijk is. Waarom zou de middenweg, de weg tussen elke dag- of weekhoeveelheid neerslag apart mee wegen en de hele afgelopen periode van 7 jaar onder één noemer scharen, niet eens gulden kunnen blijken te zijn? De middenweg die in mij opkwam is het niet-lineair discretiseren van de tijdstappen van de invoerreeks, en het waarom zal ik trachten te verduidelijken met behulp van de impulsrespons (Maas, 1995, Lankester & Maas, 1996). De impulsrespons is de manier waarop de grondwaterspiegel reageert op een 'impuls' van neerslag. Het is een bijproduct van elke tijdreeksanalyse, en heeft doorgaans een vorm die min of meer overeenkomt met die in figuur 1. Noem je de impulsrespons-functie voor het gemak  $\theta$  dan



**Figuur 1:** Reactie van de grondwaterspiegel op een kortdurende regenbui (1) dicht bij een sloot; (2) op enige afstand; (3) ver van een sloot.

zie je al aan de figuur dat  $\frac{d\theta}{dt} \rightarrow 0$  als  $t \rightarrow \infty$ , of dat met andere woorden het er, terugkijkend in de tijd, steeds minder toe doet wanneer een bepaalde neerslag precies is gevallen. Discretiseer je de neerslag voor een traag systeem in maandhoeveelheden, dan kan het voor de grondwaterstand toch nogal uitmaken of die zware bui net gisteren of al vier weken geleden is gevallen. Bovendien moet het aantal maandneerslagen dat nog wordt meegewogen in het moving-average deel van het TR-model op een gegeven moment van lieverlee maar beperkt worden tot bijvoorbeeld het aantal van negen dat van de Vliet noemt, terwijl de 10<sup>e</sup> en de 11<sup>e</sup> maand eigenlijk een niet veel kleinere invloed hebben. Zou het dus fysisch gezien niet logischer zijn om de tijd te discretiseren in een niet-lineaire reeks van bijvoorbeeld een week, een maand, een kwartaal, een jaar, de afgelopen 10 jaar (natuurlijk afhankelijk van de traagheid van het geanalyseerde systeem)? In ieder geval geeft een dergelijke handelwijze de modelleur de flexibiliteit om niet ófwel bij de keuze van de frequentie van de invoerreeks beperkt te worden door calibratie-problemen zoals van de Vliet aangeeft, ófwel alle variatie in de neerslag van de afgelopen periode te moeten middelen zoals in het voorbeeld van Bierkens et al.. Eerder zou er op deze manier een logische afweging gemaakt kunnen

worden tussen detaillering van de invoerreeks enerzijds en de calibratie-onzekerheden van de te schatten parameters anderzijds, wat de standaardisatie- en automatiseringsmogelijkheden van het tijdreeksanalyse-proces zou kunnen vergroten. Alhoewel dit natuurlijk allemaal slechts theorie is, schijnt het mij toe dat niet-lineaire tijdsdiscretisatie met een geringe aanpassing van TR-modellering à la Box en Jenkins verwezenlijkt kan worden.

## Literatuur

**Bierkens, M.F.P., M. Knotters en F.C. van Geer (1999)** Tijdreeksanalyse nu ook toepasbaar bij onregelmatige meetfrequenties; in: *Stromingen*, jrg 5, nr 2, pag 43–54.

**Bierkens, M.F.P., M. Knotters en F.C. van Geer (1999)** Reactie auteurs op ingezonden brief door Ronald van de Vliet; in: *Stromingen*, jrg 5, nr 4, pag 64–66.

**Gehrels, J.C. (1999)** Groundwater Level Fluctuations. Separation of natural from anthropogenic influences and determination of groundwater recharge in the Veluwe area, the Netherlands; in: Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam.

**Lankester, J. en C. Maas (1996)** Een onderzoek naar karakterisering van vegetatiekundige standplaatsen op basis van impulsresponsies; in: *Stromingen*, jrg 2, nr 3, pag 5–17.

**Maas, C. (1995)** Grondwaterspiegeldynamica, onderzoeksvoorstel ter verbetering van de duurlijnmethode; KIWA NV, Nieuwegein.

**Vliet, R. van de (1999)** Reactie op 'Tijdreeksanalyse nu ook toepasbaar bij onregelmatige meetfrequenties'; in: *Stromingen*, jrg 5, nr 4, pag 64.

*Jos von Asmuth*  
Promovendus TU-Delft / KIWA

---

## Reactie van N.D. van Egmond op de ingezonden brieven

Mijn desgevraagd in *Stromingen* (5) nr. 3 gegeven opinie over 'Prioriteiten in hydrologisch onderzoek' heeft tot felle reacties geleid. Het is echter niet mijn bedoeling geweest om hydrologisch onderzoek onbelangrijk te verklaren, zoals ook blijkt uit de forse inspanningen van het RIVM, onder meer in samenwerkingsverbanden met andere instituten en universiteiten.

In de inleidende alinea heb ik mijn specifieke invalshoek willen aangeven, maar blijkbaar was deze niet voldoende helder, waarvoor mijn welgemeende excuses. Vanuit het perspectief van beleidsonderbouwing heb ik me afgevraagd of we met name voor de beleidsterreinen verzuring, vermesting en verdroging na jarenlang onderzoek nu

verantwoorde uitspraken kunnen doen. Ik heb me afgevraagd waar nieuw onderzoek het meest effectief is, en heb daartoe gezocht naar de zwakste schakel in de oorzaak-gevolg-keten in de beleidsonderbouwing. Langs die lijnen redenerend heb ik slechts willen aangeven dat die zwakste schakel niet altijd bij de hydrologie ligt. Voor een deel ligt dat aan beperkingen binnen de hydrologie zelf, waar als gevolg van principiële onvermijdelijke tekortkomingen in de schematisatie het onmogelijk is om te komen tot (volledige) validatie. Daarmee beweer ik niet dat modellen 'fout' zijn, maar dat we aangewezen zijn op een proces van wetenschappelijke consensus op basis van alle beschikbare resultaten. Het is niet juist te suggereren dat dit met wat extra onderzoek te vermijden zou zijn. Aan (grondwater)modellen kan, afhankelijk van

de mate van overeenstemming met metingen en de kwaliteit van de inhoudelijke procesbeschrijving, nou eenmaal slechts een zekere mate van plausibiliteit (bevestiging) worden toegekend.

Anders dan De Lange ben ik van mening dat kosteneffectief onderzoek (minste onzekerheid met de minste kosten) vaak wel mogelijk is. Zo is het bijvoorbeeld kosteneffectief om het onderzoek te richten op de zwakste schakels. De duiding daarvan is echter niet altijd a priori mogelijk en vergt dan nog vooronderzoek. Over de (afzonderlijke) relevantie van (dergelijk) zuiver wetenschappelijk onderzoek verschillen wij niet van mening; mijn stukje ging daar echter niet over. Bij dat soort onderzoek zou ruimte behoren te zijn voor wetenschappelijke verdieping, die natuurlijk altijd en onvoorspelbaar nieuw licht werpt op oude denkbeelden.

Verder bekritiseert De Lange de onder-tekening van mijn stukje als 'Directeur Milieu'. Ik ben er echter van uit gegaan dat discussies binnen en buiten de instituten mogelijk en wenselijk zijn om samen verder te komen met de inhoud en management van kennis.

Tenslotte wil ik binnen de hier beperkte ruimte ingaan op een aantal specifieke kritiekpunten van Van Bakel c.s.:

- Met betrekking tot de verzuring van de natte natuur zou opschaling vereist zijn naar regionale en landelijke schaal. In

droge natuurgebieden zou onderzoek in bossen met een andere bladoppervlakte-index nieuwe inzichten opleveren. Dat wordt niet door mij betwijfeld; het ging er slechts om hoe relevant die nieuwe inzichten zijn voor de op afzienbare termijn te nemen beleidsmatige besluiten, mede ten opzichte van andere delen van de bron-effect-keten. In de recente herijking verzuring blijken bijvoorbeeld de uiteindelijke resultaten sterk bepaald te worden door nieuwe inzichten in de onzekere bodemchemische relaties zoals aluminium in oplossing versus pH.

- Ik ben het er inhoudelijk mee eens dat niet alleen het ondiepe grondwater criterium moet zijn voor de belasting met nutriënten, maar beleidsmatig is hier wel toe besloten. Gegeven de situatie dat de nitraatnorm van 50 mg/l in 90% van de situaties wordt overschreden, is de beleidsopgave duidelijk en is het (nog) niet zo erg dat substantiële verbetering van de modellering op kortere termijn nog niet mogelijk is. Voor de langere termijn kan dit uiteraard anders komen te liggen.

Ik hoop met deze reactie duidelijker dan in mijn oorspronkelijke 'opinie' te hebben aangegeven wat ik beweren wilde.

*N.D. van Egmond*