

**Reactie op 'Tijdreeksanalyse nu ook toepasbaar bij onregelmatige meetfrequenties'** van Bierkens, Knotters en Van Geer in *STROMINGEN* 5 (1999), nummer 2.

In het artikel wordt uiteengezet, dat een TR-model gecalibreerd kan worden op een uitvoerreeks met een lagere frequentie dan de invoerreeks. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van de analyse van een zeer frequent bemeten peilbuis met een kort transfermodel (1 delta en 1 omega).

Naast het feit, dat deze methode niet nieuw is, het wordt al jaren toegepast (Van de Vliet en Rolf, 1998), hetgeen niet wordt gerefereerd, heb ik het volgende bezwaar.

Het artikel pretendeert dat TR modellering kan worden verdicht (van maandfrequentie naar weekfrequentie), zolang er maar voldoende invoerdata beschikbaar zijn en wordt voldaan aan de gestelde criteria. De auteurs beweren met een case te kunnen aantonen dat hun stelling correct is.

Wat niet wordt bediscussieerd is de situatie van zogenaamde trage systemen. In deze systemen zal het TR-calibratieproces worden bemoeilijkt door een toenemend aantal te schatten parameters.

Trage modellen komen vooral voor in gebieden met dikke onverzadigde zones zoals bijvoorbeeld duinen en stuwwallen. Bij TR modellering van die grondwaterstanden op basis van gemiddelde maandcijfers blijken soms tot 9 omega's noodzakelijk te zijn. Dit houdt in, dat voor de modellering van de grondwaterstand van een bepaalde maand, rekening moet worden gehouden met de neerslag tot 9 maanden daarvoor.

Een TR model op basis van weekcijfers van de neerslag, gecalibreerd op maandcijfers van de grondwaterstand, heeft dan circa  $9 * 4 = 36$  geschatte omega's. Het is heel goed denkbaar, dat dit hoge aantal te

bepalen parameters de nauwkeurigheid van de modellering niet ten goede komt.

Ik denk dan ook dat algemene toepasbaarheid van frequentieverhoging niet geldt en enige nuancering, met name voor trage systemen, op zijn plaats is.

## Literatuur

**Vliet, R. van de en H. Rolf** (1998) Wateroverlast rond de duinen moet nog komen; in: *H<sub>2</sub>O*, nr 25, pag 8.

**Vliet, R. van de en R. Boekelman** (1998) Gebiedsdekkende bepaling van de impulsrespons met behulp van tijdreeksanalyse en de momentenmethode; een aanzet tot een nieuwe methode voor ecohydrologische effectvoorspelling en modelkalibratie; in *Stromingen*, jrg 4, nr 1, pag 45-54.

*Ronald van de Vliet*  
als hydroloog werkzaam bij IWACO B.V.

## Reactie auteurs op ingezonden brief door Ronald van de Vliet

Ronald van de Vliet geeft in een ingezonden brief een aantal kanttekeningen bij ons verhaal in *Stromingen*, jrg 5, nr 2 (Bierkens e.a. 1999a). Wij zullen in deze reactie trachten zo goed mogelijk op zijn vragen en bezwaren te reageren.

Van de Vliet merkt terzijde op dat de gepresenteerde methode niet nieuw is en al jaren wordt gebruikt. Voor zover wij echter weten is de combinatie van een transfer-ruis (TR)-model, het Kalmanfilter en het maximum-likelihood-criterium nog niet eerder in de hydrologie gerapporteerd. Ook bij de *peer review* van de Engelstalige versie van het artikel (Bierkens e.a., 1999b) is ons niet gerapporteerd dat de methode reeds gemeengoed was. Het vernieuwende van de

methode is niet zozeer dat een deterministisch model (i.c. het transfermodel) wordt gekalibreerd op een uitvoerreeks met een lagere frequentie dan de invoerreeks, maar dat zowel de transferfunctie als de ruisparameters hiermee *integraal* worden geschat, en wel op een efficiënte en statistisch zuivere manier. Van de Vliet refereert aan Van de Vliet en Rolf (1998) om aan te geven dat de methode niet nieuw is. Wij konden bij lezing van dit artikel echter niets vinden over de gebruikte methode om TR-modellen te kalibreren. De enige aanwijzing is een figuur. In deze figuur lijken de meetpunten keurig met min of meer regelmatige frequentie te zijn genomen. Verder toont de figuur een doorgetrokken lijn die de voorspelling met een transfermodel voorstelt. Deze lijn heeft zijn knikpunten precies op de tijdstippen van de meetpunten, hetgeen volgens ons betekent dat het TR-model voor deze figuur op dezelfde frequentie werkt als de uitvoervariabele.

Van de Vliet plaatst de kanttekening dat de voorgestelde methode niet zal werken voor trage systemen vanwege het grote aantal parameters dat zal moeten worden gekalibreerd. Dit zal zeker het geval zijn wanneer men de keuze van het type TR-model laat afhangen van een modelselectieprocedure op ruwe data. Dit levert dan TR-modellen met veel parameters op. Onze methode werkt inderdaad alleen voor simpele TR-modellen. Dat wil echter niet zeggen dat deze niet gebruikt kan worden voor trage systemen. Door de invoerreeks eerst te filteren (bijvoorbeeld via een lopend gemiddelde) en een verschuivingsterm toe te laten, kan het transfereerdeelte voor het trage systeem worden gemodelleerd met een eenvoudig transfermodel met één  $\delta$  en één  $\omega$ , waarbij de  $\delta$  natuurlijk een zeer hoge waarde zal hebben. Een mooi voorbeeld van de goede relatie tussen gefilterd neerslagoverschot en grondwaterstand die zo ontstaat is te zien in het proefschrift van Hans

Gehrels (1999, pagina 19, Figuur 2.12). Op deze wijze hebben we een transfermodel met maar twee extra parameters (de verschuivingsterm en de breedte van de *window* van het lopend gemiddelde). Deze parameters kunnen gemakkelijk mee worden geoptimaliseerd met het voorgestelde algoritme.

Volgens ons kunnen problemen bij de toepassing van TR-modellen in systemen met dikke onverzadigde zones voor een belangrijk gedeelte worden opgelost door in plaats van het neerslagoverschot, de grondwateraanvulling als invoer te gebruiken. Wederom verwijzen wij hiervoor naar het proefschrift van Hans Gehrels.

Tenslotte merken wij nog op dat bij trage systemen een te kleine meetfrequentie bijna nooit een probleem zal zijn. Hoewel dit zeker mogelijk is (zoals hierboven beschreven), zal onze methode dan ook niet vaak op trage systemen worden toegepast. Een veel groter probleem bij trage systemen is dat de meetreeksen zeer lang moeten zijn om representatieve parameters van het TR-model te kunnen schatten.

Marc Bierkens  
Martin Knotters  
Frans van Geer

## Literatuur

- Bierkens, M.F.P., M. Knotters en F.C. van Geer (1999)** Tjdreeksanalyse nu ook toepasbaar bij onregelmatige meetfrequenties; in: *Stromingen*, jrg 4, nr 2, pag 43–54.
- Bierkens, M.F.P., M. Knotters en F.C. van Geer (1999)** Calibration of transfer function-noise models to sparsely or irregularly observed time series; in: *Water Resources Research*, jrg 56, nr 6, pag 1741–1750.

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

**Vliet, R. van de en H. Rolf (1998)** Wateroverlast rond de duinen moet nog komen; in: *H<sub>2</sub>O*, nr 25, pag 8.

---

## Isotopenhydrologie aan de Vrije Universiteit in Amsterdam

Zoals Van der Valk in het vorige nummer van *Stromingen* schreef, is Isotopenhydrologie een vak dat wordt onderwezen aan de Vrije Universiteit in Amsterdam. Daarnaast echter worden isotopen veelvuldig toegepast in onze onderzoeken van de laatste jaren. Een aantal voorbeelden: met stabiele isotopen <sup>18</sup>O en <sup>2</sup>H worden de verschillende afvoercomponenten van rivieren in de Noorditaliaanse Alpen bestudeerd (Van der Griend en Seyhan). Verder worden deze isotopen toegepast om de afzonderlijke bijdragen van regen en mist te bepalen in bergwouden op Puerto Rico (Bruijnzeel, Schellekens en Groen). Ook wordt onderzoek gedaan naar paleoklimaat aan de hand van stabiele isotopen en <sup>14</sup>C in oud grondwater in Suriname (Groen). Grondwateraanvulling in Botswana en de Veluwe is onderzocht met behulp van stabiele isotopen, tritium, <sup>14</sup>C en (Selaolo, Gehrels en De Vries).

Meer recente veranderingen in grondwater als gevolg van irrigatie en verontreiniging worden onderzocht in Portugal ook met stabiele isotopen en <sup>14</sup>C (Stigter, Bonte, De Bruin en Groen). De analyses voor bovengenoemde onderzoeken vinden plaats in het Centrum voor Isotopenonderzoek te Groningen. Met behulp van <sup>37</sup>Cl-isotopen wordt aan de VU ook onderzoek gedaan naar de diffusie van zout in de ondergrond. Dit treedt op na een mariene transgressie, zoals in de Noordzeebodem en de kust van Suriname (Groen en Post). Dit diffusieproces kan als dateringsmethode worden gebruikt.

De <sup>37</sup>Cl-analyses worden uitgevoerd door het Instituut voor Aardwetenschappen van de RUU.

Verder worden <sup>87</sup>Sr-isotopen gebruikt om de herkomst van calcium in grondwater te traceren in Suriname: neerslag, calcietoplossing of silikaatverwerking (Groen en Davies). Deze analyses worden door het VU-laboratorium uitgevoerd. Verder worden aan de VU ook analyses uitgevoerd op edelgassen en isotopen daarvan: He ten behoeve van ouderdomsbepalingen en Ne en Kr ten behoeve van de bepaling van de temperatuur van het infiltrerende paleo-regenwater. Deze analyses zijn uitgevoerd op grondwatermonsters uit Botswana (Selaolo en De Vries).

Tenslotte starten we binnenkort een onderzoek om redoxprocessen (bioremediatie) te kwantificeren in verontreinigd grondwater bij een vuilstort in Brabant (Van Breukelen en Groen). Daarvoor zullen naast de gebruikelijke stabiele isotopen <sup>18</sup>O, <sup>2</sup>H en <sup>13</sup>C ook <sup>15</sup>N en <sup>34</sup>S worden toegepast.

Kortom er gebeurt wel degelijk het een en ander in de isotopenhydrologie!

*Koos Groen*

Instituut voor Aardwetenschappen  
De Boelelaan 1085,  
1081 HV Amsterdam  
Telefoon: (020) 444 73 30  
E-mail: [grok@geo.vu.nl](mailto:grok@geo.vu.nl)

## Watervrees voor onzekerheid

Twee jaar geleden hield de NHV een dag over modelkalibratie. Een van de belangrijkste conclusies was, dat er met de in de praktijk gebruikelijke methodes van 'missen en gissen' geen garantie is dat een model adequaat is gekalibreerd. Zo bieden deze 'methoden' geen mogelijkheid om na te gaan in hoeverre de verkregen modelparameters uniek zijn, noch wat hun onzekerheid is. Het is dan onmogelijk om bij de voorspellingen die met deze modellen desondanks worden gedaan iets kwantitatiefs te beweren over de bandbreedte van het verwachte resultaat. De werkgroep Modelkalibratie heeft op de bewuste NHV-dag laten zien dat kwantitatieve modelkalibratie nodig en mogelijk is en opgeroepen om deze in de praktijk te gaan toepassen. Ook de eind september in Zürich gehouden conferentie ModelCare99 geeft voldoende houvast om op kwantitatieve wijze om te gaan met onzekerheid (bijvoorbeeld de kalibratie-richtlijnen van Mary Hill). De toepassingen op deze conferentie betroffen echter meestal zeer gecompliceerde 3D-transportmodellen, toegepast op grote risicovolle verontreinigingsproblemen. Moeilijk, moeilijk, maar dan zou de betrouwbaarheidsbepaling van klassieke grondwaterstromingsmodellen toch betrekkelijk eenvoudig moeten zijn! Zowel voor MODFLOW, MicroFEM als TRIWACO bestaan er goede kalibratiemodu-

les. Andere programma's zoals PEST en UUCODE zijn geschikt voor elk willekeurig model. Desondanks zien we nu, twee jaar later, nog steeds weinig praktijktoepassingen. In de rapporten die ons onder ogen komen wordt het resultaat van de kalibratie nog altijd in dezelfde omfloerste termen van weleer omschreven, zoals "het model is goed geijkt", "de resultaten komen bevredigend overeen met de metingen", "omdat verschillende scenario's onderling worden vergeleken is de absolute fout van de kalibratie minder relevant". Kortom kreten die geen enkel concreet houvast of zekerheid bieden. Het is dan ook niet vreemd dat bij evaluatie van de effecten blijkt dat de modelvoorspelling 'goed fout' was. Watervrees voor onzekerheid is niet anders dan struisvogelpolitiek. Gekwantificeerde onzekerheid voorkomt foute beslissingen en onnodig hoge kosten. De hele verzekeringsbranch draait op gekwantificeerde onzekerheid. We roepen bij deze opdrachtgevers (provincies, gemeenten, waterleidingbedrijven e.d.) dan ook op om kalibratie, dat wil zeggen kwantificering van de betrouwbaarheid en onderlinge samenhang van modelparameters en residupatronen expliciet te gaan verlangen. Dit in hun eigen belang, dat van de hydrologie en de consultants zelf.

*Harry Rolf  
Theo Olsthoorn*

---

## Zure meningen

Nou, nou, dat was me even schrikken toen ik *Stromingen* 5 (1999), nr 3 opsloeg. Een heuse professor en een echte doctor met open aanmerkingen over de manier waarop ik mijn vak uitoefen. De een slaat me met leerstellingen om de oren en de ander met een bijbel; dat komt hard aan bij een heiden zoals ik. Prof.ir. N.D. van Egmond doet dat in een artikel: 'Prioriteiten in hydrologisch

onderzoek' en dr. E.P. Querner in een reactie op drie eerder door mij (e.a.) in *Stromingen* gepubliceerde verhalen. Mijn bezwaren tegen de mening van Van Egmond zullen in een intern gesprek met Hollandse humor (hh) uit de weg worden geruimd. Dat verwacht ik tenminste. Het is te hopen dat mijn kiespijn dan ook over is zodat het lachen weer wat meer van harte gaat.

De bijbel waarvan dr. E.P. Querner vindt dat ik er niet naar leef, is de Verklarende Hydrologische Woordenlijst (VHW) van de Commissie Hydrologisch Onderzoek TNO. Met die lijst is het echter al net zo als niet de echte bijbel: De begrippen die er in staan zijn de weerslag van voorgaande ervaring en daar ook door gekleurd. Het grote verschil is natuurlijk dat de Heilige Geest eindredacteur was van de bijbel, terwijl Hans Hooghart voor de VHW heeft getekend. Daardoor is de bijbel nog redelijk actueel, terwijl de VHW enigszins gedateerd is. Het grote probleem dat ik met de VHW heb, is dat de termen gemaakt zijn door ofwel geohydrologen die uitgingen van een uitsluitend horizontale stroming in aquifers, of agrohydrologen die vooral de verticale beweging van water in de onverzadigde zone beschouwden. Agrohydrologen hielden zich in die tijd nauwelijks bezig met horizontale componenten van de stroming en geohydrologen niet met de verticale in aquifers. Dat er ook water over het maaiveld af kon stromen (overland flow) en horizontaal via een stroming nabij het freatisch vlak werd nauwelijks onderkend en aan verticale stroming in aquifers werd niet gerekend. De kolom van de agrohydrologen had slechts een doorlatende onderrand waardoor kwel en inzijging konden plaats vinden. Geohydrologen schematiseerden de voeding van het grondwater als een gelijkmatige injectie over de volle hoogte van de aquifer. Kwel was voor hen de verticale stroming door een slecht doorlatende laag met verschillende stijghoogten aan weerszijden.

In de afgelopen jaren heb ik me bezig gehouden met hydrologisch onderzoek op milieugebied. Met name ging dat over het transport van meststoffen vanaf maaiveld naar de bodem en verder naar het drainerende open water. De afvoer van water door de verschillende afvoercomponenten over en juist onder het maaiveld was daarin belangrijk. Die stroming heb ik onderzocht. Onder

andere de drie artikelen in Stromingen zijn er een uiting van. Daarbij moest ik een terminologie hanteren die noodgedwongen niet steeds in overeenstemming was met de VHW. De aanvulling van het grondwater is in mijn optiek dus niet gelijk aan de percolatie van netto neerslag plus de capillaire opstijging zoals de VHW stelt en ook niet de inzijging over het freatisch vlak zoals Querner per abuis uit mijn artikelen heeft afgeleid. De voeding van het eigenlijke grondwater is in mijn geval de hoeveelheid water die niet oppervlakkig verdwijnt maar die via het diepere grondwater tot afvoer komt. Inderdaad veronderstel ik dat deze afvoer (plus eventueel de kwel) vrijwel identiek is aan de basisafvoer. Wat is daar mis mee? En ook denk ik dat het langjarige gemiddelde van deze grondwateraanvulling gelijk moet zijn aan het langjarige gemiddelde van de basisafvoer. De oppervlakkige afvoer kan in mijn visie voor een deel bestaan uit de stroming naar drainbuizen in de verzadigde zone.

Waar ik Querner gelijk in moet geven is de omschrijving van de ontwaterde laag. Ik heb die term gebruikt voor de laag waarin de stroming naar drainbuizen zich afspeelt en de term als zodanig ook omschreven (deel 2). Die laag wordt inderdaad niet ontwaterd, misschien had ik beter het begrip gedraineerde laag kunnen gebruiken.

Tenslotte nog enkele opmerkingen over het onbehagen van Querner ten aanzien van de door mij gepresenteerde resultaten. Hij verwijt mij dat ik te weinig resultaten heb om resultaten op landelijke schaal te geven. Tsja, wat moet ik er van zeggen. Uit mijn duim heb ik die schattingen toch ook niet helemaal gezogen. Er ligt onderzoek aan ten grondslag van collega's van Querner toen SC-DLO nog ICW heette. Met eerbied wil ik de namen noemen van Bon, Kouwe, Van Oosterom en later Van Bakel en Thunnissen die hebben geschreven en ver-

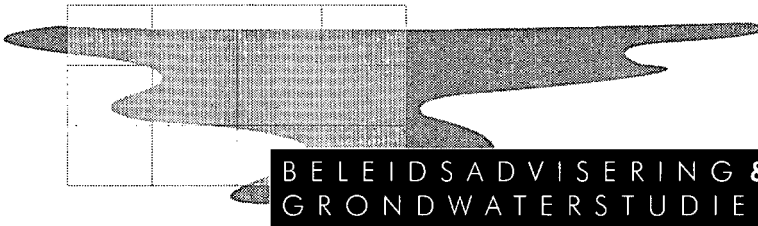
teld over de ondiepe afvoercomponenten die zij in het veld zagen en hebben bemeaten. Hun resultaten en mijn eigen waarnemingen in heel Nederland zijn verwerkt in de gewraakte tabel. De beschouwingen van het ICW over de regionale stroming van grondwater op basis van modellen hebben daarentegen altijd wat minder indruk op mij gemaakt. Door wat Querner over de resultaten van SIMGRO vertelt ben ik ook nog niet echt overtuigd. Het blijft dat aan het verschijnsel van de oppervlakkige vor-

men van de afvoer van het neerslagoverschot relatief weinig onderzoek is gedaan. Waar het mij om ging met die verhalen in Stromingen over grondwateraanvulling en oppervlakkige stroming was om te laten zien dat hydrologie meer inhoudt dan de klassieke beschouwingen uit de agrohydrologie en de geohydrologie. Ik hoop dat daarover ooit een discussie op gang komt.

*Kees Meinardi*

---

Adviesburo **Harry Boukes**



(OOK IN DE  
VOLGENDE EEUW)

Rosweijdelaan 29 3454 BL De Meern  
030-6666128 h.boukes@inter.nl.net



**kiwa**

# Kiwa weet van water

Kiwa weet alles van winning en behandeling van grond- en oppervlaktewater, van waterkwaliteit, waterbeheer en de daaraan verwante natuur- en milieuaspecten.

Kiwa is actief met onderzoek op het gebied van drinkwater, industriewater en afvalwater; de gehele waterketen is het werkterrein.

**Kiwa Onderzoek en Advies**

Groningenhaven 7

Postbus 1072

3430 BB Nieuwegein

telefoon 030 - 606 95 11

telefax 030 - 606 11 65

email [alg@kiwaoa.nl](mailto:alg@kiwaoa.nl)

[www.kiwa.nl](http://www.kiwa.nl)