

peilbuizen gebruikt kan worden om ontbrekende waarnemingen beter in te schatten. Minpuntje is misschien dat net als bij PCA de CDF's geen duidelijke fysische interpretatie hebben. Het is daarmee vooral een handig gereedschap om gegevens snel te controleren op de aanwezigheid van trends, waarbij de achterliggende oorzaken eventueel uit het verloop ervan achterhaald kunnen worden.

#### *Tijdreeksanalyse uitontwikkeld?*

Met dit proefschrift heeft Wilbert Berendrecht een waardevolle bijdrage geleverd

aan het modelleren van tijdreeksen van grondwaterstanden en zijn werk verdient daarom alle lof. Eén van de opponenten ging echter wel héél ver in zijn loftuitingen door te stellen dat nu alles bereikt is wat er op het gebied van grondwaterstandsreeksen te bereiken is, waarop overigens enig gekuch uit de zaal opsteeg, maar dat terzijde. Nou ja zeg! Gelukkig voor ons heeft deze opponent het mis. Voor Wilbert en al die andere enthousiaste tijdreeksonderzoekers blijft er heus nog wel genoeg te onderzoeken over.

*Martin Knotters  
Jos von Asmuth*

---

#### **Understanding Water in a Dry Environment**

Hydrological processes in arid and semi-arid zones

door I. Simmers (red), International Contributions to Hydrogeology 23, International Association of Hydrogeologists, A.A. Balkema, Lisse, 2003, 341 pag, gebonden, ISBN 90-5809-618-1, € 124,00.

In het kader van de vijfde fase van het International Hydrological Programme (IHP) van UNESCO is het bovenstaande boek verschenen, een bijdrage aan de Convention to Combat Desertification van de Verenigde Naties. Fela Kuti, een Nigeriase zanger, zong in het Pidgin Engels begin jaren-80 met enig cynisme over de door de VN gelanceerde programma's gericht op ontwikkelingslanden die als doel hadden "water/food/health for all by the year 2000". "Water under ground, water in the air. Na so-so water in Africa [there is so much water in Africa]. Water for man to drink-o? E-no dey [it is not there]. United Nations dem come. Dem call us under develop nation. We must be develop" (Original Sufferhead). Enfin, het gaat om de inhoud en niet om het kader van het boek.

Het doel van het IHP is het verbeteren van de wetenschappelijke basis voor het waterbeheer. Vanwege de grote waterschaarste staan droge gebieden, die één-derde van het aardoppervlak beslaan, zeer hoog op het prioriteitenlijstje van UNESCO. Een praktische moeilijkheid van hydrologisch onderzoek in veel droge gebieden is dat de hoeveelheid beschikbare hydrologische data beperkt is. Om deze reden zijn analyses die met beperkte velddata overweg kunnen en het delen van kennis tussen verschillende geografische regio's met vergelijkbare karakteristieken extra belangrijk. Het boek is zeer breed opgezet, het behandelt alle elementen van de hydrologische kringloop en sluit af met hoofdstukken over hydrochemie en de invloed van de mens.

Na een inleiding begint het boek met de regenval (hoofdstuk 2). Het meten van regenval wordt beschreven, op de grond en met behulp van Remote Sensing. Verder worden zaken als luchtcirculatiepatronen in droge gebieden behandeld. De droge jaren in de Sahel blijken samen te hangen met El Niño of, in andere woorden, het voorkomen van warme en koude temperatuur anomalies in het water van de Grote Oceaan

rond de evenaar. Experimenten met het vergroten van regenval door middel van 'cloud seeding' is een onderwerp waar men al meer dan 40 jaar mee bezig is. Maar in de literatuur schijnt niet eenduidig te zijn of de methode wel of geen potentie heeft in droge gebieden.

---

### Understanding Water in a Dry Environment

- 1 Hydrological Processes and Water Resources Management
  - 2 Rainfall in Arid and Semi-Arid Regions
  - 3 Operational Solutions of Actual Evapotranspiration
  - 4 Surface Runoff and Sediment Dynamics in Arid and Semi-Arid Regions
  - 5 Water Flow Processes in Arid and Semi-Arid Vadose Zones
  - 6 Aquifer Dynamics
  - 7 Hydrogeochemical Processes in Arid and Semi-Arid Regions—Focus on North Africa
  - 8 Human Impacts and Management Issues in Arid and Semi-Arid Regions
- 

Het grootste deel van hoofdstuk 3 bestaat uit het behandelen van methodes om de evapotranspiratie te bepalen. Dit hoofdstuk gaat meer over algemene hydrologie en is minder dan het vorige hoofdstuk toegespitst op droge gebieden. Er komt zelfs een figuur in voor waarin het principe van een hydrologisch model wordt uitgelegd met 'snow storage' als één van de vier modelbakjes. Wat ik in het hoofdstuk een beetje mis, is het gebruik van evapotranspiratie in droge gebieden zoals: wat is de invloed van klimaatsverandering, wat zijn de jaarlijkse variaties in gebieden met een stabiel klimaat en 'verliezen' door evapotranspiratie van wetlands in overigens droge gebieden.

Vervolgens komt de afvoer van oppervlaktewater en sedimenttransport aan bod (hoofdstuk 4). Ondanks de beperkte oppervlakteafvoer is er in droge gebieden veel meer sedimenttransport dan in humide gebieden. Dit hangt onder andere samen

met de weinige vegetatie. Er wordt relatief veel aandacht gegeven aan indirecte meetmethodes, zoals regenval-afvoerrelaties, het reconstrueren van paleoafvoer op basis van sedimentologisch onderzoek en empirische relaties. Zo heeft een wereldwijde vergelijking van afvoerdata onder andere de bijzondere conclusie opgeleverd dat voor "alle aride gebieden" de 50-jarige overstromingsafvoer van een gebied gelijk is aan 4,51 keer de gemiddelde jaarlijkse overstromingsafvoer van dat gebied. Een dergelijk getal moet natuurlijk niet letterlijk genomen worden, maar het helpt wel bij het werken in gebieden met weinig data. Het hoofdstuk sluit af met vele samenvattingen van studies in droge gebieden verspreid over de wereld die overzichtelijk zijn gerangschikt op schaal.

Eén boodschap die duidelijk blijft hangen na het lezen van het hoofdstuk over de onverzadigde zone is dat grondwateraanvulling in droge gebieden zeer variabel is in tijd en plaats. Bijvoorbeeld, de infiltratie door een aan de zonkant gelegen helling is ongeveer de helft lager dan door een aan de schaduwkant gelegen helling. Een ander voorbeeld is dat er lang geen rekening is gehouden met het voorkomen van oplosingsgaten bij het modelleren (1D) van verticale stroming door slecht doorlatende verharde calciumlagen. Bijna alle aangehaalde studies in het hoofdstuk komen uit New Mexico, waar de auteurs werken. Het gebrek aan geografische spreiding stoort echter niet. Er zijn daar namelijk veel onverzadigde zone onderzoeken uitgevoerd omdat, naast grondwateraanvulling, onderzoek naar preventie van verspreiding van giftige en radioactieve afvalstoffen uit de vele stortplaatsen in deze woestijn een belangrijk doel is.

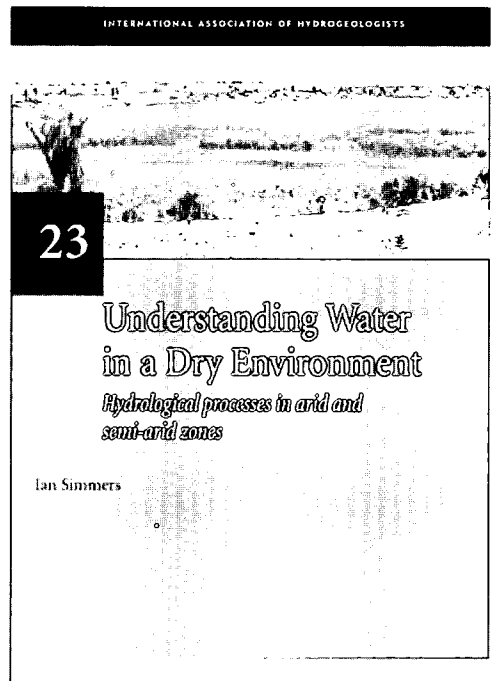
Een belangrijke reden om een tijdreeksenanalyse uit te voeren (hoofdstuk 6) is het scheiden van de natuurlijke en de menselijke invloed op de variatie in de grondwaterstand. Het accent van het hoofdstuk

ligt meer op het vergelijken van verschillende methodes om een tijdreeksenanalyse uit te voeren en minder op droge gebieden. Hoofdstuk 7 behandelt de hydrochemie, inclusief isotopen, als middel om de oorsprong van zout grondwater te begrijpen en om de grondwateraanvulling te schatten. Het gebruik van chloride als een conservatieve tracer is voor deze schatting, vanwege de betrouwbaarheid en de relatief lage kosten, de aanbevolen hydrochemische methode.

Het slothoofdstuk begint met de wens dat menselijke activiteiten zoals landbouw en verstedelijking in droge gebieden niet dezelfde vormen zullen aannemen als in humide gebieden. Vervolgens komen de meestal kwalijke gevolgen aan bod. Verziltiging van bodems in droge gebieden kan, behalve door intensieve irrigatie van slecht gedraineerde bodems, ook veroorzaakt worden door het vervangen van een diep wortelende vegetatie door een minder waterbehoevende vegetatie. In het westen van Australië heeft dit geleid tot een stijging van de grondwaterspiegel met meer dan 30 m. Het omhoogkomen van oorspronkelijk diep gelegen zout grondwater en een toename van de verdamping zijn in dit geval de verziltende factoren. De mens heeft zelfs een grotere negatieve invloed dan een toename van de droogte, blijkt uit een aantal studies in het oosten van de Sahel. Niet de gemiddeld ~20% lagere neerslag in de Sahel sinds het eind van de jaren-60, maar het overgebruik van land als gevolg van het afschaffen van traditionele landgebruik-rechten blijkt de aanzet voor verwoestijning te zijn volgens deze studies.

Het schrijven in recente literatuur over een ver beneden gemiddelde neerslag in de Sahel als een fenomeen dat nog steeds op grote schaal actueel is, zal wel te maken hebben met een vertragingseffect waarmee statistisch verantwoorde data de literatuur binnendringen. Er zijn ook positieve ingrepen van de mens op de waterhuishouding in

droge gebieden. Zoals 'Aquifer Storage and Recovery' van storm- en afvalwater in Australië en het gebruik van gips om verzilte bodems in India weer cultiveerbaar te maken. Experimenten hebben aangetoond dat het aanbrengen van een dun laagje alcohol op reservoirs in India een afname in de verdamping oplevert van 10 tot 20%. Het boek vermeldt niet of het effect te niet wordt gedaan door een stijging in de waterconsumptie.



Samengevat is het boek door de breedheid geen handboek waarmee hydrologische data stap voor stap geanalyseerd kunnen worden. Echter, het boek behandelt wel vele onderwerpen die relevant zijn voor droge gebieden en die de lezer met behulp van de uitgebreide referenties verder kan uitdiepen. Sommige hoofdstukken hadden echter wel meer gericht kunnen worden op (semi)aride gebieden.

Bart Goes