

---

# Gebiedsdekkende bepaling van de impulsrespons met behulp van tijdreeks-analyse en de momentenmethode

Een aanzet tot een nieuwe methode voor ecohydrologische effectvoorspelling en modelkalibratie

Ronald van de Vliet  
Reinder Boekelman

---

*De Technische Universiteit Delft doet in samenwerking met Kiwa Onderzoek en Advies een onderzoek naar een nieuwe methode om vegetatiekundige standplaatsfactoren te karakteriseren aan de hand van het grondwaterregime. De hypothese is dat een grondwaterafhankelijk vegetatietype zich het best ontwikkelt op plaatsen waar de grondwaterstand op een voor dat vegetatietype karakteristieke manier reageert op een plotselinge aanvulling (impulsrespons). Deze aanpak beoogt een verbetering op te leveren van de zogenaamde duurlijnenmethode, die vaak gehanteerd wordt voor ecologische effectvoorspellingen.*

*In dit artikel worden de resultaten gepresenteerd van onderzoek naar een mogelijkheid om de impulsrespons, in het bijzonder twee karakteristieken daarvan, gebiedsdekkend te bepalen. Het resultaat is daarbij vergeleken met de resultaten van tijdreeks-analyses, welke zijn uitgevoerd op grondwaterstandsreeksen, die met een grondwatermodel gegenereerd zijn.*

*Tijdens het onderzoek is ook gebleken, dat de onderzochte methode veelbelovende perspectieven biedt voor modelkalibratie.*

## De context van het onderzoek

Het voorspellen van de effecten van een hydrologische ingreep (zoals een grondwaterwinning) op de vegetatie leunt nog sterk op expertkennis (Jansen e.a., 1993). Om er een meer kwantitatieve basis aan te geven, probeert Kiwa samen met de sectie Hydrologie en Ecologie van de TU Delft een relatie te leggen tussen het dynamische gedrag van de grondwaterpiegel en het vóórkomen van vochtminnende vegetaties.

Momenteel wordt de zogenaamde duurlijnenmethode gebruikt, om ecologische voorspellingen te kunnen doen over de gevolgen van een veranderend grondwaterregime voor de

---

**R.N. van de Vliet** was tijdens dit onderzoek als student verbonden aan de faculteit der Civiele Techniek van de TU Delft, sectie Hydrologie en Ecologie. Hij is momenteel werkzaam bij IWACO B.V., adviesgroep Hydrologie en Waterbeheer, Postbus 8520, 3009 AM Rotterdam, telefoon: (010) 2865 530, fax: (010) 220 00 25.

**R.H. Boekelman** is als universitair docent werkzaam aan de faculteit der Civiele Techniek van de TU Delft, sectie Hydrologie en Ecologie, Stevinweg 1, 2628 CN Delft, telefoon: (015) 278 4901.

vegetatie. Een duurlijn is een lijn, die aangeeft hoelang de grondwaterstand zich gedurende een jaar boven een bepaald niveau bevindt. Het verloop van de duurlijn is dus afhankelijk van de weersomstandigheden en kan daardoor van jaar tot jaar verschillen. Daarom kent één locatie met één vegetatie-type meerdere duurlijnen, welke samen een bundel vormen. Vegetatietypen worden bij deze methode geassocieerd met zulke duurlijnenbundels. Omdat de bundels elkaar kunnen overlappen is het vermogen om op deze wijze verschillende vegetatietypen te onderscheiden beperkt.

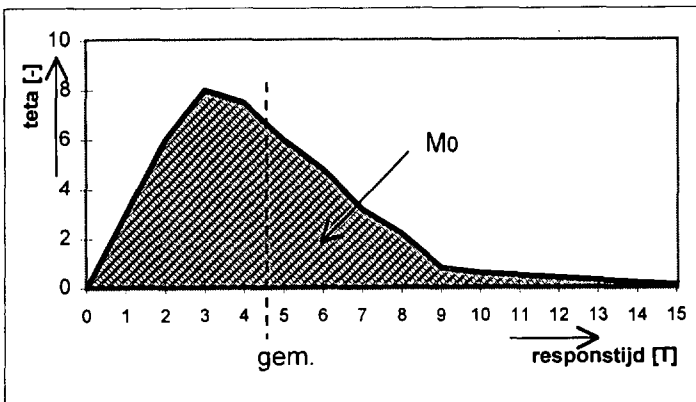
Een mogelijke verbetering op deze methode is het gebruik van de impulsrespons. De impulsrespons is de reactiecurve van de grondwaterstand op een bepaalde, in een korte tijd toegevoegde hoeveelheid neerslag. De impulsrespons is, qua begripsvorming, dan ook te vergelijken met de beter bekende eenheidsafvoergolf (a., 1991).

De impulsrespons is in principe alleen afhankelijk van gebiedseigenschappen en niet van de meteorologische omstandigheden. Naar verwachting is hij daarom een zuiverder hydrologische karakteristiek van een standplaats dan de duurlijn.

Bepaalde karakteristieke kentallen van de impulsrespons, zogenaamde tijdsmomenten, kunnen worden gekoppeld aan vegetatietypen. De tijdsmomenten zijn als volgt gedefinieerd:

$$M_n = \int_{-\infty}^{\infty} t^n \theta(t) dt \tag{1}$$

waarin  $M_n$  het n-de tijdsmoment is en  $\theta(t)$  het verloop van de impulsrespons (Maas, 1995). Hiermee is het nulde tijdsmoment  $M_0$  de oppervlakte onder de impulsrespons. Het zwaartepunt in de tijd van de impulsrespons kan berekend worden door het eerste tijdsmoment  $M_1$  te delen door het nulde tijdsmoment, de variantie is het tweede tijdsmoment gedeeld door het nulde, enzovoorts (zie figuur 1).



Figuur 1: Voorbeeld van een impulsrespons ( $\theta$ ) met een aantal karakteristieken.

Voor het eenvoudige geval van een homogeen freatisch aquifer geldt voor het nulde tijdsmoment de volgende differentiaalvergelijking:

$$\nabla^2 M_0 = -\frac{N_0}{kD} \quad (2)$$

waarin  $N_0$  het volume van de kortdurende grondwateraanvulling is (lengte-eenheid). Voor momenten van hogere orden gelden gelijksoortige vergelijkingen.

Deze vergelijkingen hebben dezelfde wiskundige gedaante als die voor stationaire grondwaterstanden. Ze kunnen met een stationair grondwatermodel worden opgelost. Dit betekent, dat de uitvoer van het model niet moet worden geïnterpreteerd als grondwaterstand, maar als tijdsmoment. Dit procedé wordt de momentenmethode genoemd (Maas, 1995; Lankester, 1996).

### **Doelstelling van het onderzoek**

Met behulp van tijdreeks-analyse, in het bijzonder transfer/ruismodellering, kan ook de impulsrespons bepaald worden, op locaties, waar gedurende een aantal jaren stijghoogtemetingen zijn verricht.

Voor de koppeling met vegetatietypen is het echter gewenst de impulsrespons, of althans enkele tijdsmomenten ervan, gebiedsdekkend te bepalen. Dit is de doelstelling van dit onderzoek.

Voor de gebiedsdekkende bepaling wordt de eerder genoemde momentenmethode gebruikt waarbij de tijdsmomenten berekend worden met behulp van een stationair grondwatermodel. De resultaten worden vergeleken met de resultaten van een aantal tijdreeksanalyses.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van gegenereerde grondwaterstandsreeksen uit een niet-stationair model van het Noordhollands Duinreservaat. Op deze wijze wordt een zogenaamde controleerbare testcase verkregen. Het onderzoek is uitgevoerd bij NV PWN Provinciaal Waterleidingbedrijf Noord-Holland te Bloemendaal.

### **Het genereren van grondwaterstandsreeksen**

Met behulp van de numerieke modellen FLUZOT en TRIWACO, voor berekening van grondwaterstroming in respectievelijk de onverzadigde zone en de verzadigde zone, zijn 10 grondwaterstandreeksen berekend voor een geologische schematisatie van een deel van het Noordhollands Duinreservaat. De tijdreeksen hebben een lengte van 20 jaar.

Bij de niet-stationaire modellering is gebleken, dat terdege rekening gehouden moet worden met de dikte van de onverzadigde zone en de gevolgen daarvan. Twee punten zijn daarbij van belang:

- ten eerste is gebleken, dat de tijdreeks van de grondwateraanvulling een correctie behoeft. Ten gevolge van de dikke onverzadigde zones, die voorkomen in het duingebied vindt namelijk geen negatieve grondwateraanvulling plaats;

- ten tweede vindt er een verminderde grondwateraanvulling plaats door de verdamping van grondwater aanwezig in de onverzadigde zone (gedurende perioden met meer verdamping dan neerslag).

### **Tijdreeks-analyse met behulp van transfer/ruismodellering**

De gegenereerde grondwaterstandsreeksen zijn onderworpen aan een tijdreeksanalyse. Daarbij wordt een lineaire relatie gelegd tussen een invoerreeks en een uitvoerreeks door middel van zogenaamde transfer/ruismodellering. We hebben gebruik gemaakt van de Box-Jenkins-methode. In de geohydrologie kan een dergelijke methode worden toegepast op stijghoogte-reeksen. Als invoerreeks is het wenselijk de belangrijkste invloedsfactor te gebruiken (meerdere invoer-reeksen zijn echter ook mogelijk). Bij grondwaterstanden ligt het dan voor de hand om de grondwater-aanvulling als voornaamste oorzaak te benoemen.

Tot nu toe werd bij PWN als maat voor de grondwateraanvulling het neerslagoverschot (neerslag minus referentieverdamping) toegepast.

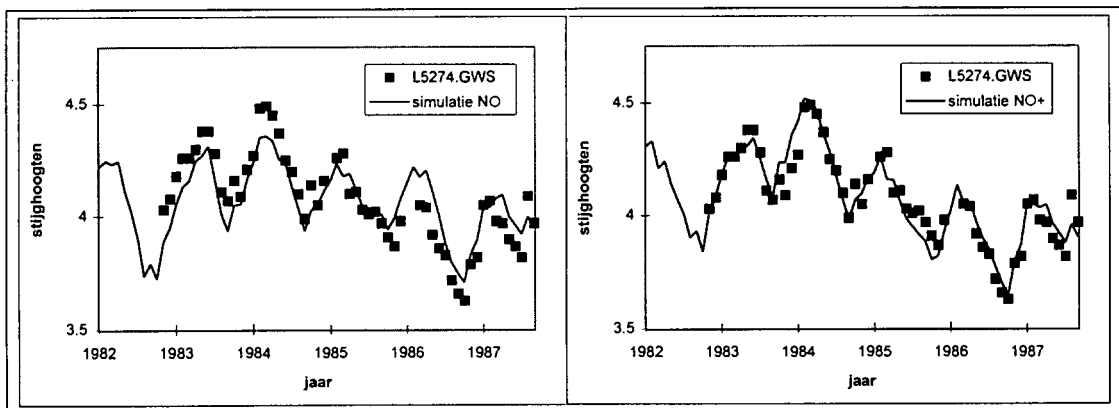
Tijdens het onderzoek is gebleken, dat de resultaten van tijdreeks-analyse in het duingebied aanzienlijk verbeteren, als er gebruik wordt gemaakt van een zogenaamd afgeknot neerslagoverschot. Deze tijdreeks bevat de neerslagintensiteit, verminderd met de referentie verdamping. Echter in het duingebied met dikke onverzadigde zones, en daardoor een verwaarloosbare capillaire opstijging, krijgt het overschot een minimum waarde van 0 opgelegd (NO+reeks). De aanleiding voor deze aanpassing is in de vorige paragraaf aan bod gekomen.

Ter illustratie is de grondwaterstands-reeks van een bestaande peilbuis geanalyseerd. Eerst op de wijze waarop dit tot nu toe gebeurde: invoerreeks = neerslagoverschot. Vervolgens met een invoerreeks gecorrigeerd voor de verdamping (NO+). Tenslotte is met de bepaalde lineaire relaties het verloop van de grondwaterstand gesimuleerd en vergeleken met de grondwaterstand-meetreeks. In figuur 2 is te zien, dat de simulatie met de NO+reeks duidelijk beter is dan de conventionele simulatie.

Tijdens het onderzoek is tevens gebleken, dat het verschil in startdatum van de invoerreeks en de uitvoerreeks van invloed is op het resultaat van de analyse. Zo dient men rekening te houden met een zekere inspeeltijd. Het resultaat van een tijdreeks-analyse wordt gewaardeerd door vergelijking van de gemeten grondwaterstands-reeks en de gesimuleerde reeks. Voor de simulatie wordt een schatting gedaan van de grondwaterstand bij aanvang van de invoerreeks, de zogenaamde beginvoorwaarde. Is het traject tot de aanvang van de gemeten grondwaterstanden te kort, dan is de fout in de schatting van de beginvoorwaarde nog niet uitgedempt.

Zeker in een traag grondwatersysteem als het duingebied, kan deze inspeeltijd behoorlijk oplopen. Zo bleek 1 jaar te kort te zijn. Een inspeeltijd van 5 jaar is echter als voldoende beoordeeld. Omdat neerslag- en verdampingscijfers voor zeer lange perioden voorhanden waren, is deze inspeeltijd niet verder geoptimaliseerd.

Bij het uitvoeren van tijdreeks-analyse wordt tegelijkertijd met de schatting van de lineaire relatie tussen de invoerreeks en de uitvoerreeks – uitgedrukt in zogenaamde autoregressie- en moving-average-parameters – een soort basis van de tijdreeks geschat in de vorm van een constante. Dit is in principe het niveau waarnaar de stijghoogte terugzakt als de grondwateraanvulling heel lang nihil blijft, ook wel de drainagebasis genoemd.



**Figuur 2:** Simulatie na tijdreeks-analyse met Neerslagoverschot als invoerreeks (links) respectievelijk Afgeknot Neerslagoverschot als invoerreeks van peilbuis 19CN-L5274.

Deze constante blijkt echter te bestaan uit meerdere componenten. Eén component is inderdaad gelijk aan de drainagebasis maar daarmee wordt niet de gehele waarde van de constante verklaard. De rest van de constante moet voornamelijk toegeschreven worden aan een deel van de impulsrespons, dat bij de transfer/ruismodellering niet wordt onderkend. De reden hiervoor kan zijn, dat de meetreeks toch te kort is.

Ook de invloed van de ligging van het zoet/zoutvlak en de daardoor ontstane opbolling in het duingebied zal wellicht in de constante verborgen zitten. Hier is in dit onderzoek geen aandacht aan besteed.

Uit de gevonden resultaten blijkt dat de grondwaterstroming in de onverzadigde zone een belangrijke invloed heeft op de vorm van de impulsrespons in de verzadigde zone. Daarom is het belangrijk dat het effect van demping en vertraging in de onverzadigde zone wordt meegenomen in het verdere onderzoek.

Eén van de uitgangspunten van de Box-Jenkins-methode is, dat het te analyseren systeem wiskundig gesproken lineair reageert. Vertaald in hydrologische termen betekent dit, dat het systeem het gehele jaar op dezelfde manier moet afwateren.

Bij het uitvoeren van de tijdreeks-analyse is gebleken, dat in het duingebied van PWN de versturende invloed van niet-lineair gedrag beperkt blijft. De voor ons doel belangrijkste uitkomst van de tijdreeksanalyse is een compleet plaatje van de impulsrespons per geanalyseerde 'peilbuis'. Als de impulsrespons eenmaal bekend is, zijn de tijdsmomenten  $M_0$  en  $M_1$  gemakkelijk te berekenen met formule (1).

## Gebiedsdekkende bepaling van de tijdsmomenten met behulp van de momentenmethode

De tijdsmomenten  $M_0$  en  $M_1$  zijn nu dus in enkele punten van het modelgebied bekend. Voor vegetatiekundige toepassingen is het echter nodig om ze gebiedsdekkend te maken. Voor de gebiedsdekkende bepaling van de tijdsmomenten is gebruik gemaakt van de momentenmethode waarvan het principe is aangegeven door Maas en uitgewerkt door Lankester (Lankester en Maas, 1996).

Voor de bepaling van de tijdsmomenten bestaan voor een eenvoudig model, dat rekening houdt met vertraging in de onverzadigde zone en verminderde grondwateraanvulling door verdamping ten tijde van neerslagtekort, de volgende formules:

$$\nabla^2 M_0 = -\frac{\gamma(x,y) * N_0(x,y)}{kD} \quad (3)$$

$$\nabla^2 M_1 = -\frac{\varepsilon * M_0 + \gamma(x,y) * N_0(x,y) * \tau(x,y)}{kD} \quad (4)$$

waarin

$M_0$	:	nulde tijdsmoment	[T]
$M_1$	:	eerste tijdsmoment	[T <sup>2</sup> ]
$\varepsilon$	:	bergingscoëfficiënt	[L/L]
$\gamma(x,y)$	:	ruimtelijk verdeelde reductiecoëfficiënt	[-]
$N_0$	:	volume van neerslagimpuls	[L]
$\tau(x,y)$	:	ruimtelijk verdeelde tijdsvertraging	[T]
$kD$	:	doorlatendheid	[L <sup>-2</sup> /T]

De reductiecoëfficiënt hangt samen met de gewasfactor. De coëfficiënt is bepaald aan de hand van resultaten uit de niet-stationaire modelberekening. Voor de bepaling van de tijdsmomenten is er in deze exercitie dus vanuit gegaan dat hij bekend was. Hoe men deze waarden in de praktijk kan schatten wordt in de volgende paragraaf kort toegelicht.

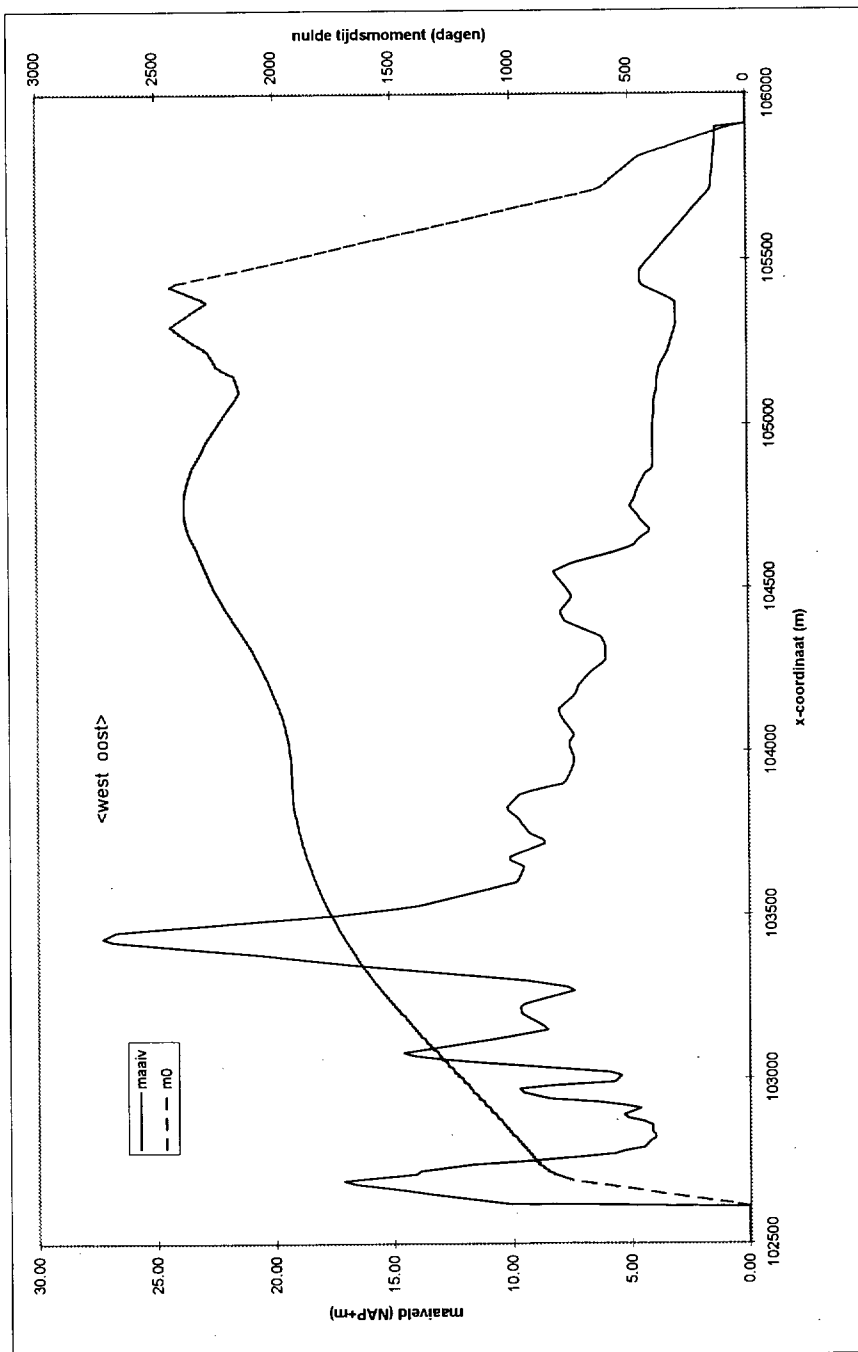
De tijdsvertraging  $\tau$  is in eerste instantie lineair gecorreleerd met de dikte van de onverzadigde zone.

Het volume van de neerslagimpuls is zodanig gekozen, dat neerslag minus referentieverdamping gelijk is aan 1; dit is immers ook het geval bij de impulsrespons bepaald met de tijdreeks-analyse. De referentieverdamping wordt tevens met een jaar-gemiddelde ruimtelijk verdeelde gewasfactor vermenigvuldigd.

Nu de invoergegevens bekend zijn, kunnen de vergelijkingen (3) en (4) met een gewoon stationair grondwatermodel gebiedsdekkend opgelost worden.

### Resultaten voor het nulde tijdsmoment

In figuur 3 is een doorsnede door het modelgebied gemaakt met hierin weergegeven het verloop van het maai-veld en het verloop van het nulde tijdsmoment. Aan de westzijde is het modelgebied begrensd door de Noordzee, aan de oostzijde door de polder. In deze figuur komt duidelijk naar voren, dat de grootte van het nulde tijdsmoment, en dus de oppervlakte van de impulsrespons, niet zozeer afhankelijk is van bijvoorbeeld de hoogte van het maai-veld, maar in grote mate van de afstand tot de drainerende randen van het duingebied.



**Figuur 3:** Doorsnede van het modelgebied ter hoogte van y-coördinaat 511.500 met weergave van de hoogte van het maaiveld en de grootte van het gebiedsdekkende nulde tijdsmoment. In het westen is de zogenaamde zeereep te herkennen, met daarachter de duinvalleien en het hoge middenduin. Verder naar het oosten loopt de binnenduintrand over in het poldergebied.

Als het gebiedsdekkende nulde tijdsmoment op de meetpunten wordt vergeleken met de resultaten van de tijdreeks-analyse blijken de verschillen over het algemeen zeer klein te zijn (zie tabel 1).

**Tabel 1:** vergelijking en beoordeling 'gemeten' en berekende  $M_0$ .

Put-nummer	$M_0$ 'gemeten'	$M_0$ berekend	$M_0$ berekend - 'gemeten'
	(dagen)	(dagen)	(dagen)
1	714	729	15
2	1513	1530	17
3	2298	2356	58
4	1737	1701	-36
5	1685	1846	161
6	1547	1497	-50
7	540	602	62
8	2237	2176	-61
9	2630	2603	-27
10	2042	2209	168

De afwijkingen zijn alle kleiner dan 5% met uitzondering van put 5, 7 en 10. De reden voor de afwijking in put 5 zou kunnen liggen in het feit, dat deze peilbuis enige tijd geïnundeerd was zodat er sprake is van niet-lineariteit. Dit was echter ook het geval bij put 9, maar daar zijn de resultaten wel goed. Een verklaring voor de afwijkingen is wellicht te vinden in de tijdreeks-analyse of in de momentenmethode, maar dit is tijdens dit onderzoek niet aangetoond.

#### *Resultaten voor het eerste tijdsmoment*

De resultaten voor het eerste tijdsmoment zijn minder goed. Met het stationaire model worden – vergeleken met de tijdreeks-analyse – consequent te hoge tijdsmomenten berekend. Vermoedelijk zit de fout in de doorberekening van de vertraging  $\tau$  in de momentenmethode. Het was echter binnen het tijdsbestek van dit onderzoek niet mogelijk hier verder op in te gaan.

Omdat het eerste tijdsmoment naar verwachting uit vegetatiekundig oogpunt een belangrijk kenmerk is, is het belangrijk dat dit verder uitgezocht wordt.

#### *Conclusie*

In dit onderzoek is de momentenmethode succesvol uitgewerkt voor de gebiedsdekkende bepaling van het nulde tijdsmoment in een fictief maar op de werkelijkheid gelijkend model. Het is zeer aannemelijk, dat de momentenmethode met werkelijk gemeten tijdreeksen ook werkt.



Omdat op dit moment nog geen bevredigende resultaten zijn bereikt voor het eerste tijdsmoment, zal op deze plaats verder geen aandacht worden geschonken aan de gebiedsdekkende bepaling van hogere orde tijdsmomenten.

### **De momentenmethode in praktijk**

Als de momentenmethode in de praktijk wordt toegepast, zal men geen gegevens hebben over stroming in de onverzadigde zone. Er zal dus een aantal aspecten bemeten moeten worden, wil men de momentenmethode op de bovenbeschreven wijze kunnen uitvoeren.

De reductiecoëfficiënt  $((x,y))$  (zie formules 3 en 4), bijvoorbeeld, zou bepaald kunnen worden met behulp van meetgegevens van lysimeters. In het geval van PWN is er de beschikking over 4 lysimeters. Hier worden sinds 1942 metingen aan verricht.

### **Modelkalibratie met behulp van de momentenmethode**

De momentenmethode heeft als groot voordeel dat hij ongevoelig is voor variërende meteorologische omstandigheden. Hij is ook niet gevoelig voor variaties in onttrekkingen en ontwateringspeilen. Daardoor biedt de momentenmethode ook mogelijkheden, om gebruikt te worden bij de kalibratie van grondwatermodellen. De modellen worden daarbij niet geijkt op gemeten stijghoogten, zoals momenteel gebruikelijk is, maar op tijdsmomenten van de impulsrespons, die zijn bepaald met behulp van tijdreeks-analyse.

Bij gebruik van de momentenmethode hoeft men niet voor een gemiddeld jaar te kiezen, bovendien kan de kwantificering van debieten en peilen van respectievelijk putten, rivieren, kanalen en polders achterwege blijven.

### **Conclusies**

Bij het uitvoeren van de tijdreeks-analyse dient terdege rekening gehouden te worden met de dikte van de onverzadigde zone en de gevolgen daarvan. Met name het ontbreken van capillaire opstijging uit de verzadigde zone en de bergingscapaciteit van de onverzadigde ondergrond spelen daarbij een rol. Er is geconstateerd, dat de resultaten van tijdreeks-analyses aanzienlijk verbeteren, als voor de invoerreeks het neerslagoverschot een minimum krijgt opgelegd van 0.

Bij het uitvoeren van tijdreeks-analyse, waarbij een relatie wordt gelegd tussen de grondwateraanvulling en de grondwaterstand, is het van belang rekening te houden met een zekere inspeeltijd. Daartoe dient in het onderzoeksgebied de invoerreeks 5 jaar eerder aan te vangen.

De constante, die bij de tijdreeks-analyse wordt geschat, hangt slechts gedeeltelijk af van de drainagebasis.

Het is gebleken, dat de vertraging en demping in de onverzadigde zone belangrijke invloed hebben op de vorm van de impulsrespons in de verzadigde zone. Daarom is het belangrijk, dat deze processen goed worden meegenomen bij de toepassing van de momentenmethode.

Uit de vergelijking van de tijdsmomenten van de tijdreeks-analyse en de resultaten van de momentenmethode is gebleken, dat voor het grondwatermodel de gebiedsdekkende bepaling van het nulde tijdsmoment zeer goed geslaagd is. De gebiedsdekkende bepaling van het eerste tijdsmoment is echter niet geslaagd.

De momentenmethode lijkt veelbelovende perspectieven te bieden voor modelkalibratie.

## **Aanbevelingen**

In volgend onderzoek moet de gebiedsdekkende bepaling van het eerste orde tijdsmoment nader uitgewerkt worden.

Voor de toepassing van de momentenmethode is het van belang de bruikbaarheid van de gegevens van de lysimeters te toetsen. Wellicht kunnen deze gegevens gebruikt worden bij de bepaling van het verloop van de grondwateraanvulling.

In vervolgonderzoek moet een gevoeligheidsanalyse van de tijdsmomenten worden uitgevoerd voor bijvoorbeeld de randvoorwaarden, de gewasfactoren en de reductiefactoren.

In het groter kader van de eco-hydrologische effectvoorspelling zal bij succesvolle afronding van de eerst genoemde aanbeveling onderzoek moeten plaatsvinden naar de samenhang tussen tijdsmomenten en vegetatietypen.

In dit en hierop volgende onderzoeken over de toepassing van tijdsmomenten van impulsresponsen in de geohydrologie, dient de dagelijkse praktijk niet uit het oog verloren te worden. Daartoe zal een veel aandacht moeten worden besteed aan de implementatie van tijdreeks-analyses en de momentenmethode in het werkveld van de hydroloog en eco-loog, die niet afgeschrikt mogen worden door statistiek en wiskundige formuleringen.

## **Literatuur**

- Box, G.E.P. en G.M. Jenkins (1976)** Time Series Analysis, Forecasting and Control, Holden-Day, San Francisco.
- Jansen e.a. (1993)** Van hydrologische ingreep naar ecologische effectvoorspelling, enkele resultaten van toepassingen van hydrologisch onderzoek, mededeling nr 122, Vewin onderzoekprogramma 1988-1992; Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein.
- Lankester, J. (1995)** Modelling van natuurlijke fluctuaties van grondwaterspiegels op basis van impulsresponsen, SWI-95.192; Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein.
- Lankester, J en C. Maas (1996)** Een onderzoek naar karakterisering van vegetatiekundige standplaatsen op basis van impulsresponsen; in Stromingen 2 (1996), nr. 3.
- Maas, C. (1995)** Grondwaterspiegeldynamica, onderzoeksvorstel ter verbetering van de duurlijnmethode, SWI 95.121; Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein.

---

## Sterk water

---

**E**nige tijd geleden werd er op de Greater Idaho Falls Science Fair een 'onderzoekje' gedaan. De aanwezigen werden aangespoord een petitie te tekenen die eiste dat de chemische stof 'dihydrogen monoxide' streng werd gecontroleerd of geheel verboden. Er waren voldoende redenen, want:

- 1 het kan buitensporig zweten en braken veroorzaken;
- 2 het is een belangrijke component in zure regen;
- 3 het kan in gasvorm ernstige brandwonden veroorzaken;
- 4 per ongeluk inhaleren kan dodelijk zijn;
- 5 het draagt bij aan erosie;
- 6 het vermindert de effectiviteit van autoremmen;
- 7 het is aangetroffen in tumoren van terminale kankerpatiënten.

Een groot deel (86%) van de mensen ondersteunden het verbod van de stof, 12% wist het niet of had geen mening en slechts 2% had in de gaten dat de gevaarlijke stof water is. Het 'onderzoek' won ter plekke een prijs onder de titel "Hoe lichtgelovig zijn we?".

Volgens anderen is dit juist een voorbeeld van een slecht opgezet onderzoek: het toont eerder aan hoe slecht men thuis is in formele chemische benamingen. Wanneer het woord 'water' genoemd was, zou het antwoord immers geheel anders zijn uitgevallen...

*MvdV*