

---

# Een grondwaterstand, wat zegt dat nou?

Harry Boukes

---

*Het meten van een grondwaterstand is op zich niet moeilijk, ook al duiken er nog regelmatig fouten op wanneer meetreeksen worden beschouwd. Maar zelfs wanneer een meting volledig correct is uitgevoerd is het belangrijk om te beseffen dat het slechts om een punt in de ruimte, op één tijdstip gaat. We hebben als hydrologen vaak te makkelijk aangenomen dat de meetwaarden representatief zijn voor een grotere omgeving en een langere tijd. In dit artikel komen een aantal voorbeelden aan de orde waarbij dat niet helemaal goed gaat. Ook geeft het oplossingsrichtingen aan hoe we hier in de toekomst beter mee om kunnen gaan. Uiteindelijk draait het zoals altijd om systeemkennis, waarbij vooral een gecombineerde aanpak van tijdreeksanalyse met modellering ons verder kan helpen.*

## De huidige praktijk

Brabant Water N.V. heeft circa 33 grondwaterwinningen (een beetje afhankelijk van hoe je telt). Rondom die winningen staan circa 500 waarnemingsbuizen met vaak meerdere filters, waarvan in de vergunningsvoorwaarden vermeld staat dat ze twee keer per maand moeten worden waargenomen. Daartoe had Brabant Water meerdere medewerkers in dienst, die elke keer rond de 14<sup>e</sup> en de 28<sup>e</sup> van de maand hun 'loop'route aflegden, de beschermkap rond de waarnemingsbuis openden, hun peillint in de stijgbuis lieten zakken, en aflazen hoe diep de waterstand ten opzichte van een referentieniveau (meestal de bovenkant van de buis) stond. De waarnemingen werden op een lijst ingevuld, de waarden werden overgetypt en in de computer ingevoerd. Na verloop van tijd werden alle standen aan TNO gezonden, die ze net als wij opsloegen en op verzoek aan belangstellenden verstrekten.

Doelstelling van die vergunningsvoorwaarde was dat de standen gebruikt konden worden om de invloed van de onttrekking op de grondwaterstanden in de omgeving te kunnen vaststellen. Zelden werden die standen er ook daadwerkelijk voor gebruikt. Ondertussen gingen de loopprondes maar door. Hele meetreeksen werden op deze wijze opgebouwd, bestaande uit afzonderlijke meetwaarden in combinatie met een x-, y-, z-, en t-waarde.

Het procedé is dermate simpel dat het moeilijk voor te stellen is dat er iets mis kan gaan. In de praktijk moeten we vaak constateren dat er bij bijna elk onderdeel van de

---

**Harry Boukes** is werkzaam bij Brabant Water N.V., Postbus 1068, 5200 BC 's-Hertogenbosch, Harry.Boukes@brabantwater.nl.

meting daadwerkelijk fouten optreden. Een meetreeks moet dan ook altijd kritisch benaderd worden.

Het begint met het tijdstip van de meting: in het weekend worden looprondes niet gelopen, dus de meting werd dan de dag voor of na de 14<sup>e</sup> dan wel 28<sup>e</sup> verricht. Om gezeur te voorkomen werd er dan toch maar ingevuld dat de meting op de 14<sup>e</sup> of 28<sup>e</sup> om 12:00 uur is uitgevoerd. Hydrologen vonden dat doorgaans ook helemaal niet zo erg: grondwater heette traag te zijn, een uurtje meer of minder zou niet uitmaken. Er trad wel eens een omwisseling van twee peilbuizen op, maar vaker noteerden we een omwisseling van peilfilters. Een meetwaarde kon verkeerd van het meetlint worden afgelezen, er kan een verkeerd referentieniveau bekend zijn (bijvoorbeeld wanneer een peilbuis opgehoogd of verlaagd werd, en dit niet administratief is verwerkt). Het getal kan verkeerd zijn opgeschreven, verkeerd overgetypt.

Los van het feit dat de (reeks van) metingen zelf fouten kunnen bevatten, kunnen metingen verkeerd gebruikt worden, bijvoorbeeld bij modelkalibraties en/of tijdreeksanalyses. Het heeft ons bij Brabant Water doen nadenken over wat een meting van een grondwaterstand nu eigenlijk voorstelt.

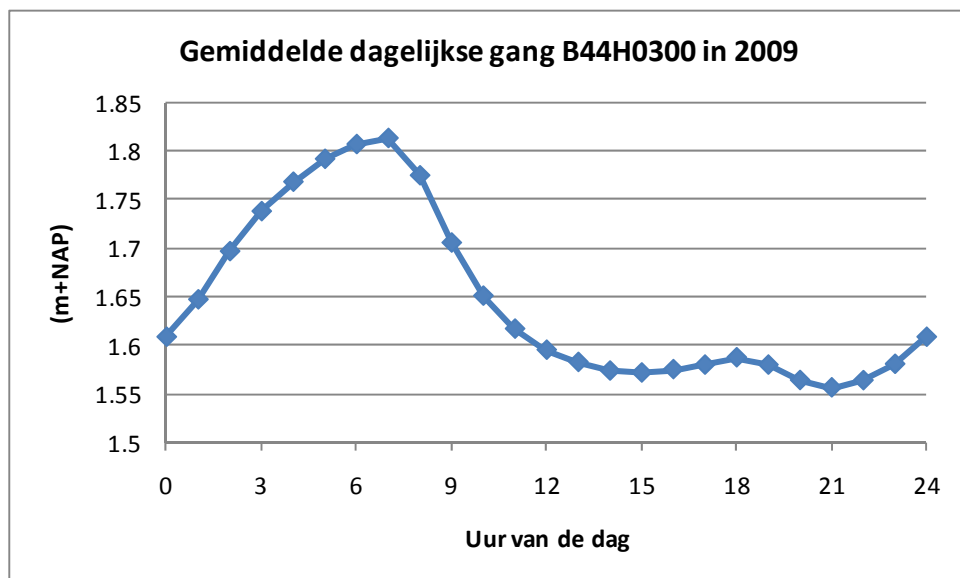
## **Beïnvloedingsfactoren**

Een grondwaterstand gaat omhoog onder invloed van neerslag. Wanneer het grondwater (al dan niet via wortels van een gewas) in contact staat met het maaiveld, zal verdamping een grondwaterstand doen dalen. Als het grondwater tot aan maaiveld stijgt, kan het via oppervlakkige afvoer relatief snel worden afgevoerd. Op dergelijke punten kan het grondwater dan niet hoger stijgen. Wel kan het zijwaarts komen toestromen. De grondwaterstand vlakbij die laagte zal zich voegen naar het water- of bodempeil van de laagte, op grotere afstand kan het grondwaterpeil hoger stijgen. Het zijwaartse potentiaalverschil dat op die wijze ontstaat, is de motor achter de toestroming naar de laagte. Tenslotte kan een grondwaterstand beïnvloed worden door een onttrekking op diepte, zoals een beregeningsput, industriële winningen of onttrekkingen voor de drinkwatervoorziening.

Sommige beïnvloedingsfactoren komen momentaan tot stand, anderen hebben enige tijd nodig om een veranderde instelling te bereiken. Zo zal verdamping zich 's morgens na zonsopgang langzaam naar een bepaalde flux toewerken. Een peilverandering in een waterloop zal vlak bij een stuw snel doorwerken, maar meer stroomopwaarts met een mate van traagheid, afhankelijk van de hoeveelheid water die in de betreffende waterloop moet worden verplaatst. Het aan- en uitschakelen van een winput roept een vrijwel momentane potentiaalreactie op in het diepere grondwater. In het algemeen stelt een diepe grondwaterpotentiaal zich snel in, terwijl een freatische grondwaterstand met een zekere traagheid reageert: er moet zich een fysieke hoeveelheid water uit de poriën wurmen voor een grondwaterstand lager is.

## Dagelijkse patronen

Bij onze winning in Waalwijk installeerden we voor het eerst in 2005 een aantal drukopnemers in vijftien waarnemingsbuizen. We ontdekten dat de grondwaterstanden op een aantal plaatsen een dagelijkse gang vertoonden. In figuur is deze dagelijkse gang voor peilbuis B44H0300 weergegeven.



Voor alle dagen in 2009 zijn de grondwaterstanden om 0:00 uur, 1:00 uur, enz. gemiddeld.

De winning in Waalwijk wordt niet continu bedreven. 's Morgens rond een uur of acht gaan een aantal winputten aan om de ochtendverbruikspiek op te vangen. Zodra in de loop van de dag de reinwaterkelder voldoende gevuld is, worden er geleidelijk wat putten uitgeschakeld. Soms worden er in de loop van de avond nog wat putten bijgeschakeld om voldoende zekerheid te hebben de nacht door te komen.

Peilbuis B44H0300 ligt circa 300 meter ten westen van het puttenveld. We waren verrast door de omvang van de dagelijkse gang in het watervoerend pakket: het gaat gemiddeld om decimeters. Vlakbij het puttenveld zal die dagelijkse gang nog groter zijn.

Het betekent dus dat de meetwaarde afhankelijk is van het tijdstip op de dag dat de peiling is uitgevoerd. In onze database stonden alle meetwaarden om 12:00 uur genoteerd. We hebben per februari 2009 gevraagd om het tijdstip van de meting te noteren. Dit leverde het volgende lijstje:

14-01-2009 12:00  
28-01-2009 12:00  
17-02-2009 12:00  
27-02-2009 12:00  
13-03-2009 10:00  
31-03-2009 08:15  
17-04-2009 08:59  
29-04-2009 08:30

19-05-2009 08:08  
29-05-2009 08:38  
15-06-2009 10:34  
24-06-2009 09:54  
14-07-2009 12:00  
28-07-2009 08:09  
12-08-2009 10:06  
28-08-2009 08:20  
15-09-2009 11:30  
25-09-2009 13:02  
15-10-2009 08:45  
29-10-2009 11:54  
16-11-2009 12:22  
27-11-2009 08:25  
16-12-2009 09:30  
30-12-2009 09:56

Het tijdstip van de meting varieert dus van 8:08 tot 13:02 uur. Ofwel het tijdstip van de meting beïnvloedt de grondwaterstand voor 20 cm. Daarbij gaat het niet eens zozeer om de vraag welke waarde goed is en welke fout, beide zijn goed, maar ook allebei niet representatief voor 'de' grondwaterstand op die dag.

### **Ruimtelijke betekenis**

Niet alleen in de tijd speelt er zo'n kwestie. Ook in de ruimte moet bedacht worden wat een grondwaterstandsmeting voorstelt. Eigenlijk weten we dat ook wel: als een waarnemingsbuis vlak naast een sloot staat, zal de gemeten grondwaterstand het peil in die sloot benaderen. In het midden van het perceel zal het grondwater het meest fluctueren, in de winter hoog, in de zomer laag. Net als in de tijd, is er in de ruimte niet één als 'de' grondwaterstand te benoemen.

Daarnaast mogen we het verticale aspect niet vergeten. Bij de meetreeksen van Waalwijk zien we buizen die wijzen op semi-spanningswater. Hier reageren de grondwaterstanden vrijwel momentaan op het aan- en uitschakelen van de putten, zoals we onder andere bij B44H0300 zien. Freatische buizen reageren traag. Het water moet fysiek tussen de bodemdeeltjes wegstromen voordat een daadwerkelijke daling van het grondwater wordt waargenomen. (Hier wreekt het zich dat ik zo onnauwkeurig formuleer: feitelijk is er op één punt maar één grondwaterstand, en dat is de freatische grondwaterstand. Met diepere waarnemingsbuizen meten we feitelijk grondwaterpotentialen, maar dat is een woord dat zo slecht communiceert)

In Waalwijk hebben we ooit een weerstand van 90 dagen vastgesteld tussen freatisch water en het water in het pompde pakket.

Laten we aannemen dat op enig moment de potentialen van freatisch water en dieper water gelijk zijn. Als vervolgens de putten aanschakelen, zal de potentiaal in het pompde pakket vrijwel momentaan dalen, laten we voor het gemak zeggen van 0,45 meter. Op die manier ontstaat een potentiaalverschil van 0,45 meter naar beneden, en dus een flux van 0,45 gedeeld door 90 is 5 mm/dag. Als we uitgaan van een freatische

bergingscoëfficiënt van 10% (de ruimte die tussen de bodemdeeltjes gevuld of geleegd moet worden om de grondwaterstand fysiek te realiseren), betekent dit dat de grondwaterstand onder invloed van dit potentiaalverschil 0,05 meter in een dag kan dalen. De pompput staat echter niet de hele dag aan: na acht uur is de reinwaterkelder voldoende vol en schakelt de put weer uit. In het bepompde pakket springt de potentiaal vrijwel momentaan terug naar het oorspronkelijke niveau. In het freatische pakket is het grondwater dan 0,017 meter gedaald, en zal vanaf dat moment de daling omslaan in een zeer trage stijging. Waar we in het bepompde pakket dus een dagelijkse gang hebben van 45 cm, zien we in het freatische pakket een dagelijkse gang van nog geen 2 cm, het is de vraag of wij die ook echt waarnemen.

Let wel: het gaat hier om een 'weerstandbiedende laag' met een beperkte weerstand van een schamele 90 dagen. Deze weerstandbiedende laag bestaat uit lemige laagjes in de Formatie van Boxtel, de vroegere Nuenen-formatie. Dat zijn de bovenste circa 5 meter van de bodem, feitelijk staan de freatische buizen ook in dit pakket. Het echte freatische water vinden we dan ook alleen in de bovenste centimeters grondwater. Onze waarnemingsfilters zijn echter 1 à 2 meter lang, en hebben we zo diep geplaatst dat ze nooit droog vallen. Dus als de weerstandbiedende laag vijf meter dik is, en het filter tussen 1 en 3 meter -mv geplaatst is, staat de onderkant van het filter op 60% onder de bovenkant van de laag. Tsja, wat is dan nog die 90 dagen waard? In hoeverre weerspiegelt de daar waargenomen stand nog echt een freatische waarde??

## **Hoe gebruiken we een grondwaterstand?**

Van een meetreeks kunnen we een tijd-stijghoogtelijn maken. We zetten dan elke puntwaarneming in de tijd uit tegen die tijd, en verbinden alle punten met elkaar. Dat geeft ons een beeld van de fluctuatie, en vervolgens kunnen we daar statistiek op los laten. De statistiek die we op grondwaterstanden toepassen is helemaal vergroeid met de halfmaandelijke waarnemingen: een GHG beschouwt de drie hoogste waterstanden in een jaar, en dat dan weer over een meetperiode van acht jaar. De combinatie van GHG met GLG levert dan weer een Grondwatertrap op. Die grondwatertrap-interpretaties kunnen we dan ruimtelijk met elkaar verbinden, en daar kunnen we dan een kaart van maken.

Overigens hoeven we de standen niet eerst statistisch te interpreteren voordat we ze ruimtelijk verbinden: we kunnen voor één bepaalde datum alle gemeten standen ruimtelijk met elkaar in verband brengen. Ik wil in deze fase van dit artikel nog niet praten over goed of fout, maar het moge duidelijk zijn dat met de hierboven omschreven variaties in ruimte en tijd er meerdere kaartbeelden afgeleverd kunnen worden.

Op twee specifieke toepassingen wil ik iets nader ingaan:

- tijdreeksanalyse
- modelkalibratie

## Tijdreeksanalyse

Een ingreep op het watersysteem kan een effect hebben op een grondwaterstand op een bepaald punt. Sinds het proefschrift van Kees Maas spreken we over een impuls die een bepaalde respons geeft. Bedoeld worden impulsen als het veranderen van een peil in een sloot, een regenbui, het aan- of bijschakelen van een onttrekking. Het uitvoeren van een tijdreeksanalyse begint met het verzamelen van grondwaterstanden en van de impulsgegevens. Als er voldoende gegevens beschikbaar zijn, wordt er een programma als Menyanthes op de gegevens los gelaten. In principe zonder hydrologische input worden er getalsmatige verbanden gezocht, de parameters van de reactie (snelheid en omvang) worden bepaald uit rekenkundige optimalisatie.

In de praktijk hebben we onze impulsdata maar matig op orde. Voor de neerslag kennen we dagcijfers, voor onze onttrekkingen mogen we al blij zijn als er dagcijfers zijn. Ik ken analyses die op maandhoeveelheden zijn uitgevoerd. Peilveranderingen in het oppervlaktewater kennen we nog slechter: we kennen een theoretisch zomer- en winterpeil, en nemen voor het gemak aan dat 1 mei en 1 november de schakelmomenten zijn. In de praktijk zal een beheerder het schakelmoment laten afhangen van de watersituatie op dat moment, waarbij er mogelijk ook waterpeilen tussen het gedefinieerde zomer- of winterpeil mogelijk zijn. Nog erger wordt het als een zomerpeil helemaal niet gehaald wordt, omdat het water zo ver wegzakt dat het niet meer over een stuw stroomt, of een waterloop zelfs helemaal droog valt.

Als we dit soort grove impulsinformatie loslaten op een grondwaterstandsreeks, die bestaat uit een serie meetwaarden, verkregen op concrete tijdstippen op één meetpunt, hoe groot is dan de kans dat er een correcte respons door het programma wordt bepaald??

Volgens mij kan een tijdreeksanalyse alleen een resultaat opleveren wat overeenkomst met de werkelijkheid vertoont, als impuls en respons op de relevante tijdschaal worden beschouwd. Met het beschikbaar komen van geautomatiseerde grondwaterstandsmetingen wordt het ook praktisch uitvoerbaar om de relevante tijdschaal te bepalen en de metingen op die tijdschaal uit te voeren.

## Modelkalibratie

Een andere weg om de invloed van een ingreep te bepalen is hydrologische modellering. We schematiseren een bodemopbouw tot (bij analytische modellen) een aantal lagen of (bij numerieke modellen) een groot aantal cellen. Al die eenheden krijgen een aantal parameterwaarden toegewezen. Vervolgens kan een grondwaterstandsverloop worden berekend, sowieso in de ruimte, en bij instationaire berekeningen ook in de tijd.

Het kan wel eens handig zijn om het tijdsaspect buiten beschouwing te laten. Variatie in de tijd vermenigvuldigt de hoeveelheid te verzamelen informatie, de invoer en rekentijd. We berekenen dan één ruimtelijk verdeelde grondwaterstand, die ontstaat als alle impulsen oneindig lang voortduren, ofwel als er evenwicht is bereikt.

Vroeg of laat komt er een fase dat het rekenresultaat geconfronteerd wordt met gemeten waarden. De vraag is nu hoe we dat moeten doen. De gemeten grondwaterstand heeft immers een zekere relatie met de afstand tot een fysiek aanwezige sloot. Ten behoeve van de modellering kan de invloed van die sloot in het model verplaatst zijn naar het knooppunt van de betreffende cel (zoals we bij MODFLOW doen), of 'gladgestreken' worden in een drainage- of lekweerstand, zoals we vaak bij analytische modellen doen.

Stel dat we een MODFLOW-modelnetwerk hebben met cellen van 250 x 250 meter, ik kom dat in mijn praktijk nog wel eens tegen. Het model berekent dan per 6,25 hectare één grondwaterstand. Stel dat er binnen die 6,25 hectare één grondwaterstandsbuis staat. Doorgaans staat zo'n buis er niet zonder reden. Die reden is vrijwel nooit de modelkalibratie, blijkbaar was er ooit een grondwatervraag die tot plaatsing van die buis heeft geleid. Het zou bijvoorbeeld grondwateroverlast zijn, waarbij mensen wilden weten hoe hoog het water ten opzichte van maaiveld kan komen. In dat geval zal die buis niet op het hoogste punt van die cel staan, maar juist in een laagte, omdat daar het probleem van te hoge standen ten opzichte van maaiveld het meest duidelijk wordt waargenomen. Er van uitgaande dat de grondwaterstanden het maaiveld in gedempte vorm volgen, mag worden aangenomen dat zo'n buis een voor die 6,25 hectare relatief lage grondwaterstand laat zien. Een representatieve stand voor die hele cel (en dan nog in relatie met zijn omgeving: dat rekent MODFLOW immers uit) zal in dat geval hoger moeten zijn dan de waarde die in dat ene punt wordt waargenomen. Met andere woorden: de betreffende meting bevat wel informatie over de representatieve grondwaterstand, maar is er niet gelijk aan.

Hoe het wel moet? Ik weet het ook niet precies. Het zou gezocht kunnen worden in een combinatie van analytisch rekenen met numeriek. Stel dat we per cel een analytische weergave van alle topografie kunnen opstellen, met randvoorwaarden vanuit omliggende cellen uit het numerieke model; dan zouden we daar een representatieve stand uit kunnen halen met de relatie uit de waarden die in het betreffende meetpunten worden gemeten.

Een tweede belangrijk aspect bij een kalibratie van een stationair model is hoe je uit een meetreeks een stationaire grondwaterstand destilleert. De gangbare praktijk was doorgaans dat we een min of meer gemiddeld jaar namen qua neerslag en verdamping, daar de gemiddelde grondwaterstand van bepaalden, en dat tot stationaire grondwaterstand benoemden. Er zijn situaties waar dat opzichtig fout gaat. In een continu bewegend, ademend, schakelend en peilveranderend watersysteem wordt er immers nooit een evenwicht bereikt.

Een manier om dit op te lossen is het vooraf uitvoeren van een tijdreeksanalyse. Dit kan twee doelen dienen: ten eerste het filteren van grondwaterstandsreeksen die iets zinnigs vertellen over de modelparameters. Een tijdje terug hadden we te maken met een meetreeks die af en toe 2 meter lager stond dan doorgaans. We wilden de opnemer van de grondwaterstanden al vermanend gaan toespreken toen we er achter kwamen dat de waarnemingsbuis vlakbij een beregeningsput staat. Als we deze waarnemingsbuis gebruikt zouden hebben zonder de berekening in het model in te brengen, heeft dat gevolgen voor de uitkomst van de kalibratie: de parameterwaarden zouden die omissie willen corrigeren. De extra verlaging zou niet onwaarschijnlijk aan de win-

ning worden toegewezen, met waarschijnlijk een lagere kD-waarde tot gevolg. Met een tijdreeksanalyse controleren we of een grondwaterstand te verklaren is met de ingrepen die we kennen en dus in het model hebben opgenomen. Doorgaans zijn dit neerslag en verdamping, peilveranderingen en onttrekkingen. Als uit de tijdreeksanalyse volgt dat de grondwaterstand niet uit deze ingrepen verklaard kan worden, wordt de stand blijkbaar bepaald door factoren die we niet in het model hebben opgenomen. Dat kan een berekening zijn, een illegale inlaat, een bronbemaling, of andere zaken die we over het hoofd zien. Als een tijdreeks significant beïnvloed wordt door andere factoren dan in het model zitten, moeten we die reeks niet gebruiken om de parameterwaarden van het model te kalibreren.

Behalve dat een tijdreeksanalyse de reeksen filtert, levert het nog een product op: het bepaalt immers reactiecurves op ingrepen. Als een winning aanschakelt, daalt de grondwaterstand met een bepaalde helling naar een stationair eindniveau. Tijdreeksanalyse leidt uit een veelheid van ingrepen onder meer de helling en het eindniveau af. Dit eindniveau kunnen we goed gebruiken: het is namelijk het stationaire eindniveau van de betreffende impuls. Met andere woorden: we kunnen voor elk debiet, bij elke neerslag/verdamping, bij elke peilwisseling vaststellen wat het eindniveau moet zijn als de ingreep oneindig lang in stand blijft. Dit is per definitie de stationaire grondwaterstand in zo'n buis.

Inmiddels heeft deze manier van kalibreren de naam gekregen van 'kalibreren op het structureel niveau'. Er staan hydrologen op die roepen dat dit de enige juiste manier van (stationair) kalibreren is. Op de theorie is niks aan te merken, maar het legt wel een zware lading op een correcte tijdreeksanalyse. Er moet wel voldoende kennis zijn van de ingrepen (de impulsen) en de tijdschaal waarop de grondwaterstanden reageren. Hoewel op zich dus een stap voorwaarts, is het ook wel weer een verschuiving van het probleem.

Bovendien resteert de vraag wat je moet met punten waar de grondwaterstand door andere ingrepen wordt bepaald. Voor mij staat vast dat je de bodemparameters er in ieder geval niet op moet kalibreren. Met de gekalibreerde grondwaterstanden kun je berekenen wat een grondwaterstand zou moeten zijn als het meetpunt wel uitsluitend op de gemodelleerde ingrepen zou reageren. Met dat verschil tussen gemeten en berekende waarden kan de modelleur gericht op zoek gaan welke ingreep ten onrechte verwaarloosd is. Uiteindelijk doel is alle waarnemingsbuizen te kunnen gebruiken, of in ieder geval een zodanig netwerk van meetpunten dat er geen structurele gaten vallen.

Komende tijd wordt er met deze methode nader ervaring opgedaan. In West-Brabant wordt op deze wijze gekalibreerd, en ook Stichtse Rijnlanden is begonnen met deze manier van kalibreren. Graag komen we er nog eens op terug zodra er resultaten beschikbaar komen.

## **Concluderend**

In het verleden hebben we te makkelijk aangenomen dat een meting representatief is voor een bepaalde ruimte en een bepaalde tijdsduur. Ook al zijn de metingen zelf



correct, er kunnen fouten van decimeters geïntroduceerd worden door de interpretatie dat het een dagwaarde is die representatief is voor een gebied van meerdere hectares. Een grondwaterstand zegt daardoor niks zonder kennis van het hydrologische systeem. Een hydroloog moet kunnen beoordelen wat de plaats van de betreffende meting is in het systeem, en dan gaat het zowel om ruimte als tijd. Andersom kan die systeemkennis niet alleen verkregen worden zonder metingen. Zo wordt de opbouw van systeemkennis een interactief proces tussen meten en interpreteren en opnieuw meten.

Dankzij het beschikbaar komen van intensief bemeten geautomatiseerde meetreeksen, kunnen we in de nabije toekomst dit aspect beter bij onze interpretaties betrekken.

## **Verantwoording**

Dit artikel is een combinatie van eigen waarnemingen en de dingen die ik er over geleerd heb in mijn gesprekken met collega-hydrologen. Behalve mijn directe collega's bij Brabant Water zijn dat onder meer Kees Maas, Frans Schaars en Mark Bakker geweest. De term 'structureel niveau' schijnt van Harry Rolf te komen, maar met hem heb ik er zelf nooit over gesproken. In mijn beleving is die manier van werken nog nergens goed beschreven; wordt het niet eens tijd dat iemand dat gaat doen? Jos van Asmuth maakt me er op attent dat ik voorbij ga aan de onnauwkeurigheden van de metingen met drukopnemers, waar hij gelijk in heeft. Een nieuwe techniek lost problemen op, maar introduceert vaak ook weer nieuwe.

