

Virtuele hydrologie

Ondergetekenden zijn het met Kees Maas¹⁾ eens dat een platform zoals de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek (CHO) nuttig kan zijn om kennis uit te wisselen. Daarbij moet worden nagedacht hoe deze kennis voor langere tijd kan worden vastgehouden. Een belangrijk deel van de kennis die indertijd via de technische bijeenkomsten van de CHO is uitgewisseld en is vastgelegd in haar verslagen, is momenteel wellicht niet meer paraat.

Tijdens de 17e CHO-bijeenkomst (1963) is een aantal aspecten met betrekking tot de wiskundige beschrijvingen en berekeningen van grondwaterstroming en modelonderzoek behandeld.

Door Veltkamp²⁾ is indertijd de volgende slotopmerking gemaakt: "Voor de toepassing van wiskunde op techniek is voor alles - en veel meer dan kennis van wiskundige technieken - inzicht nodig. Inzicht in de betekenis van berekeningen en in de relatie tussen wiskundig model en fysische werkelijkheid. Het is niet zo moeilijk om, uitgaande van een technische situatie, een wiskundig probleem te formuleren dat aanleiding kan geven tot (wiskundig) interessante bespiegelingen en berekeningen. Evenmin is het soms moeilijk om uit zuiver kwalitatieve redeneringen of op grond van 'praktijkervaringen' vergaande conclusies te trekken. Maar er is groot inzicht nodig om een doelgerichte wiskundige behandeling van een technisch probleem op te zetten, tijdig te zien dat bepaalde lijnen van onderzoek onvruchtbaar zijn omdat daar het contact met de realiteit verloren dreigt te gaan en aan te geven hoe het dan wel moet. Het zal voor een groot deel van de aanwezigheid van dit inzicht bij wiskundigen en ingenieurs afhangen, hoe de wiskundige hydrologie zich verder zal ontwikkelen." Dit geeft aan dat voor hydrologische vraagstukken wiskunde bij verkeerd gebruik geen perfecte scheidsrechter hoeft te zijn. Daarnaast ondergraaft dit inzicht een stelling als 'ik geloof het pas als ik het uit kan rekenen'.

Met betrekking tot modelonderzoek komt Santing³⁾ tijdens dezelfde CHO-bijeenkomst tot het volgende: "In beginsel zijn ook digitale rekenmachines voor het oplossen van grondwaterstromingsvraagstukken te gebruiken. Het vraagstuk dient dan eerst met behulp van numerieke technieken te worden geanalyseerd om de uitgangsgegevens, de 'informatie', voor de rekenmachine te krijgen; een niet eenvoudig werk dat meestal door specialisten moet gebeuren. Een verder nadeel van de rekenmachine is, dat de door de machine uitgevoerde bewerking geen direct verband houdt met het werkelijke verloop van het technische of fysische probleem. In een analogiemodel daarentegen heeft elke fase in de oplossing een rechtstreekse relatie tot een fase in het nagebootste stromingsgeval. Gedurende de proef wordt dus een inzicht verkregen in de loop van het verschijnsel. In een analogiemodel kunnen ook tijdens de proef nog uitgangsgegevens worden veranderd; bij de digitale rekenmachine is dat niet mogelijk. Wel is de rekenmachine zeer veel nauwkeuriger dan een analogiemodel, doch een dergelijke nauwkeurigheid is voor hydrologische vraagstukken zinloos."

Tegenwoordig zouden we zeggen dat, in tegenstelling tot bijvoorbeeld schaalmodellen, computermodellen betrekking hebben op een virtuele werkelijkheid die niet overeen hoeft te komen met de reële werkelijkheid. De hydrologische computermodellen vormen een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid, maar kunnen gezien de meer of mindere afwezigheid van rechtstreekse fysische relaties en/of data deze werkelijkheid nooit exact benaderen. Computermodellen kunnen gebruikt worden om hydrologische vraagstukken inzichtelijk te maken. Er zal echter nooit iets anders uit kunnen komen dan wat er aan kennis in is gestopt en dan nog alleen binnen het geldigheidsgebied waarvoor de vereenvoudiging is ontwikkeld. Computermodellen lijken echter in toenemende mate gebruikt te worden om er hydrologische kennis aan te ontlenen. Indien hierdoor de resultaten van computermodellen als bewijs worden gebruikt, wordt de virtuele werkelijkheid als reële werkelijkheid gezien, iets dat ook in 1963 als probleem werd onderkend.

Juist dit heeft tot gevolg gehad dat we met onze freatische grondwaterstandsmetingen zijn gaan afwijken van hetgeen onder andere Hooghoudt indertijd heeft uitgezocht⁴⁾ (CHO-TNO, derde bijeenkomst). Hierdoor zijn we in een aantal gevallen peilbuizen met een te diep filter ten onrechte gaan gebruiken als zijnde een freatische grondwaterstandfilter. Op basis van een onderzoek naar grondwatergegevens van duizenden peilbuizen in Noord-Amerika is geconstateerd dat meer dan tweederde van de peilbuizen die sinds het eind van de jaren 70 daar zijn geplaatst, één of meerdere problemen hebben met betrekking tot plaatsingseisen en derhalve niet kunnen worden gebruikt voor het doel waarvoor ze zijn geplaatst. Veel van de voor deze peilbuisgegevens afgeleide grondwaterstanden, doorlatendheden of kwaliteitsgegevens bleken niet representatief. De consequenties hiervan zijn: onjuiste grondwaterstand- of stijghoogtekaarten (en hiermee samenhangende onjuiste

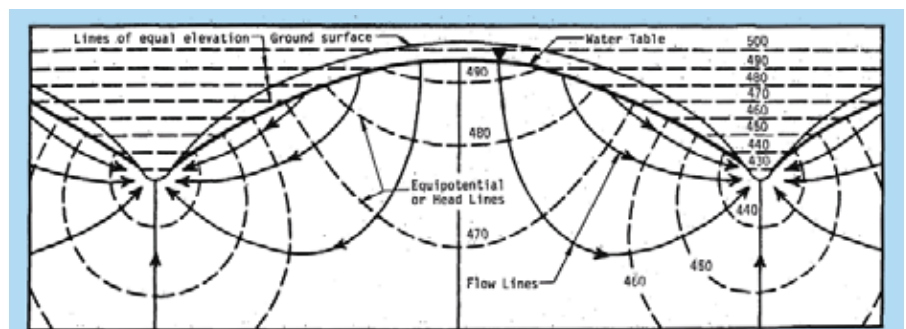
stromingsrichtingen en gradiënten) die misleidend werken, onjuiste stroomsnelheidsberekeningen die misleidend werken én onjuiste grondwaterkwaliteitsgegevens die misleidend werken⁵⁾.

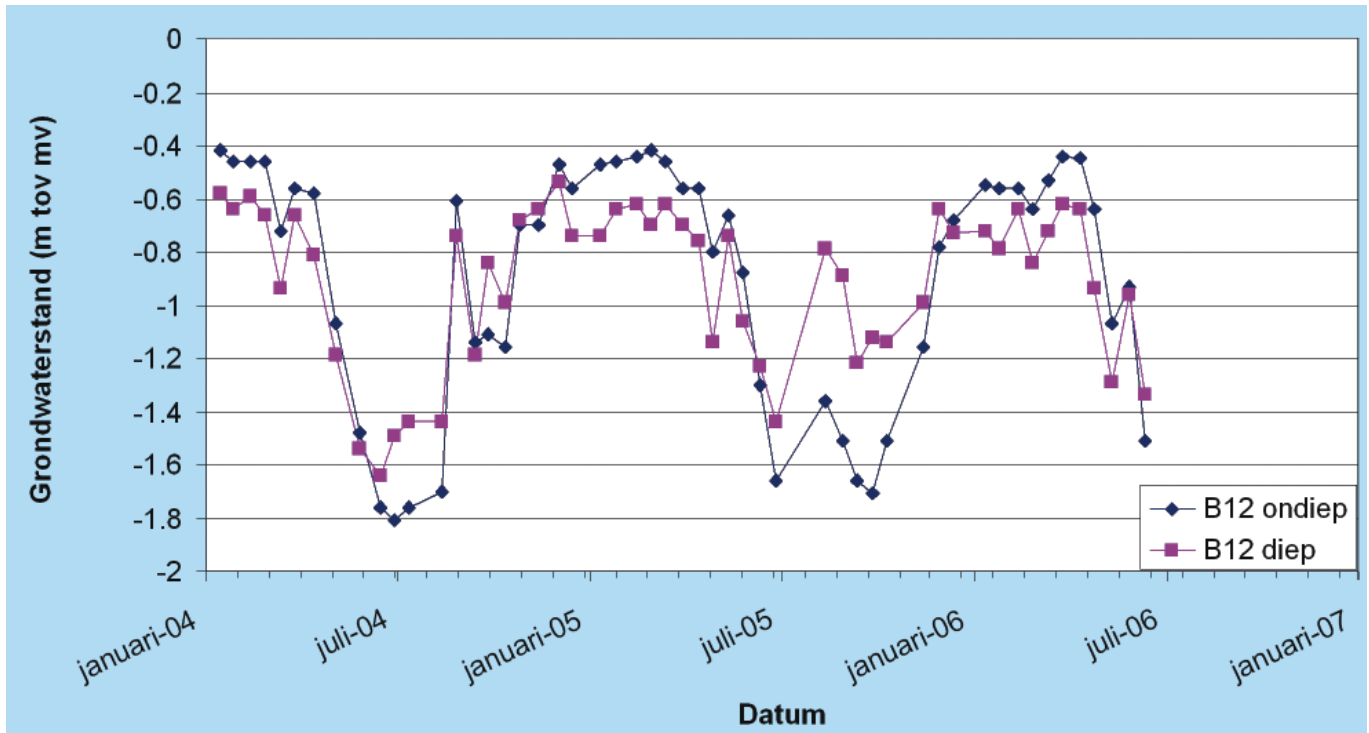
Eén stapje verder is de conclusie dat modellen die bijvoorbeeld door onjuiste grondwaterstands-informatie onderhevig zijn aan numerieke verdroging, óók resulteren in misleidende informatie die de gebruiker op het verkeerde been kunnen zetten. Hierbij gaat het niet zozeer om de algemeen aanvaarde geohydrologische uitgangspunten, de vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid, maar om het effect van het niet meenemen van niet algemeen gekende en geaccepteerde processen in modellen en/of onvolkomenheden in de modelinvoer. Dit heeft weer allerlei mogelijke gevolgen, die voor een groot deel beschreven zijn in het artikel 'Oorzaak en gevolg van numerieke verdroging'⁶⁾.

Een ander aspect dat we voor ogen moeten houden, is dat hydrologische modellen dermate complex geworden zijn dat de modelleur er steeds moeilijker op kan toezien in hoeverre de uitkomsten correct zijn. Dit geldt ook voor degene die dit soort studies moeten beoordelen. Dit fenomeen wordt ook genoemd als één van de oorzaken van de financiële crisis: de financiële producten zijn dermate ingewikkeld geworden dat de toezichthouders niet meer in staat bleken deze producten te controleren.

In de reactie wordt expliciet aangegeven dat, omdat het niet harder gaat regenen, een grondwaterwinning geen effect op stijghoogteverschillen heeft. Deze redenering is alleen verdedigbaar in droge gebieden zonder afvoer, mits de verticale weerstand gelijk blijft en de weerstandsbiedende lagen geen effect hebben op de verdamping. Dat deze redenering niet algemeen verdedigbaar is, wordt snel duidelijk aan de hand van een beekdal met kwel. Het potentiaalverschil en de kwelflux worden vaak beïnvloed door de

Afb. 1: Schematische weergave van het stromingspatroon in uniform doorlatend materiaal tussen het brongebied (wegzijingsgebied) en het ontvangende gebied (kwelgebied)^{7),8)}.





Afb. 2: Stijghoogteverloop in peilbuizen met een filter boven (ondiep) en onder (diep) een keileemlaag nabij het Fochteloërveen⁹⁾.

aanwezigheid van een slecht doorlatende laag. De invloed van een grondwaterwinning onder deze slecht doorlatende laag zal voor het kwelgebied tot gevolg hebben dat, mits de onttrekking voldoende groot is, de kwel zal omslaan naar wegzijging. Dit gebeurt omdat de stijghoogte onder een slechtdoorlatende laag als gevolg van de grondwaterwinning verandert en daarmee het stijghoogteverschil ook verandert. In de kwelsituatie is de diepe stijghoogte veelal hoger dan de ondiepe stijghoogte en in een wegzijgingssituatie is de diepe stijghoogte altijd lager dan de ondiepe stijghoogte. Met betrekking tot de effecten van drinkwaterwinningen is het de vraag in hoeverre freatische pakketten echt freatisch zijn of beïnvloed worden door ondiepe voorkomende weerstandbiedende lagen. Het belang van deze lagen kan in de tijd variëren, waardoor ook de weerstand niet constant is in de tijd. Daarnaast kunnen deze lagen tot gevolg hebben dat een deel van het regenwater via oppervlakkige of ondiepe afvoer uit het gebied verdwijnt, hetgeen van invloed is op de grondwateraanvulling en het beïnvloede gebied. Nader onderzoek naar het effect van een grondwaterwinning op de grondwaterstand bij de aanwezigheid van weerstandbiedende laagjes kan worden uitgevoerd middels een pompproef.

Op basis van de theorie over grondwaterstroming kunnen we concluderen dat stijghoogteverschillen ook in homogene watervoerende pakketten overal en nagenoeg altijd, met uitzondering van de overgang van wegzijging naar kwel, voorkomen (zie afbeelding 1). Indien duidelijke weerstandbiedende lagen voorkomen zijn momenteel enige recente meetgegevens beschikbaar die het verloop van stijghoogteverschillen

kunnen illustreren (zie afbeelding 2). Uit deze grafiek komt duidelijk naar voren dat stijghoogteverschillen nagenoeg altijd voorkomen. Deze kunnen als gevolg van de lokale situatie omslaan van kwel in de zomer naar wegzijging in de winter. Het is dan ook niet zozeer de vraag waar en wanneer stijghoogteverschillen voorkomen, maar de vraag of stijghoogteverschillen verwaarloosd mogen worden. Hierbij spelen relatief ondiepe weerstandbiedende laagjes een rol, aangezien deze de stijghoogteverschillen vergroten.

Oproep

Wij zien het als uitdaging om op basis van de reële praktijk kennis onze modelconcepten en/of invoergegevens te verbeteren. Om deze discussie concreter te maken, willen we de Nederlandse hydrologie oproepen om de in het H₂O-artikel "Omgekeerde hydrologie"¹⁰⁾ gepresenteerde casus te modelleren. Wij stellen de bodemprofielgegevens, gemeten grondwaterstandsgegevens en neerslaggegevens beschikbaar. We gaan er van uit dat het drinkwaterbedrijf haar peilbuisgegevens beschikbaar stelt. Wij willen vragen om een model te bouwen waarbij de ondiepe meetgegevens niet en een model waarbij ze wél worden meegenomen. Wij zijn geïnteresseerd in hoeverre voor beide situaties de gemeten stijghoogteverschillen kunnen worden gereproduceerd met het gebruikte model. Binnen Alterra zullen wij deze exercitie uitvoeren met het model SWAP.

We stellen voor om over enige tijd de bevindingen onderling te delen in een workshop.

Jaco van der Gaast, Henk Vroon en Harry Massop (Alterra)

NOTEN

- 1) Maas K. (2008). Omgekeerde hydrologie? H₂O nr. 22, pag. 36.
- 2) Veltkamp G. (1963). Wiskundige beschrijving en berekening van grondwaterstromingen. CHO-TNO. Verslag technische bijeenkomsten 17.
- 3) Santing G. (1963). Modelonderzoek. CHO-TNO. Verslag technische bijeenkomsten 17.
- 4) Van der Gaast J., H. Massop en H. Vroon (2008). Weerwoord bij "Kanttekeningen bij 'Oorzaak en gevolg van numerieke verdroging'" H₂O nr. 9, pag. 22-24.
- 5) Nielsen D. (2006). Practical handbook of environmental site characterization and groundwater monitoring. CRC Press.
- 6) Van der Gaast J., H. Vroon en H. Massop (2008). Oorzaak en gevolg van numerieke verdroging. H₂O nr. 5, pag. 51-56.
- 7) Hubbert M. (1940). The theory of ground-water motion. Journal of Geology jaargang 48, nr. 8, pag. 785-944.
- 8) Saines M. (1981). Errors in interpretation of ground-water level data. Ground-Water Monitoring Review nr. 1, pag. 56-61.
- 9) Van der Gaast J. en E. Kiestra (2008). Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het kader van de inrichting van de EHS in de westelijke randzone van het Fochteloërveen. Alterra. Rapport 1722.
- 10) Van der Gaast J., H. Vroon en H. Massop (2008). Omgekeerde hydrologie. H₂O nr. 20, pag. 33-35.