

overwegingen van de andere plannings- en onderhandelingspartners.

Het rapport wordt afgesloten met conclusies, aanbevelingen en adviezen voor opvolging. Gekoppeld daaraan is een inventarisatie van de belangrijkste kennisvragen. De eindresultaten zullen worden ingebracht in de intergouvernementele bijeenkomsten van de waterprogramma's van UNESCO en WMO. Verder kan het worden gebruikt voor andere internationale onderzoeksprogramma's zoals het 7^e Kaderprogramma van de Europese Commissie, en voor de meer

nationale programma's als Leven met Water en de programma's van Rijkswaterstaat.

Het rapport kan op verzoek kosteloos worden toegezonden. Aanvragen bij: Secretariaat Nationaal Comité IHP-HWRP, p/a KNMI, Postbus 201, 3730 AE De Bilt, fax (030) 221 08 43, ihp.hwrp@knmi.nl.

*Frans van de Vel
Michael van der Val*

Rare reeksen

Geachte redactie,

Er staan in ons lijfblad STROMINGEN haast altijd wel stukken die tot inspiratie, gefilosofeer of commentaar leiden. Ik voel de inspiratie om op een paar zaken in STROMINGEN 11 (2005), nummer 2 enig commentaar te geven.

1 Editorial 'Water en lucht'

Harry Boukes geeft in de Editorial een beschouwing die misschien een aantal spijkers op de kop slaat, maar doet ook een uithaal naar adviesbureaus die mij toch wel in het verkeerde keelgat schiet. Het zijn niet alleen adviesbureaus die aan hydrologisch onderzoek en modellering doen met de kans om daarin niet 'eenduidig betrouwbaar' te zijn, wat dat laatste dan ook moge betekenen. Betrouwbaarheid is altijd gekoppeld aan de fout die je bereid bent te accepteren in een hydrologisch onderzoek. Dat geldt eveneens voor hydrologisch onderzoek dat door anderen dan alleen maar adviesbureaus wordt gedaan.

2 Rare reeksen

De artikelen in het thema over 'Rare reeksen' blijken altijd te boeien. Het lijkt niet altijd eenvoudig om goede verklaringen voor afwijkend gedrag te achterhalen. Hiervoor is een goed begrip van de achterliggende fysica in mijn ogen nog steeds het belangrijkste.

In het laatste artikel van Perry de Louw en Roelof Stuurman (STROMINGEN 11 (2005), nummer 2) staan een paar uitspraken over grondwaterstroming en stijghoogten die ik als hydrologen onder elkaar toch wel ter discussie zou willen stellen.

Op blz. 51 in 'De verklaring' staat in de eerste zin: "De stijghoogte in een bepaalde watervoerende laag wordt in hoofdzaak bepaald door de hoeveelheid water die de laag in en uitstroomt en de bergingscoëfficiënt." Naar mijn mening is dat gewoon onjuist. Als we teruggaan naar de basiswet van Darcy, dan wil ik het volgende in overweging geven:

- a Drukverschillen veroorzaken grondwaterstroming en niet omgekeerd;
- b Stijghoogten in watervoerende pakketten worden vooral bepaald door de randcondities (op afstand) en niet door verticale stroming vanuit de freatische zone.

Veranderingen van stijghoogten kunnen ook veroorzaakt worden zonder dat daar stro-

ming aan te pas komt. Ik heb daar eerder in STROMINGEN een artikel over gepubliceerd en wil daar toch even aan refereren (STROMINGEN 5, 1999, nummer 4). Stijging van het freatisch grondwaterpeil (dit is ook een randconditie) leidt instantaan tot een verhoging van de stijghoogte in onderliggende watervoerende pakketten, zonder dat daar enige stroming aan te pas komt. Het is simpelweg het gevolg van krachtoverdracht. Naarmate een slecht doorlatende laag slechter doorlatend is, des te groter is de tijdschaal waarop dit effect een rol speelt, en des te meer moet er rekening mee worden gehouden in de modellering (hoewel dit voorzover mij bekend ten onrechte in geen enkel niet-stationair model wordt meegenomen). Indien in een watervoerend pakket met semi-spanningswater een (tijdelijke) wateroverspanning ten opzichte van de gemiddelde situatie ontstaat door verhoging van de freatische grondwaterspiegel (door drukoverdracht dus en geen stroming), wordt die overspanning langzaam opgeheven doordat er zijdelings water uit de watervoerende laag wordt geperst en korrelspanning de druk overneemt. Het is daarbij dus niet zo dat de verhoging van stijghoogte juist wordt veroorzaakt door wateraanvoer vanuit de freatische zone. Indien het freatische niveau hoger is dan de stijghoogte van het diepere pakket is er natuurlijk wel een stroming omlaag, maar dat is niet de veroorzaker van het drukverschil. Ook als de stijghoogte van het diepere grondwater gemiddeld hoger zou zijn dan het freatisch niveau, treedt er door drukoverdracht een verdere verhoging van de stijghoogte op als het freatisch niveau omhoog gaat. Omdat ook het vochtgehalte in de onverzadigde zone een rol speelt (gewicht), is het zelfs zo dat de stijghoogte van het diepere pakket eerder reageert op neerslag dan het freatisch niveau. Drukveranderingen aan het maaiveld worden dus dwars door slecht doorlatende lagen heen gewoon naar het diepe grondwater over-

gedragen.

Even een gedachte-experiment: Stel een voetbalveld voor met een zeer slecht doorlatende laag op 10 m onder maaiveld en daaronder een mooi watervoerend pakket. Zet op elke vierkante meter veld een voetballer met een gewicht van 100 kg, dan gaat onder de middenstip de stijghoogte in het watervoerend pakket instantaan met 10 cm (0,1 m) omhoog zonder dat daar enige stroming aan te pas komt. (N.B. de afmetingen van het voetbalveld zijn groot t.o.v. de diepte van de slecht doorlatende laag, waardoor het voetbalveld voor wat betreft het instantane effect bij de middenstip als oneindig uitgestrekt mag worden beschouwd.) Hetzelfde effect zou zich ook voordoen als er in korte tijd een regenbui van 10 cm valt. De druk van dat gewicht moet ook verticaal worden doorgegeven.

Tot zover deze bespiegelingen,

Vriendelijke groeten,

Hans Leenen
DHV Water BV

Reactie op de reactie van Hans Leenen (Rare Reeksen 4)

We zijn blij met de reactie van Hans Leenen omdat het fenomeen drukverplaatsing ons ook altijd bezig houdt bij het analyseren van tijdreeksen. Voorbeelden waarbij het voorbij komen van een trein, het storten van een hoop zand of andere directe belastingen op het maaiveld, een tijdelijk effect hebben op de stijghoogte zijn wel bekend. Wij geloven echter niet dat dit proces onder natuurlijke omstandigheden (drukverandering door neerslag of atmosferische drukverandering) van significant belang is voor de grondwaterstroming.

Stroming door stijghoogteverschil of omgedraaid: kip of ei?

Hans Leenen is het oneens met de door ons gebruikte zin “De stijghoogte in een bepaalde watervoerende laag wordt hoofdzakelijk bepaald door de hoeveelheid water die de laag in en uitstroomt en de bergingscoëfficiënt” en staft dit met de basiswet van Darcy “Drukverschillen veroorzaken grondwaterstroming en niet omgekeerd”. Volgens ons hoeven beide gedachten hier niet met elkaar te botsen. Wij gebruikten de zin om de stijghoogtefluctuatie in een spanningspakket te verklaren. Wij stellen het proces als volgt voor: door neerslag stijgt de freatische grondwaterstand waardoor het potentiaalverschil ten opzichte van de stijghoogte onder een slecht doorlatende laag toeneemt. Het (extra) grondwater dat hierdoor dit spanningswaterpakket instroomt doet de stijghoogte toenemen. De mate waarin is afhankelijk van de bergingscoëfficiënt. Het lijkt ons, in dit geval, een beetje het kip-ei probleem.

Het volgende voorbeeld geeft nog duidelijker het kip-ei probleem aan tussen drukverschil en stroming. Men neme een bak met water bestaande uit 2 compartimenten gescheiden door een weerstandsbiedende kleilaag. Als we de bak een tijd met rust laten, ontstaat er hydrostatisch evenwicht waarbij de stijghoogte boven en onder de kleilaag aan elkaar gelijk zijn. Er vindt geen stroming meer plaats. Wanneer nu bijvoorbeeld 10 cm water in het bovenste compartiment wordt weggenomen, ontstaat er een drukverschil die een stroming van water van het onderste naar het bovenste compartiment veroorzaakt. Echter, door deze stroming zal de stijghoogte in het onderste compartiment dalen en in het bovenste compartiment stijgen tot dat ze weer aan elkaar gelijk zijn. In dit geval veroorzaakt de stroming van water een verandering van de stijghoogte, uiteraard in

eerste instantie geïnitieerd door een drukverandering.

Voorbeeld aan de hand van berekening

Het voorbeeldje dat we in Rare Reeksen 4 (figuur 1) hebben gegeven over het tijdelijk onttrekken van grondwater ten behoeve van berekening, maakt ook veel duidelijk. Wanneer tijdelijk een bepaalde hoeveelheid grondwater uit het eerste watervoerende pakket wordt onttrokken, daalt de stijghoogte zeer sterk over een bepaald gebied. De hoeveelheid berging is namelijk gering in dit pakket. Door de daling van de stijghoogte zal er over een bepaald gebied (netto) meer grondwater vanuit het freatische pakket naar het diepe watervoerende pakket stromen. De stijghoogte zal niet verder dalen (ook ruimtelijk niet) wanneer deze extra flux vanuit het freatische pakket gelijk is aan het onttrekkingsdebiet. Wanneer gestopt wordt met onttrekken, zorgt de flux vanuit het freatische pakket voor een stijging van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket. We hebben hier niet met drukverplaatsing te maken maar met het stromen van grondwater.

De invloed van drukverandering: ‘het grondmechanische proces’

Hans Leenen gaat vervolgens uitgebreid in op het ‘grondmechanische’ proces dat wij onterecht niet zouden beschouwen. Hij gebruikt hiervoor een voetbalveld met 5000 dikke voetballers ofwel 10 cm neerslag. Deze veroorzaken, in zijn voorbeeld, een stijghoogtetoeename van 10 cm. Dit is echt een zeer irrealistisch voorbeeld. Bij een ‘normalere’ bui van 10 mm zou deze stijghoogtetoeename slechts 1 cm zijn. In zijn artikel Stromingen 5, 1999, nummer 4, geeft hij formules waarmee de tijdschaal (t) waarop het grondmechanisch effect is

verdwenen, kan worden berekend ($t = Sc$, waarbij S de elastische bergingscoëfficiënt van het eerste watervoerend pakket is en c de weerstand van de bovenliggende slecht doorlatende laag). Wanneer voor Nederland gangbare realistische waarden in het voetbalveld-voorbeeld worden ingevuld (bijvoorbeeld $c = 5000$ dagen en $S = 10 - 5$) dan zou het grondmechanisch effect binnen een uur zijn uitgewerkt. De voor Nederland niet-realistische korte hevige regenbui van 100 mm, die volgens het voetbalveld-voorbeeld een tijdelijke stijghoogtetoeename van 10 cm zou veroorzaken, is waarschijnlijk de oorzaak ervan dat wij nog nooit tijdelijke effecten van regenbuien of neerslagperioden op de stijghoogte in het onderliggende watervoerende pakket hebben gevonden. Het zou prachtig zijn wanneer iemand een dergelijk voorbeeld zou kunnen tonen.

Waarom reageert de stijghoogte soms eerder op neerslag dan de grondwaterstand?

Hans Leenen stelt ook dat de stijghoogte van het diepere pakket eerder reageert op neerslag dan het freatische niveau. Hij geeft als verklaring het grondmechanische effect dat door de (gewichts-)toename van het vochtgehalte wordt veroorzaakt, het regenwater heeft dan het freatisch vlak nog niet bereikt. Ons inziens is dit proces van geringe invloed. Hans Leenen gaat hier vermoedelijk uit van een gebied met een dikke onverzadigde zone (dikker dan 2,5–3,0 m). Infiltratie van regenwater vindt in dit soort gebieden vertraagd plaats. De stijghoogte echter, wordt door de aanwezigheid van de slechtdoorlatende laag bepaald door verticale stroming in een veel groter gebied (globaal de spreidingslengte). Dit maakt dat de stijghoogte afgevlakt (dus geen pieken door regenbuien) met een gemiddelde reactietijd reageert op (een reeks van) regenbuien. De reactie van de stijghoogte is vaak sneller dan de reactie

van de grondwaterstand in gebieden met een dikke onverzadigde zone en langzamer dan de reactie in gebieden met een ondiepe grondwaterstand. Voorbeelden van het voorlopen van de stijghoogte op de freatische grondwaterstand hebben we echter nog niet vaak gezien. Wij zijn uiteraard geïnteresseerd in dit soort toch wel Rare Reeksen.

De variatie van de luchtdruk en het grondmechanische effect

Dat het vochtgehalte in de onverzadigde zone mee doet aan het tijdelijke grondmechanische effect, deed ons ook denken aan de invloed van luchtdrukveranderingen op het grondwater. Bij het grondmechanische effect mogen we niet het effect van de variaties in de luchtdruk vergeten, immers, lucht weegt ook wat. Dagelijkse variaties van 10 tot 20 millibar (is gelijk aan ongeveer 10 tot 20 cm waterkolom) komen regelmatig voor. Een luchtdruktoename van bijvoorbeeld 10 millibar komt overeen met een regenbui van 100 mm. Helaas kunnen we deze effecten in onze peilbuizen niet meten omdat de luchtdruk ook een tegengesteld effect heeft op de stijghoogte in een peilbuis zoals we in figuur 3 van Rare Reeksen 4 hebben getoond. Bij hoge luchtdruk wordt namelijk water vanuit de peilbuis in het watervoerende pakket gedrukt en omgedraaid. Willen we dit effect goed meten dan zouden we in het diepere watervoerende pakket ook een drukopnemer moeten ingraven of de peilbuis afsluiten van de atmosferische druk. Luchtdrukvariaties zouden dus een grotere bijdrage aan het grondmechanische effect moeten hebben dan regenbuien.

Het bovenstaande in ogenschouw nemend, zijn wij nog meer overtuigd geraakt van het feit dat de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket in hoofdzaak wordt bepaald door stroming van en naar dit pakket (in een bepaald gebied) in combinatie met de

bergingscoëfficiënt van dit pakket en dat drukverplaatsing nauwelijks of geen significante rol speelt. Het grondmechanische effect, als gevolg van neerslag, heeft een zeer geringe tijdsduur (uren, dagen). Wij zien graag meer inzendingen op dit onderwerp tegemoet omdat het boeiend is en eigenlijk de basis is van grondwatersystemen. Dat het een lastig onderwerp is, hebben we aan den lijve ondervonden toen

we dit probleem met collega's bij TNO bespraken. We waren zeker niet allemaal eensgezind. De discussies gaven ons in ieder geval inspiratie en meer aanknopingspunten om onze stelling meer kracht bij te zetten.

*Perry de Louw
Roelof Stuurmar*

Bijeenkomsten

Wat willen het consortium en de waterbeheerders nu eigenlijk?

Verslag van een bijeenkomst op 1 november 2005 van waterschapshydrologen en TNO, WL | Delft Hydraulics en Alterra, georganiseerd door Stowa in Hoog-Brabant te Utrecht.

Al een aantal nummers van Stromingen geleden meldden we dat het consortium bestaande uit TNO (inmiddels niet meer NITG, maar Bouw & Ondergrond), Alterra en WL samen verder willen op het vlak van modelcode-ontwikkeling. Wat precies de doelstelling is van de samenwerking en waar dit alles toe zal leiden was voor velen nog steeds onduidelijk. Gegeven deze ontwikkeling vroeg Stowa zich af wat de waterschappen nu eigenlijk willen, en of hetgeen het consortium ontwikkelt in lijn is met de waterschapswensen. Vast staat dat de waterschappen moeten rekenen aan het hydrologische systeem in het licht van de doelstellingen van het Nationaal Bestuursakkoord Water en de Europese Kaderrichtlijn Water.

Om een antwoord op de geschetste vragen te krijgen is er op 1 november, op initiatief van Jasper Stroom (Hoogheemraadschap van Rijnland), Matthijs van de Brink (Waterschap Vallei & Eem) en Joost Heij-

kers, (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden) door de Stowa een bijeenkomst georganiseerd waar waterschapshydrologen en het consortium met elkaar in gesprek traden om onderlinge wensen en verwachtingen uit te spreken. Daar was blijkbaar behoefte aan: zo'n veertig aanwezigen vulden de zaal in Hoog-Brabant.

Na de opening door dagvoorzitter Jacques Leenen (Stowa) was het eerst de beurt aan Jasper Stroom om de aanleiding van de dag toe te lichten. "Er gebeurt veel qua modelontwikkeling door de kennis-instituten, maar de waterschapswereld lijkt niet mee te doen." Jasper presenteerde een aantal stellingen, die bedoeld waren om de discussie op gang te brengen m.b.t. nut en noodzaak van de door het consortium ingezette weg, en de rol die de waterschappen in deze ontwikkelingen zouden moeten spelen.

"Met wat er nu ligt, kunnen we het niet", luidde stelling 1. "Modelleren met een integraal model is als brood halen met een Ferrari" een andere. De voorbereiding van de bijeenkomst werd samengevat met: "meer dan één modelleurs worden het nooit eens over een te volgen aanpak". Dit bleek te verwijzen naar de moeite die het de drie initiatiefnemers heeft gekost om het met de uitnodiging meegestuurde discussie-document op te stellen.

Vervolgens kwam Ab Veldhuizen (SIMGRO-deskundige van Alterra) aan het woord om de stand van zaken m.b.t. de