
De parameterisatie van de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater voor landelijke en regionale grondwatermodellering

Ad hoc Werkgroep Consensus Hydrologie

Inleiding

Inzicht in de grondwaterstroming is essentieel bij veel studies op gebied van ruimtelijke planvorming, waterbeheer en milieu. Hierbij speelt, zeker in Nederland, de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater een belangrijke rol. In de begintijd van de Nederlandse hydrologie heeft men hiervoor het begrip 'ontwatering' gehanteerd. De conceptualisering en wiskundige beschrijving van het proces van de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater kent dan ook een rijke traditie (Hooghoudt, 1940; Ernst, 1962; Bruggeman, 1972; De Lange, 1996).

Door de opkomst van de numerieke modellen werden de mogelijkheden voor ruimtelijke differentiatie vergroot. Toch werd in meeste (regionale en landelijke) modellen niet gevraagd om het verloop van de grondwaterstand tussen waterlopen te berekenen. Er werd dan gekozen voor een ruimtelijk 'gelumpte' grondwaterstand-afvoerrelatie. De afleiding van deze relatie en de parameterisatie was aanleiding voor een discussie tussen hydrologen van de instituten Alterra, RIVM en RIZA. Het belang van deze discussie was vooral gelegen in het correct beschrijven van genoemde interactie voor de landsdekkende berekeningen van effecten van mestbeleid op de belasting van het oppervlaktewater (Massop e.a., 2000; Kroon e.a., 2001). Ook voor de modellering van de regionale grondwaterstroming zijn de uitkomsten van groot belang, omdat ook bij deze toepassing het expliciet in model brengen van alle waterlopen niet mogelijk (en gewenst) is.

Bovenstaande vormde de voornaamste aanleiding een werkgroep Consensus Hydrologie op te richten met vertegenwoordigers van de drie genoemde instituten, op ad hoc basis aangevuld met de externe deskundigen A. Leijnse van NITG-TNO, C. Maas van KIWA en N. Straathof van Natuurmonumenten, waar in de afgelopen drie jaar de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater is bediscussieerd. Het resultaat is een update van de kennis omtrent genoemde interactie, met het oog op toepassing in regionale en landsdekkende hydrologische modellen. In drie artikelen zal hiervan verslag worden gedaan. Dit artikel is bedoeld als introductie.

Ad hoc Werkgroep Consensus Hydrologie: **P.J.T. van Bakel** is werkzaam bij Alterra, **W.J. de Lange** bij RIZA, **M.J.H. Pastoors** bij RIVM, **P. Groenendijk** bij Alterra en **K. Kovar** bij RIVM.

De in dit artikel besproken onderwerpen zijn niet los te zien van de ontwikkelingsgang die de geohydrologische modellering vanaf ongeveer 1970 tot nu toe heeft afgelegd. In het volgende hoofdstuk wordt daarom de relatie tussen grondwater en oppervlaktewater voor numerieke modellen in haar historisch perspectief geplaatst.

Naar de mening van de auteurs is de methodiek die in de aankomende artikelen zal worden behandeld relevant voor de gebruikers van alle rekenprogramma's die in Nederland worden gebruikt, zoals MODFLOW, TRIWACO, MicroFEM, SIMGRO, MLAEM en LGM. Immers, het is in Nederlandse omstandigheden nagenoeg onontkoombaar om de relatie tussen oppervlaktewater en grondwater op enige wijze modelmatig weer te geven.

Historie modellering grondwater–oppervlaktewater in numerieke grondwatermodellen

De geschiedenis van het gebruik van numerieke grondwatermodellen gaat terug tot het begin van de jaren zestig (Tyson and Weber, 1964). De eerste modellen werden vooral in de Verenigde Staten ontwikkeld waarbij, gegeven daar overwegende hydrologische omstandigheden, relatief weinig aandacht was voor de interactie met het oppervlaktewater. In Nederland hebben in het bijzonder A. Verruijt en C. van den Akker (1972) aanzetten gegeven tot de ontwikkeling van praktisch bruikbare numerieke grondwatermodellen in de civiele techniek en de hydrologie.

Toen begin jaren zeventig de eerste numerieke grondwater modellen bij het toenmalige Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (RID, later opgegaan in RIVM) werden ontwikkeld, ontstond de behoefte naar een methode voor beschrijving van de interactie tussen oppervlaktewater en grondwater aan de modelbovenrand. Rolf en Kovar (1978) bewerkten een analytische oplossing van Bruggeman (1972) tot een voedingsweerstand, t.b.v. de bovenrandvoorwaarde voor de voedingsflux. Deze methodiek (module SURFIN) werd bij het RID vervolgens gebruikt voor de parameterisatie van grondwatermodellen bij het regionaal hydrologisch onderzoek voor de provincie Groningen (o.a. Rolf, 1984 en Beugelink, 1985).

De parameterisatiemethodiek van Rolf en Kovar is nauwelijks meer toegepast. Alleen bij IWACO wordt de parameterisatie soms op basis van de analytische oplossing van Bruggeman uitgevoerd, zoals in de omvangrijke studie Grondwaterbeheer Midden-Nederland (Haarman, 1992).

In Wageningen werd ongeveer tegelijkertijd bij het toenmalige ICW de formule van Ernst (Ernst, 1962) gehanteerd voor het bepalen van de interactieweerstand tussen grondwater en oppervlaktewater. De formule is ontwikkeld voor de stationaire stroming van grondwater naar evenwijdige, oneindig lange waterlopen. Hoewel Ernst later (Ernst, 1983) de aanzet heeft gegeven voor een meer geavanceerde benadering, is de oorspronkelijke formule veelvuldig gebruikt voor de parameterisatie van de bovenrand van grondwatermodellen zoals SIMGRO (Querner en Van Bakel, 1983).

Eind jaren tachtig waren er dus (tenminste) twee formuleringen om de parameters voor de interactie met het oppervlaktewater van een grondwatermodel te bepalen. Er bestond geen consensus over de toepasbaarheid van de verschillende methoden, alhoewel op verschillende plaatsen wel vergelijkingen werden uitgevoerd (bijv. Van Drecht, 1983). Zijn conclusie was dat voor de (beperkt aantal) geanalyseerde situaties de verschillen meestal klein waren.

Onbekend met deze historie zocht De Lange in die zelfde tijd naar een formulering voor de bovenrand van het landelijk grondwatermodel NAGROM en constateerde later dat beide methoden, omdat zij van verschillende concepten uitgaan, wel degelijk tot verschillende uitkomsten leiden (De Lange, 1996). Uiteindelijk leidde dit in de midden van de jaren negentig tot de theorie zoals die bij RIZA wordt gebruikt in de koppeling tussen de modellen MOZART (onverzadigde stroming) en NAGROM. In een serie artikelen in Stromingen (De Lange, 1997a,b,c) is de methode uitvoerig beschreven. In een artikel in Journal of Hydrology (De Lange, 1999) wordt de algemene, praktische bruikbaarheid ervan compleet beschreven.

Bevindingen van de werkgroep

In de tweede helft van de jaren negentig ontstond er een discussiegroep van hydrologen van bij STONE betrokken drie instituten (Alterra, RIZA, RIVM). Tot de belangrijkste resultaten behoort de introductie van de begrippen 'lekflux' en 'lekweerstand'. Het begrip drainageweerstand is namelijk niet geschikt voor gebruik in numerieke modellen. Bij de bepaling ervan (bijvoorbeeld volgens Ernst, 1983) wordt uitgegaan van een gebied met evenwijdige waterlopen die zich oneindig uitstrekken en herhalen. In numerieke modellen moet een weerstand per invloedsoppervlak (modelcel) worden opgegeven en deze weerstand is in principe schaalafhankelijk. Daarom wordt, als aanvulling op de eerder genoemde voedingsweerstand, de grootheid 'lekweerstand' geïntroduceerd die voor een willekeurig gebied de interactie tussen freatisch grondwater en oppervlaktewater karakteriseert. Op de bepaling van de numerieke waarde van de voedingsweerstand en lekweerstand wordt in één van de vervolgartikelen ingegaan. Het resultaat is een set van eenduidige en in numerieke modellen toepasbare formules, bruikbaar voor vrijwel alle voorkomende geohydrologische situaties.

Inhoud van de artikelenreeks

De kennis over de interactie grondwater-oppervlaktewater in landelijke en regionale grondwatermodellen kan worden vergeleken met een bouwwerk. Het prachtige bouwwerk dat in de afgelopen decennia is opgetrokken wordt uiteraard niet afgebroken maar gerenoveerd en aan de eisen des tijds aangepast. In drie artikelen zal dit renovatieproject worden gepresenteerd.

Het fundament zal worden gelegd in artikel 1. Hierin wordt het theoretische kader beschreven (inclusief nieuwe definities) en wordt de afleiding en evaluatie van de onderzochte formules toegelicht. In artikel 2 komen de concepten van opschaling en effecten van ruimtelijke discretisatie aan de orde en zullen berekeningen worden gepresenteerd die de sterkte van het gebouw onder verschillende condities laten zien. Zowel artikel 1 als 2 zijn vrij theoretisch van aard. De bewoner van het gebouw komt in artikel 3 aan bod, in de vorm van methoden en handreikingen voor de parameterisatie van de interactie grondwater-oppervlaktewater in praktisch voorkomende situaties (o.a. onregelmatig voorkomende waterlopen en inhomogene waterlopenstelsels).

Literatuur

- Akker, C. van den (1972)** Een mathematisch model voor de berekening van de gevolgen van een grondwateronttrekking in het geval van twee watervoerende pakketten gescheiden door een semi-permeabele laag; Afstudeersscriptie TH Delft, maart 1972.
- Beugelink, G.P. (1985)** Sellingen; een numeriek model van het geohydrologische systeem; rapport nr. 840341005, Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, Leidschendam.
- Bruggeman, G.A. (1972)** Tweedimensionale stroming in semi-spanningswater; Bijlage 5 in 'Rapport De Groeve', Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, Den Haag.
- Drecht, G. van (1983)** Berekening van stationaire grondwaterstroming naar sloten. RID-mededeling 83-3; RID, Leidschendam.
- Ernst, L.F. (1962)** Grondwaterstroming in de verzadigde zone en hun berekening bij aanwezigheid van horizontale open leidingen; proefschrift Universiteit Utrecht.
- Ernst, L.F. (1983)** Wegzijging en kwel; de grondwaterstroming van hogere naar lagere gebieden, rapport 7; ICW, Wageningen.
- Gespreksgroep Hydrologische Terminologie (1986)** Verklarende hydrologische woordenlijst. Rapporten en nota's nr 16; CHO-TNO, 's-Gravenhage.
- Haarman, F.G. (1992)** Grondwaterbeheer Midden-Nederland: Modelleringsysteem; rapportage studie IWACO B.V., Provincie Gelderland.
- Hooghoudt, S.B. (1940)** Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden, Deel 7; Verslag Landbouwkundig Onderzoek 46 (14) B, pag 515-707.
- Kroon, T., P. Finke, I. Peereboom en A. Beusen (2001)** Redesign Stone: De nieuwe schematisatie voor Stone: de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters; Riza-rapport 2001.017; RIZA/Alterra/RIVM.
- Lange, W.J. de (1996)** Groundwater modeling of large domains with analytic elements; proefschrift Technische Universiteit Delft.
- Lange, W.J. de (1997a)** Nieuwe inzichten in het gebruik van voedingsweerstand of drainageweerstand in de randvoorwaarde van een grondwatermodel; Deel 1: De basis van het modelconcept; in: *Stromingen*, jrg 3, nr 2, pag 17-28.
- Lange, W.J. de (1997b)** Nieuwe inzichten in het gebruik van voedingsweerstand of drainageweerstand in de randvoorwaarde van een grondwatermodel. Deel 2: Het gebruik van de randvoorwaarde; in: *Stromingen*, jrg 3, nr 3, pag 31-47.
- Lange, W.J. de (1997c)** Nieuwe inzichten in het gebruik van voedingsweerstand of drainageweerstand in de randvoorwaarde van een grondwatermodel. Deel 3: Het parametriseren van de randvoorwaarde; in: *Stromingen*, jrg 3, nr 4, pag 43-56.
- Lange, W.J. de (1999)** A Cauchy boundary condition for the lumped interaction between an arbitrary number of surface waters and a regional aquifer; in: *Journal of Hydrology* 226(3-4), pag 250-274.
- Massop, H.Th.L., T. Kroon, P.J.T. van Bakel, W.J. de Lange, A. van der Giessen, M.J.H. Pastoors en J. Huygen (2000)** Hydrologie voor Stone: Schematisatie en parameterisatie; rapport 038; Alterra/RIVM/RIZA.
- Querner, E.P. en P.J.T. van Bakel (1983)** Description of the regional groundwater flow model Simgro; rapport 7, Winand Staring Centrum, Wageningen.
- Rolf, H.L.M. (1984)** Veendam en omstreken, een numeriek model van het geohydrologische systeem; rapport nr. 840341002, Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, Leidschendam.

Rolf, H.L.M. en K. Kovar (1978) Analytical solution of the recharge of an aquifer from the overlying semi-permeable toplayer with partially penetrating ditches to be used in a numerical model; in: *Quarterly Report*, nr 15, National Institute for Water Supply (RID), Leidschendam.

Tyson, W.H. en E.M. Weber (1964) Groundwater management for the nations future-computer simulation of groundwater basins; in: *J. Hydr. Div. ASCE* 90(HY4), pag 59–77.

