Boeken

Analytical Solutions of Geohydrological Problems
door G.A. Bruggeman, Developments in Water Science nr 46, gebonden, 970 pagina's, 1999, Elsevier, Amsterdam, ISBN 0-444-81829-4, *f* 465, $ 236, Euro 211,01.

Toen uw recensent in 1982 als wiskundige de wereld van de hydrologie binnenstapte op het toenmalige RID (Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening) te Leidschendam, had hij het voorrecht gehuisvest te worden op de kamer van Gijs Bruggeman (GB) om het hydrologievak te leren. Wij deelden de belangstelling voor analytisch wiskundig werk en ik was verrast door zijn grote kennis op dit vakgebied (binnen de wiskunde bekend staand als de mathematische fysica) die hij zich zelf eigen had gemaakt. Hij vertelde mij eens dat professor Josselin de Jong hem suggereerde Laplace-transformatietechnieken toe te passen en dat hij daardoor in één klap een stuk verder kon komen met het afleiden van oplossingen van relevante hydrologische problemen. In die tijd herbergde zijn bureau vijf ordners die steeds geraadpleegd werden als een hydroloog langskwam om te vragen of er een oplossing bestond voor een of ander praktijkprobleem. Vaak had GB die oplossing voorradig of anders werd het probleem opgelost.

De verzameling groeide dus gestadig, en er bestond al een soort van classificatie (opgezet door Arie Obdam) die later door GB sterk zou worden uitgebreid en verfijnd en te gebruiken als een flora voor het formulemateriaal. Het was bij iedereen duidelijk dat deze schat aan gegevens gepubliceerd zou moeten worden. Door de niet-aflatende aansporingen en inspanningen van Cees van den Akker (die het contact met Elsevier legde) werd GB moreel verplicht om zijn ordners te publiceren in boekvorm. Dat heeft wat voeten in aarde gehad, want aan de ene kant bleef GB maar doorgaan om nieuwe formules af te leiden (zie pag viii), aan de andere kant schrok Elsevier van de (financiële) consequenties om zo'n boek te publiceren, omdat in dit geval de auteur geen drukklaar zetsel zou aanleveren (waar uitgeverijen tegenwoordig zo dankbaar gebruik van maken). GB heeft tenslotte lang na zijn pensionering een handgeschreven manuscript ingeleverd bij de uitgeverij. Dit manuscript had bij wijze van spreken in facsimile gedrukt kunnen worden: GB heeft een fraai regelmatig handschrift en het geheel was verduidelijkt met tal van illustratieve modelgebiedschetsjes. GB suggereerde Elsevier voor het zetwerk een Collectief van Houtense Huisvrouwen dat al eerder goed werk had afgeleverd, maar Elsevier koos tenslotte voor het bureau VTEX in Vilnius, Litouwen. Dit bureau heeft een fantastische prestatie geleverd waarbij het duidelijk was dat daar wiskundigen aanwezig zijn of zelfs het werk deden gezien de drukproeven met daarin correcties

op schrijffouten. VTEX wist ook de tekeningetjes goed te reproduceren.

Tenslotte was het zo dat het boek in februari 1999 op de markt verscheen, en het is me bekend dat de auteur nu opgelucht was bevrijd te zijn van de jarenlange druk van zijn omgeving om toch maar zijn levenswerk te publiceren. Omdat veel werk tot stand kwam in de RID-, respectievelijk RIVM-tijd prijkt het RIVM-logo op de omslag en het titelblad. De NHV heeft uitgebreid stilgestaan bij de publicatie op een feestelijke bijeenkomst (21 januari 2000 te Driebergen) waar GB onder voorzitterschap van Kees Maas (wiens carrière sterk door hem werd beïnvloed) werd toegesproken door De Vries, Van den Akker en Verruijt. Gijs Bruggeman ontving toen een Erkenning voor Bijzondere Verdiensten van de Nederlandse Hydrologische Vereniging[1]. Sindsdien is GB meer naar buiten getreden door het geven van PAO-cursussen en door congresbezoek (AEM, AGU).

Voor ons ligt nu een bijzonder boek, toegesneden op het vakgebied van de hydrologie en dus met al de ons bekende variabelen en parameters, met 508 pagina's formules voor de analytische oplossingen van geohydrologische problemen (Part A). Het tweede deel (Part B) van 440 pagina's is gewijd aan de wiskundige modelbouw en aan de noodzakelijke technieken om de oplossingen in het deel A te kunnen afleiden. Het boek wordt afgesloten met een nuttige lijst van gebruikte symbolen (met pagina-nummer voor de definitie en dimensie) en een algemene index.

Er zullen tal van hydrologen zijn die beweren dat zij zo'n boek niet nodig hebben omdat de bestaande numerieke eindige-elementen- en eindige-differentie-computercodes al voldoende zijn voor hun werk. Ik denk dat zij zichzelf te kort doen door geen kennis te nemen van dit boek. Deze codes zijn inderdaad onmisbaar voor het algemene praktijkprobleem, maar het gebruik van analytische formules voor, het zij toegegeven, geschematiseerde gevallen kan de hydroloog snel een enorme voorsprong geven om inzicht te krijgen in de afhankelijkheden van de parameters. Bovendien laat de analytische oplossing zien welke combinatie van de parameters een dimensieloze groep oplevert, hetgeen bij numerieke experimenten om de parameterafhankelijkheden vast te stellen een reductie geeft van het aantal computerruns.

Het boek begint dus (vreemd) genoeg met het deel A 'Solutions' terwijl pas in deel B 'Mathematical Tools' de gebruikte technieken worden uitgelegd. De problemen worden ondergebracht in de volgende 5 hoofdklassen:

A Phreatic groundwater
B Confined groundwater
C Multi-layer systems
D Dispersion
E Density flow (sharp interface)

De klasse B weer wordt opgedeeld in de 6 deelklassen:

BI One-dimensional flow
BII Two-dimensional radial-symmetric flow
BIII General two-dimensional flow
BIV Three-dimensional spherical flow
BV Three-dimensional axial-symmetric flow
BVI General three-dimensional flow

Via een determinatiesleutel wordt de gebruiker stap voor stap naar de oplossing van zijn probleem geleid. Soms zal het nodig zijn zelf het probleem iets anders te formuleren (verwisseling van assen of gebruik maken van aanwezige symmetrieën) om met behulp van de sleutel tot resultaat te komen. De auteur heeft heel nauwkeurig aangegeven bij elke oplossing welke methode daarvoor is gebruikt. Deze methoden worden in deel B nader verklaard. Dus

[1] Zie **Michael van der Valk (2000)**; in: *STROMINGEN*, jrg 6, nr 2, pag 46–47.

in het (tamelijk) onwaarschijnlijke geval dat uw probleem niet staat vermeld in het boek, dan is het pad in ieder geval geëffend om zelf te trachten een oplossing te vinden.

Gezien de achtergrond van de auteur is het goed te begrijpen dat inderdaad de meeste aandacht wordt besteed aan het verzadigde grondwater (met typische praktijkproblemen geïnspireerd door de toenmalige Deltawerken, zoals bouwputten). Het onderdeel met transportvergelijkingen valt hiermee vergeleken wat korter uit. Hij besteedt geen aandacht aan transportvergelijkingen gekoppeld met een gewone differentiaalvergelijking (zoals een chemische reactievergelijking); dat type gekoppelde vergelijkingen staan ook wel bekend onder de naam 'dual porosity equations'. Daar staat tegenover dat GB de laatste jaren de smaak te pakken heeft gekregen om gebruik te maken van matrixfuncties om oplossingen af te leiden van meerlagen-systemen, hierbij geïnspireerd door het werk van Maas[2] en Hemker en Maas[3].

Deel B is opgesplitst in drie hoofdstukken:

I Basic Principles for Saturated Groundwater Flow
II Analytical Solution Methods
III Functions

In dit deel van het boek wordt duidelijk dat de auteur een geroutineerde hydroloog is en precies datgene behandelt wat ook werkelijk relevant is in het kader van de doelstellingen van het boek. Hoofdstuk I is een redelijk beknopte inleiding tot de hydrologie van verzadigd grondwater. Hoofdstuk II bevat veel standaard stof, ook te vinden in algemene wiskundeboeken, maar er wordt ook uitgebreider ingegaan op (tegenwoordig) iets minder bekende zaken zoals de Hankel-transformaties, conforme afbeeldingen, hodograaf en methoden om oplossingen te construeren gebaseerd op bestaande oplossingen. In 2.3.4 (Solutions in anisotropic soils) volgt GB het eerste boek van Jacob Bear (1972, 1988)[4]. Maar uw recensent wil ook wijzen op een andere mogelijkheid om te schalen (en om ook oppervlakte-, en volume-elementen invariant te laten). Zie daarvoor het tweede boek van Bear (1979)[5] en het artikel van Olsthoorn (1982)[6]. Dit stuk wordt afgesloten met het memorabele reciprociteitsprincipe, dat best wat meer bekend zou mogen zijn. Er wordt een bewijs gegeven en het principe wordt met behulp van een paar expliciete (niet triviale) voorbeelden verduidelijkt en geverifieerd. Hoofdstuk III beschrijft de functies die optreden in deel A. De auteur is hier uitvoeriger dan menig leerboek en ook hier is zijn ervaring gecondenseerd in een aantal nuttige relaties en identiteiten met afleidingen. Hij heeft een naam gegeven aan een fraaie combinatie van functies, de Polderfunctie:

$$P(x,y) = \frac{1}{2}e^{2x}\mathrm{erfc}(x/y+y) + \frac{1}{2}e^{-2x}\mathrm{erfc}(x/y-y).$$

Hierdoor krijgen vele formules een sympathieker gezicht. Zelfs voor een wiskundige zal in dit hoofdstuk nog wel een hem onbekende identiteit te ontdekken zijn. In ieder geval wordt veel achtergrondinformatie gegeven over deze functies die anders voor iemand met een hydrologische opleiding moeilijk te traceren zou zijn in de mathematische litteratuur.

---

[2] C. Maas (1986) **The use of matrix differential calculus in problems of multiple-aquifer flow**; in: *Journal of Hydrology*, vol 88, pag 43–67.

[3] C.J. Hemker en C. Maas (1987) **Unsteady flow to wells in layered and fisured aquifer systems**; in: *Journal of Hydrology*, vol 90, pag 231–249.

[4] Jacob Bear (1972, 1988) **Dynamics of Fluids in Porous Media**; Dover Publications, New York, pag 290–297.

[5] Jacob Bear (1979) **Hydraulics of Groundwater**; McGraw-Hill, New York, pag 73 en 169–175.

[6] T.N. Olsthoorn (1982) **Anisotropie, een verwaarloosd verschijnsel bij grondwatervraagstukken**; in: *H_2O*, jrg 15, nr 11, pag 262–267 en 273.

Gezien de solistische werkwijze van de auteur is het niet verwonderlijk dat litteratuurverwijzingen naar eerder gepubliceerd materiaal vrijwel ontbreken. Enkel een klein aantal standaardwerken wordt genoemd. Hij verontschuldigt zich daarover in de het voorwoord (pag viii). Het zou een enorme taak zijn te bepalen welk percentage van de circa 1100 problemen voor het eerst in dit boek wordt opgelost. Nog moeilijker zou de beantwoording van die vraag zijn indien ook de literatuur van andere vakgebieden erbij zou worden betrokken. Uw recensent schat dat dit percentage toch gauw in de orde van grootte van enige tientallen procenten zal zijn.

Een aantal waarschuwingen met betrekking tot de notatie is hier op zijn plaats, hoewel alle gebruikte variabelen steeds duidelijk zijn verklaard (ter plekke en in de lijst op het einde van het boek):

1 De auteur werkt vaak in verlagingen in plaats van stijghoogten.
2 De z-as staat soms naar beneden gericht, waardoor in 3D een linksdraaiend systeem ontstaat.
3 De auteur gebruikt φ [L] voor de stijghoogte en de ϕ [L^2T^{-1}] voor de grootheid $K\varphi$. Voor de stroomfunctie gebruikt hij ψ [L^2T^{-1}]. Deze twee grootheden worden meestal aangeduid met respectievelijk Φ en Ψ (in ieder geval in de litteratuur over analytische elementen).
4. Voor de permeabiliteit wordt K [LT^{-1}] gebruikt in overeenstemming met de eerste keus in de Verklarende hydrologische woordenlijst[7]. Maar op veel plaatsen wordt hiervoor toch de k gebruikt. Voor de intrinsieke permeabiliteit wordt k [L] gebruikt, waarvoor de andere stroming de Griekse letter κ reserveert.
5 Soms wordt een wat ongebruikelijk complex vlak gedefinieerd; $\varsigma = x + iz$, waarbij z omlaag wijst.

In die gevallen waarbij wij (op het RID) destijds uit verschillende bronnen verkregen analytische oplossingen vergeleken met die van GB en waarbij ogenschijnlijk er een discrepantie optrad met betrekking tot de tekens, bleek uiteindelijk steeds dat de oorzaak was gelegen in de punten hierboven, hetgeen aanleiding gaf tot de gevleugelde woorden "Eind goed, al goed".

Het aantal drukfouten is opmerkelijk gering; degene die echt van belang zijn volgen hieronder (Bruggeman *in litt.*):

1 pag 20, regel 2, (12.06): voeg toe "– *KH*".
2 pag 215, regel 7, (241.26): voeg toe in de formule tussen) en } de letter t.
3. pag 247, regel 2, (323.04): verander de R in de formule in een L.
4 pag 296, regel 14, (354.12): verander D in b, twee keer.
5 pag 377, regel 11, (532.01): verander L in l.
6 pag 482, regel 3, (820.02): verander "for $r > 0$" in "for $t > 0$".
7 pag 863, regel 10, (29): voeg toe voor de ( ) de functieaanduiding "exp".
8 pag 863, regel 13, (32): voeg toe voor de ( ) de functieaanduiding "exp".

Voor een uitgebreid overzicht van de inhoud zij verwezen naar de Elsevier-website voor dit boek[8] , en voor een andere boekbespreking naar het *Journal of Contaminant Hydrology*[9]. Ook valt nog de notitie geschreven door Theo Olsthoorn[10] over een formule (335.17) te noemen.

Samenvattend kan ik zeggen dat het boek, ondanks de hoge aanschafprijs onmisbaar is

[7] CHO-TNO (1986) **Verklarende hydrologische woordenlijst**; CHO-TNO, Rapporten en Nota's nr 16.

[8] http://www.elsevier.nl/locate/isbn/0-444-81829-4

[9] *Journal of Contaminant Hydrology*, vol 43, pag 187–189 (2000), door Feike J. Leij.

[10] Theo N. Olsthoorn (2000) **Complexe oplossingen uit het boek van Bruggeman**; in: *Stromingen*, jrg 6, nr 3, pag 5–7.

voor de analytische geïnteresseerde hydroloog. Uw recensent vindt het een prachtig boek dat hij al heel wat keren heeft geraadpleegd. Meer in het algemeen zullen wetenschappers zoekend naar oplossingen voor begin-, randwaarde-problemen op hun specifieke vakgebied er baat bij hebben (met enige aanpassingen met betrekking tot de variabelen en parameters). Eigenlijk zou het niet mogen ontbreken op elk ingenieursbureau, waarbij ik me kan voorstellen dat het boek nog meer aan waarde zou winnen indien er ook hulpmiddelen ter beschikking komen om de analytische expressies vakkundig en nauwkeurig numeriek te evalueren. Het is mij bekend dat er hiertoe al enige initiatieven zijn genomen. Men kan denken aan het gebruik van een pakket als Matlab. Het zou ideaal zijn als het boek wordt uitgebracht op een CD met hyperlinks naar numerieke software. Zou dat nog lang duren?

Ed Veling

Analytical Solutions of Geohydrological Problems
door G.A. Bruggeman, Developments in Water Science nr 46, gebonden, 970 pagina's, 1999, Elsevier, Amsterdam, ISBN 0-444-81829-4, ƒ 465, $ 236, Euro 211,01.

Toen ik in het begin van mijn hydrologische carrière tegen een probleem opliep waar ik noch mijn baas uit konden komen, kwam mijn baas met het volgende advies: "Als we het echt niet meer weten moet je maar kontakt opnemen met Bruggeman van het RIVM. Die kan overal een formule voor afleiden!". Er zijn mensen die niet weten hoe snel ze zo'n advies moeten opvolgen. Wat is er immers makkelijker dan iemand die al jouw problemen kan oplossen. Voor mijzelf werkt het juist averechts: ik geloof niet in mensen die overal een antwoord op weten. Ik heb dan ook erg mijn best gedaan om het kontakt met zo'n als alwetend hydroloog gepresenteerd mens te vermijden. Mogelijk speelde mee dat ik bang was om, als die heer Bruggeman met een oplossing zou komen, ik misschien wel zou moeten toegeven dat ik het niet zo begrijpen. Ik heb dan ook erg mijn best gedaan een eigen oplossing te bedenken, en aangezien de betreffende opdrachtgever de rekening uiteindelijk heeft betaald, ben ik daar in geslaagd.

Ik heb Bruggeman nooit gezien, nooit gesproken. Dat maakt de magie rond de man alleen maar groter. Hydrologen die ik inhoudelijk een stapje hoger beoordeel dan mijzelf spraken met respect over hem, en meldden dat hij met een boek bezig was. In dat verband is de term 'bijbel' regelmatig gevallen. Niet zo lang geleden is dat boek dan eindelijk verschenen, wat ook wel tijd werd, want Gijs Bruggeman is inmiddels gepensioneerd. Het boek draagt de droge titel 'Analytical solutions of geohydrological problems' en is uitgegeven in de serie 'Developments in water science' van Elsevier.

Nu het boek voor me ligt, blijkt er ook qua omvang sprake van een bijbelachtig boek. De bladzijdenteller stopt pas bij 959. Ook een tweedeling in testamenten vind ik terug. Na het voorwoord begint deel A, dat opnieuw een buitengewoon droge titel heeft: 'Solutions'. Deel B begint op bladzijde 509 en heet 'Mathematical tools'.

Voor de inhoudelijke bespreking van het boek verwijs ik naar de bespreking van Ed Veling in ditzelfde nummer. Het is duidelijk dat Bruggeman in staat was om een veelheid van formules af te leiden en op enig moment besloot er een boek van te maken. Het is bijna aandoenlijk om te lezen dat Bruggeman besluit om ergens een lijn te trekken om het formaat van het boek binnen de perken te houden. De lijn komt op 1100 oplossingen te liggen, wat doet vermoeden dat die lijn eerst op 1000 lag, maar