

natting te lijf moeten gaan. Aan het college van S.P. Neuman werd de indruk overgehouden dat alles wat je meet eigenlijk niet geldt en daardoor onze modellen nog fouter zijn dan we al dachten. Nu ja, de problematiek is dan ook bepaald niet gemakkelijk. Mary Hill (USGS) presenteerde een set van 14 richtlijnen voor een goede kalibratieprocedure. Wellicht zijn deze richtlijnen te adopteren voor de Nederlandse situatie. 'Guideline' 14, een formele evaluatie van de kalibratie op geschiktheid voor de beoogde voorspelling, werd uitgewerkt tegen de achtergrond van een grondwatermodel van Death Valley.

We hadden gehoopt hierna een flink aantal presentaties te zien van projecten waarin de kalibratie volledig werd uitgewerkt. Maar het ging eigenlijk veel meer over technieken, hetgeen verklaard kan worden vanuit de grote inbreng vanuit de universiteiten. Alleen Brown (Poster) en Prof. E. Frind uit Waterloo, Canada, gaven een dergelijk volledig kalibratieoverzicht voor een grondwaterstromingsmodel. Het betreft hier een regionale studie van het grondwater van Waterloo over een gebied van 40 x 40 km, waarvoor via een GIS duizenden boringen zijn verwerkt in honderden doorsneden, lagen zijn 'gekriegd' en uiteindelijk met succes gekalibreerd. Hoe belangrijk een goede kalibratie is, blijkt uit het onderzoek uit Nordrhein-Westfalen waar nu – in tegenstelling tot tien jaar geleden – de modellen van de Roerdal-, Erft- en Venloslenk aan elkaar zijn geknoopt om een integraal beeld te krijgen van de uitwerking van de bruinkoolwinning op het grondwater in de wijde omgeving, tot ver in Nederland, voor de komende halve eeuw. Het blijkt dat de slenken die in het verleden gescheiden zijn behandeld elkaar via de breukzones toch sterk beïnvloeden. Dit maakte een herkalibratie nodig van de oude modellen. Men is desondanks ontevreden en denkt aan uitbreiding met diepere lagen. We vragen ons hierbij natuurlijk af in hoeverre uitspraken

Symposia

ModelCare99

Van 20 t/m 23 september 1999 werd in Zürich de derde conferentie over kalibratie van hydrologische modellen gehouden (ModelCare99). Voorgaande conferenties waren in 1990 in Den Haag en 1996 in Golden, Colorado. Ruim 200 deelnemers, afkomstig uit een scala van landen, hoorden in totaal 127 bijdragen aan over de bepaling, omgang en verwerking van onzekerheden in stromings- en transportmodellen alsmede bij remediatie van verontreinigingen. De hoeveelheid wiskunde die we over ons uitgestrooid kregen leek soms wel wat ver af van de dagelijkse praktijk van consultants die verontreinigingen, verdroging of juist ver-

die in het verleden op basis van de toen geijkte modellen zijn gedaan nog geldig zijn. Is er dan toch invloed van de Hambach-bruinkoolmijn op de Meynweg, waar al jaren lang een niet verklaarde trendmatige daling van het zeer diepe grondwater wordt geconstateerd? Het is natuurlijk treurig wanneer pas jaren later wordt ontdekt dat sommige belangrijke modellen fout waren. Uit eigen ervaring wisten we dat kalibratie voor het verkrijgen van een adequaat stromingsbeeld al niet eenvoudig is. Dit blijkt in nog veel sterkere mate op te gaan voor het verkrijgen van een goede beschrijving van het ondergrondse transport van verontreinigingen. Deze lossen veelal nauwelijks in water op, of ze worden omgezet en vertonen een bijzonder verplaatsingsgedrag door een van water afwijkende dichtheid en oppervlakte-eigenschappen die sterk interfereren met de heterogeniteiten c.q. doorlatendheids- en porositeitscontrasten in de bodem. Veel besproken voorbeelden hiervan zijn de tegenwoordig sterk in de belangstelling staande DNAPL's (dense non-aqueous phase liquids) zoals tri en tetra. Logisch dat de verplaatsing, bestrijding en verwijdering hiervan met veel onzekerheid gepaard gaat. Interessant waren de getoonde laboratoriumproeven waarin de verdeling van zulke DNAPL's zichtbaar werd gemaakt (o.a. Abriola uit Michigan, Helmig uit Braunschweig). Deze proeven dienen om het grillige gedrag te kunnen bestuderen onder bekende omstandigheden en dit te kunnen vergelijken met de berekeningsresultaten van modellen. Hieruit blijkt dan hoe moeilijk dit modelleren gaat. Het is zelfs de vraag of we überhaupt ooit in staat zullen zijn de grillige werkelijkheid met afdoende nauwkeurigheid in onze computers na te bootsen. In elk geval blijkt dat 'remediation' hiervan gewoon niet (goed) gaat en dat injectie van 'surfactants' in het water om de oppervlaktetension te verkleinen of van stoom om het transport te vergroten weer andere problemen oproept, zoals het door-

zakken naar diepere pakketten. Hoe dan ook zal modellering van dergelijk transport stochastisch moeten zijn, hetgeen impliceert dat het model niet één uitkomst, maar een band van uitkomsten levert, die de werkelijkheid moet omhullen. Hier komt dan de wiskunde weer aan te pas: Eerst wordt op basis van de metingen op een beperkt aantal plekken en dieptes de statistiek van de eigenschappen van de bodem afgeleid. vervolgens wordt een groot aantal bodems gegenereerd die voldoen aan deze statistiek en kloppen met (in vaktermen: geconditioneerd zijn op) de metingen. Door met al deze bodems het stoftransport uit te rekenen ontstaat een spreiding waarbinnen de uitkomst zich met een bepaalde waarschijnlijkheid bevindt (mits de niet bemonsterde bodem voldoet aan de gemaakte statistische aannamen).

Een groot aantal presentaties ging over de stochastische modellering van de verplaatsing van verontreinigingen, zogenaamde 'plumes'. Hierbij is de karakterisering van de dispersie verreweg het meest bestudeerde onderwerp. In de V.S. zijn de verontreinigingsproblemen bijzonder groot en zit er veel geld achter, zoals de 'superfunds' en het onderzoek naar verspreiding van enerzijds nucleair afval en anderzijds locaties waar splijtstof werd gewonnen, vaak door uitloging met zuren. De meeste van de betreffende onderzoeken waren echter beschrijvend van karakter; er werd helaas slechts weinig ingegaan op oplossingen. Een ander frequent bestudeerd maar in Nederland onderbelicht onderwerp is de invloed van 'cracks' op het transport. Hiervan werden zeer uitgebreide studies en veldtests getoond, maar het blijkt toch dat elke crack weer anders is. De wijidte ervan aan maaiveld zegt weinig over die op diepte, noch over de overall-doorlatendheid. Dit punt speelt onder andere een belangrijke rol bij potentiële opbergplaatsen voor nucleair afval (bijv. Yucca Mountain in Nevada, Aspö in Zweden). Het gaat erom zeker te stellen

dat dit afval in geen 10.000 jaar de biosfeer kan bereiken, een garantie waarvoor vanzelfsprekend nauwelijks iemand zijn hand in het vuur zal durven steken. Het spreekt vanzelf dat onzekerheidsonderzoek hier heel belangrijk is.

In diverse presentaties werd ingegaan op het belangrijke onderwerp van de kwantitatieve doorwerking van onzekerheid in voorspellingen. De Monte Carlo-methode is (uiteeraard) de ultieme alles omvattende aanpak, maar kan een bijzonder groot beslag leggen op rekentijd; met name bij transportmodellering kan deze gemakkelijk vele weken belopen. De rigoureuze methode van sommigen, die de klus verdeelden over honderden computers binnen hun instituut, in het weekend uiteraard, is niet voor iedereen weggelegd. Er zijn verschillende alternatieven. Eén daarvan is de FOSM ('first order second moment', Kunstmann en Kinzelbach). Maar Mishra veegde even later hiermee de vloer aan, door aan te tonen dat de FOSM-methode belangrijk kan afwijken van het Monte Carlo-resultaat in tegenstelling tot zijn PEM-methode ('Point Estimation Method') die evenals de FOSM-methode de rekentijd met orders vermindert. PEM lijkt ons een aanrader.

Bijzondere belangstelling van de hydrologen was er voor de charmante testbox van Oswald en Kinzelbach, waarmee modellen voor dichtheidsstroming kunnen worden geverifieerd (gevalideerd?). Het betreft een doos van 24 x 24 x 24 cm, gevuld met glasbolletjes waarin op een geconditioneerde manier dichtheidsstroming kon worden gerealiseerd. Het bijzondere was dat de positie van het grensvlak en de overgangszone tussen beide watersoorten binnen 3 minuten driedimensionaal op 1 mm nauwkeurig kan worden gescand en zichtbaar gemaakt. Eindelijk kunnen hiermee dichtheidsmodellen aan een fysisch model worden getoetst in plaats van uitsluitend aan elkaar.

Een bijzonder helder verhaal was er van Paul Torfs van de LUW over toepassing van neurale netwerken bij kalibratie. Eindelijk legde iemand uit hoe die neuronen van zo'n netwerk in staat zijn een bepaald trendvlak, in dit geval van doorlatendheden te vormen en hoe een dergelijk netwerk kan dienen als een universele interpolator, o.a. voor het verzinnen van zonering.

Na enige discussie waren we het erover eens dat het knapste verhaal afkomstig was van Lennox, Waterloo, die op stochastische wijze met een transportmodel een recent ontdekte grondwaterverontreiniging vertaalde naar concentraties in onttrekkingsputten in de afgelopen dertig jaar. Hij koppelde hieraan een leidingnetmodel om uit te rekenen wat de concentratie in het drinkwater geweest is op elke plek in de stad, en daarmee de belasting van de bewoners. Deze hele modellering hield op indrukwekkende wijze rekening met de ontwikkeling van de grondwatersituatie, het seizoensspecifieke onttrekkingsregime en de verdeling van het drinkwater uit de afzonderlijke schone en vervuilde putten in het leidingnet, in een periode van eveneens ontwikkelende urbanisatie. Het resultaat is een kwantitatief beeld van de belasting van de bewoners gedurende deze periode, waarvan de onzekerheid met Monte Carlo werd berekend op 300 computers tegelijk. Het zal spannend zijn hoe het nu lopende epidemiologische onderzoek gaat uitpakken. Voor degenen die *A Civil Action* hebben gelezen (of de film gezien) over de rechtszaak naar aanleiding van de gigantische tri-verontreiniging in Woburn bij Boston (zoek naar 'Woburn' op het Internet), kunnen zich voorstellen wat voor rechtszaken hieruit nog zullen volgen.

Theo Olsthoorn en Harry Rolf

6^e MicroFEM-gebruikersdag

Op de zesde MicroFEM-gebruikersdag in oktober stond de integratie van MicroFEM met andere pakketten centraal. Al eens eerder was een koppeling met Arc/info tot stand gebracht. Dit keer werd iets verteld over GIS, ArcView, DuFlow, EcoWell en MUST. Zoals ieder jaar heerste de sfeer van een reünie en ik heb de indruk dat de meeste bezoekers tevreden naar huis gingen. De nieuwe ontwikkelingen klonken de fanatieke MicroFEM-gebruikers als interessante muziek in de oren. Wie al eens verder heeft gekeken, meende soms een echo uit het verleden te horen.

Als eerste vertelde Kick Hemker iets over het laatste nieuws rondom MicroFEM. Hoewel 90% van de bedrijven inmiddels de Windows-versie in huis heeft, wordt ook nog ontwikkeld aan de DOS-versie (3.12). Deze is geschikt gemaakt voor processoren met een frequentie tot 600 MHz. De lichte Windows-versie (3.40 LT) met vooral wijzigingen in de interface staat inmiddels op Internet (<http://www.microfem.nl>).

Reinoud van Rooij van Fugro hield een enthousiast verhaal over de toepassing van sonderingen ('cone penetration tests') bij het schematiseren van de geohydrologische opbouw. Fugro kampt meestal met een teveel aan gegevens en is op zoek naar mogelijkheden om op een verantwoorde manier met de informatieovervloed om te gaan. Na een verhaal over de techniek en financiële voordelen van het sonderen vroeg Van Rooij aan de zaal wie dit eigenlijk al wist. Dat bleek bijna iedereen te zijn, zodat er snel een punt achter het "meten met conusgedoe" werd gezet. De lezing kreeg een interessante wending toen Reinoud liet zien hoe GIS (Groundwater Modelling System) op basis van een vijftal geïnterpreteerde sonderingen binnen enkele seconden met behulp van een stuk of wat profielen een beeld schetste van de mogelijke bodemopbouw. De snelheid waarmee een schemati-

sering van het verloop van de lagen gepresenteerd werd, was dermate indrukwekkend dat we bijna vergaten ons af te vragen of de getoonde schematisering eigenlijk wel verantwoord was.

Tjeerd Willem Hobma (ITC) hield een korte inleiding over de koppeling van GIS met MicroFEM en vice versa, waarna Marijn Zuurmond uitlegde hoe hij als hobby met de verse vader Michiel Boelhouwer een MicroFEM-menu aan ArcView had toegevoegd. Dit menu maakt het mogelijk netwerken en modelgegevens tussen beide pakketten uit te wisselen en te interpoleren zoals dat in MicroFEM gebeurt. Nadeel aan de wijze van implementatie is de traagheid waarmee een Avenue-script wordt gelezen en geïnterpreteerd door ArcView. Het is de vraag of de snelheid beter wordt wanneer het onder UNIX draait, omdat de Arc-scripts niet efficiënt gebruik maken van de 'parallel processing'-mogelijkheden van UNIX. Desalniettemin is het prettig wanneer er eenvoudig met verschillende invoergegevens voor MicroFEM gewerkt kan worden en wanneer de modelresultaten in ArcView geladen kunnen worden voor grafische presentatie. Het ontwikkelde ArcView-menu is momenteel een werkend prototype, waarvan nog niet bekend is of het commercieel verhandeld gaat worden. Toegezegd werd dat er vanaf december een lichte versie op de weblocatie van MicroFEM beschikbaar zou zijn. Marijn en Michiel moeten misschien eens contact opnemen met NITG-TNO om te zien of er nog behoefte is aan een MicroFEM-menu in REGIS. (Over de koppeling tussen REGIS en MicroFEM zou een aantal jaren geleden op dezelfde gebruikersdag een lezing worden gehouden, maar die ging helaas niet door.)

De volgende spreker, Frank Smits (een student aan de VUA en LUW), legde uit hoe hij van plan was een koppeling met het oppervlaktewaterstromingspakket DuFlow tot stand te brengen. Het grootste probleem hierbij is de discretisatie van tijd en ruimte.

DuFlow rekent meestal met kleinere tijdstappen dan MicroFEM maar heeft daarentegen minder knooppunten. Die knooppunten mogen niet op dezelfde plek liggen als in het grondwatermodel.

Na de lunch kwamen de chemie en de onverzadigde zone om de hoek kijken. Maarten de Gee vertelde als wiskundige van de Landbouwniversiteit Wageningen iets over het programma EcoWell. De Gee had een 3D-probleem voor convectief-advectief stoftransport inclusief diffusie "platgeslagen" om het concentratieverloop langs een enkele stationaire stroomlijn te volgen. Het pakket kan 'native' MicroFEM-bestandsformaat inlezen en komt binnenkort op de markt, inclusief de FORTRAN-code. Of we voor de bepaling van het gemiddelde concentratieverloop in een gebied zelf het gemiddelde over alle stroomlijnen in dat gebied moeten uitrekenen, bleef onduidelijk. Ik vraag mij af hoe wordt omgegaan met de bevindingen van Wouter Zijl* (NITG-TNO) dat bij stationaire stromingssystemen de transversale macrodispersie geringer is dan in de bodemverontreinigingspraktijk van de milieutechniek.

Gerrit Rot van Bodemvochtbelang hield de voorlaatste lezing, die ging over onderzoek van de VU in de Noordhollandse veenweidegebieden. Het onderzoek richt zich op mogelijkheden voor de ondersteuning van ecohydrologisch onderzoek door het simuleren van bodemprocessen en de stroming van ondiep grondwater. Voor dit laatste wordt gedacht aan een koppeling van het onverzadigde-zone-model MUST met MicroFEM en Rot legde dan ook kort uit hoe MUST werkt. In een nabespreking werd gesuggereerd dat de onverzadigde zone wellicht beter met SWAP gemodelleerd kan worden, zij het dat SWAP meer invoer nodig heeft. Ook FLUZO heeft bij mijn weten inmiddels een breder

toepassingsbereik dan MUST dat uit het begin van de jaren '80 dateert. Maar misschien zoekt men daar wel niet naar en voldeet MUST prima. De Wet van Darcy dateert uit 1856 en doet het ook nog steeds.

Geert-Jan Nijsten toonde hoe de Help-functie van MicroFEM is geïmplementeerd, waarna de dag werd afgesloten door Kick Hemker, die onder meer liet zien waaruit de top-15 voor geplande verbeteringen aan MicroFEM bestaat. Met deze top-15 is men tot zomer 2000 bezig. Pas daarna is er tijd om te werken aan een niet-stationaire optimalisatie (automatische kalibratie) van *alle* parameters, waaronder het topsysteem. Dat vind ik een beetje jammer, want een van de grootste fouten in regionale grondwatermodellen is volgens mij de grondwateraanvulling. Maar ondanks dat MicroFEM vroeg was met stationaire kalibratie van de grondwateraanvulling, wordt ook die nog niet altijd toegepast. Ten onrechte.

De meeste aandacht gaat vanzelfsprekend naar veel gehoorde vragen. Zo zijn er mensen die een optie voor getalletjes bij isohypsen willen, een optie die ze ook nog uit willen kunnen zetten. Hemker vertelde dat hieraan een hele stapel afwegingen vooraf moet gaan: hoe groot moeten de cijfers, welk lettertype, welke kleur, moeten ze op of naast de isohypsen en aan welke kant en met welke oriëntatie dan? Daarnaast is het wat raar dat iemand een optie wil om deze vervolgens weer uit te zetten. Mijn tip van de dag is om isohypsen aanklikbaar te maken, waarna de stijghoogte door een hese damesstem met 32-bits geluidskwaliteit in de oren wordt gefluisterd. Misschien kunnen de rapporten dan voortaan ook meteen op CD-ROM worden geleverd.

Michael van der Valk

* Zijl, W. (1999) Scale aspects of groundwater flow and transport systems; in: *Hydrogeology Journal*, vol 7, nr 1 (February 1999), pag 139-150.