

Brieven

Reactie op het artikel 'Simuleren van 3D dichtheidsafhankelijke grondwaterstroming: MOCDENS3D' door Gualbert Oude Essink in STROMINGEN 4 (1998), nr 1.

In bovengenoemd artikel wordt ingegaan op de mogelijkheden om met MODFLOW in MOCDENS niet-stationaire dichtheidsafhankelijke grondwaterstroming te simuleren. Daarbij worden aansprekende voorbeelden gehanteerd, waarmee de kracht van deze techniek wordt aangegeven. Jammer genoeg worden op diverse plaatsen stellingen betrokken, met name over andere modelleertechnieken, die afbreuk doen aan het doel van het verhaal, nl. het laten zien dat met deze techniek ingewikkelde problemen met de gewenste nauwkeurigheid kunnen worden opgelost (als de beschikbare reken capaciteit voldoende is). Mijn reactie is vooral gericht op de in het artikel gemaakte opmerkingen over grootschalig modelleren en over MLAEM en NAGROM, welke onderwerpen jarenlang de kern van mijn werkzaamheden hebben gevormd.

Grootschalig modelleren

In de openingszin wordt aangegeven dat in dit artikel wordt gepresenteerd hoe grootschalige grondwatersystemen met dichtheidsverschillen en niet-stationair kunnen worden gesimuleerd met MOCDENS3D. Geen van de gegeven voorbeelden zijn echter grootschalig. Behalve in een voetnoot (nr. 10) wordt niet ingegaan op hoe een dergelijk omvangrijk model eruit gaat zien noch wordt een ander voorbeeld aangehaald. De pretentie van de openingszin wordt dus niet waargemaakt in het artikel.

Van de code MVAEM (nu MLAEM/VD) en de berekeningen die daarmee zijn uitge-

voerd wordt gesuggereerd (voetnoten 1 en 2) dat die niet goed zijn en niet als goed alternatief hoeven te worden gezien. Voorlopig zijn de bestaande NAGROM-modellen de enige mogelijkheid om grootschalige analyses mee uit te voeren. Om te kunnen oordelen over het grootschalig (semi-)3d modelleren van grondwaterstroming met dichtheid moet op zijn minst een vergelijkbaar ander (3-d) model bestaan, waarin het belang van de verschillende aspecten kan worden aangetoond.

Een van de belangrijkste aspecten van grootschalig modelleren met dichtheid is het verkrijgen van een plausibele drie-dimensionale dichtheidsverdeling. Het grootschalig interpoleren van een 3-d dichtheidsveld in een meerlagensysteem is een niet mis te verstane klus op zichzelf. Gezien de lange historie van pogingen om grootschalig dichtheidsstroming te modelleren en de inspanningen van Otto Strack, Bennie Minnema, Hans van der Meij en mijzelf gedurende vele jaren met deskundige hulp van vele anderen is het mij niet duidelijk hoe alleen dit aspect al op een andere manier beter zal kunnen worden uitgevoerd.

Hieronder ga ik in op de genoemde 'nadelen' van MLAEM/VD.

Dispersie

In het grootste deel van het gebied waarin dichtheid in grondwaterstroming in Nederland speelt, vindt men geen scherpe grensvlakken, noch enorme stromingen die grote mechanische dispersie veroorzaken. Modellen voor situaties met grote gradiënten en stroomsnelheden zijn meestal lokaal omdat zij een specifiek probleem beschrijven (bijvoorbeeld stroming rond een put). Het grondwater in het grootste deel van zout-Nederland verplaatst zich langzaam, soms zelfs in de orde van de diffusie-snelheid (Noord-Nederland).

De noodzaak om met mechanische dispersie te rekenen is in de grootschalige modelleerpraktijk uiterst beperkt omdat

- 1 in dergelijke situaties longitudinale mechanische dispersie een maximale versnelling van frontdeeltjes geeft met ongeveer een factor 2 hetgeen binnen de nauwkeurigheid van het model valt en
- 2 transversale mechanische dispersie überhaupt vrijwel verwaarloosbaar is (blijkt uit theoretische beschouwingen van Dagan en Gelhar, uit metingen op test-sites (zie diverse artikelen in Water Resources Research) en uit recent onderzoek op basis van simulaties die in opdracht van RIZA worden uitgevoerd door de Universiteit van Minnesota).

Dit brengt mij ertoe om te stellen dat het eerder een voordeel is dat met MLAEM/VD zonder dispersie wordt gerekend dan een nadeel. Overigens bestaat er een formulering voor longitudinale dispersie die geschikt is om in MLAEM/VD in te bouwen als daarvoor de noodzaak alsnog zal blijken.

Niet-stationariteit

Als de schrijver onder het ontbreken in MLAEM van niet-stationair rekenen verstaat dat er geen rekening wordt gehouden met de berging klopt dat. Maar die berging is niet van belang voor verplaatsingsberekeningen aan dichtheid/zoutgehaltenes in zout-Nederland exclusief de duingebieden. De verplaatsingen zijn pas na decennia relevant en over die periode kan het effect van de (elastische) berging in deze gebieden volledig verwaarloosd worden. Dit punt is daarmee irrelevant voor grootschalige modellering van zout-Nederland.

Verplaatsing met MLAEM/VD

Het verplaatsen met MLAEM/VD gebeurt in zijn eenvoudigste vorm door de punten

waaraan de interpolatie van de dichtheid is opgehangen (dit zijn meestal de meetpunten) te verplaatsen. Als de punten goed verdeeld zijn is dit een zuivere benadering, waarmee geen dispersie optreedt. (Indien noodzakelijk kan het hele veld met extra punten worden vastgelegd opdat de verplaatsing van dichtheid nauwkeuriger wordt berekend.)

De grootte van de tijdstap hangt af van de grootte van de verandering in de dichtheidsverdeling en eigenlijk alleen van het effect van dat laatste op het stromingsveld. Immers, zolang het berekende stromingsveld niet of nauwelijks wordt gewijzigd door de verplaatsing van de dichtheid mag dat stromingsbeeld als representatief worden genomen. Pas als het stromingsbeeld door de verandering in de dichtheidsverdeling verandert, moet een nieuwe berekening van het stromingsveld uitgevoerd worden. Dit stemt overeen met hetgeen in het artikel onder "Grootte van de tijdstap Δt " wordt geschreven. Behalve de daarin genoemde voorwaarden voor de tijdstap bestaan er binnen MLAEM/VD geen (bijvoorbeeld numeriek gebaseerde) restricties.

Voor de langzaam stromende delen (bijvoorbeeld Noord-Nederland) kan met gemak een periode van 50 jaar worden aangehouden, waarbinnen de dichtheidsverandering geen effect op de stroming heeft. Daarnaast zijn de gradiënten in de dichtheid zo klein dat binnen 50 meter nauwelijks onderscheid in dichtheid te maken is. En dat is zo ongeveer de afstand waarover de verplaatsing optreedt.

Het zoutgehalte kan lokaal wel op relevante schaal voor mens en dier veranderen, zeg van 100 naar 1000 mg/l. Regionaal/landelijk gezien voor bijvoorbeeld effecten van zeespiegelstijging en maaiveldsdaling op het zoutgehalte in het oppervlaktewater middelen deze lokale effecten uit. Een dergelijke verandering betekent (vrijwel) niets in termen van dichtheidstroming.

De NAGROM-berekeningen op dit vlak voor de 4^e Nota Waterhuishouding geven daarom een voldoende indicatie over de te verwachten trends in de doorspoelingsbehoefte van zout-Nederland.

De berekeningen door Bennie Minnema en Hans van der Meij van NITG-TNO voor de provincie Friesland zijn volgens mij uniek (!) op het gebied van grootschalige 3-dichtheidsstroming. De resultaten zijn goed en betrouwbaar en vertonen geen problemen met de verticale stromingscomponent. (Dit komt omdat de variabele die dat probleem veroorzaakte, een smoothing-parameter in de interpolator van de dichtheid, niet gelijk aan nul hoeft te zijn in gebieden zonder sterke gradiënten.) Het feit dat de berekeningen quasi-stationair zijn maakt geen verschil uit met de methode die in het artikel wordt beschreven.

Overigens is sinds begin 1998 het probleem waarin in voetnoot 1 op wordt bedoeld fundamenteel opgelost. Problemen kwamen overigens alleen voor bij lokale vraagstukken met scherpe gradiënten en dus niet bij grootschalig modelleren met NAGROM.

Tot slot

Met de MODFLOW/MOCDENS-techniek moet voor modellen ter grootte van de NAGROM-deelmodellen met tussen de 5 en 8 miljoen cellen van $100 \times 100 \times 10 \text{ m}^3$ worden gewerkt, hetgeen met minstens 16 deeltjes per cel (omdat $\alpha_L = 0,2$ zou moeten worden toegepast volgens proefschrift Oude Essink, pag 296) naar mijn schatting in de orde van 2500 tot 4000 Mb RAM-geheugen vraagt. Dat is nog steeds heel veel in vergelijking met een dergelijk NAGROM-model dat in ieder geval binnen 128 Mb blijft. Bij dergelijke aantallen cellen is het bovendien niet onwaarschijnlijk dat numerieke instabiliteiten optreden. De opmerkingen in de inleiding van het artikel over gebruikers die afhaken in verband met hardware-beper-

kingen lijken mij vooralsnog ook van toepassing op het gebruik van de MODFLOW/MOCDENS-techniek bij grootschalig modelleren, want bijna geen enkele hydroloog beschikt over een computer met 1500 Mb zoals die in Utrecht staat.

*Wim de Lange
RIZA, Lelystad*

Een geohydrologisch raadsel

In het ontwerp Waterhuishoudingsplan 2 van de provincie Noord-Brabant las ik het volgende beleidsuitgangspunt:

“Bij een slechtere waterkwaliteit kan bij degene die grondwater onttrekt de behoefte bestaan om bestaande ondiepe winningen te verplaatsen naar dieper gelegen watervorende pakketten. De provincie zal met dergelijke verzoeken zeer terughoudend omgaan, omdat het niet past in de realisering van een duurzame watervoorziening. Verplaatsing naar de diepte verslechtert de kwaliteit van het grondwater en beïnvloedt de regionale kwelssystemen. De verslechtering ontstaat door een versterking van de verticale grondwaterstroming. Het ondiep verontreinigde grondwater wordt als het ware versneld naar beneden gezogen, waardoor het zich in relatief korte tijd over grote afstanden verplaatst en daarbij een groot volume aan grondwater verontreinigt.”

Hoe kan dat? Zijn er lezers van STROMINGEN die mij kunnen helpen om dit raadsel op te lossen?

Eric Broers

Laagerf 11
4824 HX Breda
076-541 13 80 (p)
076-572 74 65 (w)