

Enige aspecten van numerieke berekeningsmethoden in de (geo)-hydrologie

Voordracht uit de 28ste vakantiecursus in drinkwatervoorziening 'De winning en aanvulling van grondwater en beïnvloeding van de omgeving', die op 8 en 9 januari 1976 werd gehouden aan de TH Delft.

Inleiding

Door het toenemende aantal belanghebbenden bij het gebruik van grondwater is dit water dat overal in Nederland voorkomt, zij het van wisselende kwaliteit, schaars geworden. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er gezocht wordt naar instrumenten en technieken teneinde een juiste afweging van de vaak tegenstrijdige belangen m.b.t. het grondwater mogelijk te maken. Aan de basis van de hele problematiek rondom het grondwater staat het fysische verschijn-



IR. C. VAN DEN AKKER
Gemeentewaterleidingen
Amsterdam

sel. Hiervan uitgaande kunnen op puur (geo)-hydrologisch gebied een aantal vragen worden gesteld waarop een antwoord nodig is teneinde met een belangenafweging verder te kunnen gaan. In dit verband kan worden bekeken welke rol numerieke berekeningsmethoden kunnen spelen bij het beschrijven, in kwantitatieve zin, van het fenomeen grondwater, zoals dat van belang is voor de winning en aanvulling van dat grondwater en de beïnvloeding van de omgeving.

Het (geo)-hydrologische systeem

Alvorens in te gaan op de toepassing van numerieke berekeningsmethoden t.b.v. grondwaterstromingsproblemen is het wellicht nuttig na te gaan hoe het fysische verschijnsel beschreven kan worden. Als aangenomen wordt dat het grondwater dat van belang is aan de hydrologische kringloop deelneemt, kan deze kringloop opgevat worden als een systeem waarbinnen alle processen plaatsvinden die m.b.t. de grondwaterstroming van belang zijn.

Dit grote systeem kan opgebouwd gedacht worden uit een groot aantal elementen met ieder hun eigenschappen. Tussen de elementen bestaan relaties. Het zal duidelijk zijn dat op deze wijze voor de beschrijving van de natuurlijke hydrologische kringloop een groot aantal elementen, eigenschappen en relaties meespeelt. Het geheel wordt al gauw onoverzichtelijk en onhandelbaar. Daarom worden geen afzonderlijke elementen bekeken maar groepen van elementen (sub-systemen) waarbij dan alle oorspronkelijke relaties tussen deze elementen onveranderd behouden blijven.

Meestal gaat dit ook nog te ver en worden niet alle relaties tussen de elementen

bekeken maar slechts een deel ervan (aspect-systeem).

In dit kader moet nu de grondwaterproblematiek gezien worden.

Er bestaat een groot aantal oplossingen van specifieke grondwaterstromingsproblemen, die op zichzelf min of meer exakt zijn maar waarin slechts met bijv. enkele aspecten binnen een sub-systeem rekening wordt gehouden. Omdat niet het hele systeem wordt beschouwd, waarvan wordt aangenomen dat het geen relaties naar buiten heeft (gesloten systeem), maar een subsysteem is het tevens nodig dat de relaties naar buiten worden aangegeven (open systeem). Er moeten dus randvoorwaarden gebruikt worden. Resumerend kan gesteld worden dat, om het geheel niet onhanteerbaar te maken, uit het grote, gesloten systeem een stuk wordt gehaald (sub-systeem) waarbinnen slechts enkele aspecten worden bekeken en waarvoor randvoorwaarden nodig zijn om de relatie weer te geven met andere sub-systemen.

Indien dus in de geo-hydrologie gerekend moet worden aan zekere problemen zal bepaald moeten worden welke sub-systemen en welke aspecten binnen die sub-systemen in de berekening meegenomen dienen te worden.

Er kan nu gesteld worden dat de schematisatie van de werkelijkheid teneinde te kunnen rekenen aan het geo-hydrologische probleem door twee factoren wordt bepaald:

- Wat wordt gevraagd te berekenen (vraagstelling).
- Hoe is de opbouw van het geo-hydrologische systeem.

Ten aanzien van a. kan gesteld worden dat in de laatste jaren, door het toenemende aantal belanghebbenden bij het grondwater, de vragen naar de gevolgen van zekere ingrepen steeds veelomvatter worden. Men wil meer gedetailleerd en op meer vragen een antwoord hebben. Vandaar dat er wordt gezocht naar methoden die dit mogelijk maken. Een methode die in verschillende vormen al tientallen jaren wordt gebruikt is de simulatie van de werkelijkheid d.m.v. een model.

In dit verband zou als definitie voor een model gebruikt kunnen worden: Een model is een vereenvoudigd systeem ter bestudering van een ander systeem. In de geo-hydrologie kent men verschillende soorten modellen ter bestudering van grondwaterstroming o.a. weerstandsnetwerken, spleetmodellen, elektrolytmodellen, mathematische modellen.

Met nadruk moet gesteld worden dat een model slechts een schematisatie is die in het algemeen op een beperkt aantal vragen een antwoord kan geven en waarvan de

juistheid van dat antwoord afhankelijk is van de mate van overeenkomst tussen model en werkelijkheid m.a.w. welke aspecten spelen een rol bij het fysische verschijnsel dat men wenst te bestuderen (vraagstelling) en welke van deze aspecten zijn in het model opgenomen.

De ontwikkeling van het numerieke rekenen in de geo-hydrologie

Bij de wiskundige beschrijving van bepaalde aspecten in de geo-hydrologie wordt getracht het fysische verschijnsel te vangen in een aantal vergelijkingen. De vergelijkingen kunnen zowel eenvoudige algebraïsche als gekompliceerde differentiaal- of integraalvergelijkingen zijn.

Na het opstellen van de vergelijkingen volgt het oplossen ervan.

Dit is vaak mogelijk met behulp van de klassieke analytische wiskunde.

Als op deze wijze een oplossing kan worden verkregen levert dit veelal een goed inzicht in de onderlinge verhouding van de voorkomende grootheden. Voor het verkrijgen van een kwantitatief resultaat worden daarna numerieke waarden in de formules gesubstitueerd. Soms is het echter met behulp van de klassieke analyse niet mogelijk een oplossing te vinden van bijv. een differentiaalvergelijking. Getracht kan worden om dan met behulp van de numerieke analyse, waarbij rechtstreeks berekeningen met numerieke waarden worden uitgevoerd, een oplossing te vinden.

Er wordt dan dus direct een kwantitatief resultaat verkregen. Het kwalitatieve aspect moet ingebracht worden door de berekening een aantal malen te herhalen voor andere numerieke waarden van de grootheden. Dit is een groot nadeel van de numerieke analyse t.o.v. de analytische aanpak. Door de opkomst van de snelle elektronische rekenmachines en de mogelijkheid een probleem zodanig te programmeren dat het snel een aantal malen doorgerekend kan worden is dit nadeel weliswaar voor een deel opgeheven, maar toch blijft de analytische oplossing in dit opzicht duidelijk in het voordeel.

Een groot voordeel van de numerieke aanpak is echter dat het fysische proces beter in overeenstemming met de werkelijkheid kan worden doorgerekend. De beperking van de analytische benadering dat het probleem veelal geschematiseerd moet worden tot bijv. radiaal-symmetrie, half-oneindige vlakken, cilinders enz. is in de numerieke analyse vaak niet nodig. Het komt binnen de mogelijkheden om ook andere verschijnselen mee te nemen in de berekeningen. Te denken valt hierbij aan bijv. inhomogeniteiten, anisotropie, relaties met andere hydrologische deelsystemen

enz. In deze gevallen kan met succes gebruik worden gemaakt van een numerieke reken-techniek waarbij dan het werkelijke systeem wordt geschematiseerd tot een ander eenvoudiger systeem. Wel moet hierbij gesteld worden dat een oplossing van een dergelijk probleem altijd zal plaatsvinden door een combinatie van zowel analytisch als numeriek rekenen. Het is vrijwel onmogelijk numeriek te rekenen aan bijv. een mathematisch model zonder eerst met behulp van analytische formules een indruk te hebben verkregen over ordes van grootte van bepaalde grootheden, randvoorwaarden e.d.

Er kunnen m.b.t. numerieke berekeningsmethoden t.o.v. andere technieken voor het oplossen van grondwaterstromingsproblemen o.m. de volgende voor- en nadelen worden onderscheiden.

Voordelen:

— als eenmaal een numerieke rekenmethode in een computerprogramma is 'vertaald' kan in dit programma snel en relatief goedkoop een andere situatie worden gebracht;

— omdat vele meetgegevens eenvoudig kunnen worden opgeslagen (op bijv. magneetbanden, magneetschijven enz.) en deze media eenvoudig op een elektronisch rekenapparaat kunnen worden verwerkt is het aantrekkelijk om ook het numerieke rekenwerk op deze apparatuur te laten plaatsvinden;

— met de opkomst van grote en snelle rekenapparaten, die centraal in rekencentra staan opgesteld is het relatief eenvoudig om via hulpapparatuur, zoals terminals in verbinding te komen met deze reken-systemen en gebruik te maken van de vaak zeer uitgebreide mogelijkheden;

— de resultaten van de berekeningen kunnen gemakkelijk en overzichtelijk worden opgeborgen en op elk gewenst tijdstip weer gereproduceerd worden.

Nadelen

— de tamelijk abstracte wijze van werken ten opzichte van bijv. een spleetmodel of weerstandsnetwerk;

— bij grote modellen moeten veelal grote aantallen vergelijkingen worden opgelost wat een vrij tijdrovende (computertijd wel te verstaan) en kostbare zaak kan zijn, vooral bij tijdsafhankelijke problemen;

— er moet veelal gediscretiseerd worden in de tijd.

De waarde van de resultaten van de numerieke berekeningen

De waarde van de resultaten van de nume-

rieke berekeningen is van een aantal factoren afhankelijk:

- de mate van overeenkomst tussen schematisering en werkelijkheid m.b.t. relaties en subsystemen;
- de waarde van de invoerparameters (bijv. bodemkonstanten, konstanten in de gebruikte relaties, meetgegevens m.b.t. oppervlakte-water);
- de numerieke rekennauwkeurigheid.

Er kan gesteld worden dat de onder c. genoemde fout veelal te verwaarlozen is t.o.v. die onder a. en b. Tevens is het niet goed mogelijk a. en b. los van elkaar te beschouwen. Een praktische toepassing van een numerieke rekenmethode of een mathematisch model kan weinig zinvol zijn indien niet de nodige meetgegevens en invoerparameters bekend zijn. De waarde van een model, hoe geavanceerd en welke aspecten er ook in zijn opgenomen, zal in hoge mate worden bepaald door de waarde die aan de invoergegevens kan worden toegekend. Aan de andere kant kan ook juist d.m.v. de modeltechniek een bijdrage worden geleverd aan een goede gegevensverzameling. In elk onderzoek zullen daarom de onder a. en b. genoemde factoren tegen elkaar moeten worden afgewogen en er zal regelmatig een terugkoppelen en bijsturen nodig zijn in zowel de gegevensverzameling, het meetprogramma als de toegepaste modeltechniek.

Het kostenaspect

Welke methode men ook gebruikt voor het afwegen van de belangen in zaken betreffende het grondwater, het zal altijd nodig zijn dat er onderzoek en metingen worden verricht. Hoe complexer de beheersproblematiek wordt des te fundamenteeler zal men willen weten hoe het systeem is opgebouwd en hoe het zal reageren op bepaalde ingrepen. Dit houdt een uitbreiding in van het verzamelen van gegevens en het doen van onderzoek. Het uitvoeren van onderzoek en het verzamelen van meetgegevens is vaak een uiterst kostbare en tijdrovende zaak. In dit licht bezien is het samenbrengen van gegevens en onderzoek, om het overzicht te bewaren en een optimaal gebruik mogelijk te maken, noodzakelijk. Als de stand van de modeltechniek nu zodanig is dat de van belang zijnde aspecten in een rekensysteem kunnen worden gebracht zijn de kosten van het bewerken van de gegevens en het bouwen en doorrekenen van een model vrijwel altijd een gering percentage van de kosten nodig voor het verzamelen van de gegevens.

Rijnland-Palts:

Rijn in '76 minder vuil

Volgens het ministerie voor Milieubescherming van het Westduitse Bondsland Rijnland-Palts is de Rijn in 1976 minder met vuil en afvalstoffen belast dan in voorgaande jaren.

Het ministerie antwoordde schriftelijk op vragen uit het parlement waarin juist was gesuggereerd dat de vervuiling vorig jaar verder was toegenomen.

Het antwoord verwijst naar de metingen van het controlestation Mainz, waar men de 'extreem ongunstige' situatie van de afgelopen zomer (slechts de helft van het normale waterpeil, als gevolg van de droogte en hoge watertemperaturen door de hitte) geen kritieke vermindering van het zuurstofgehalte heeft geconstateerd. In de zomermaanden van de voorgaande jaren was dat steeds wel het geval.

Het ministerie van Rijnland-Palts is van mening dat de situatie zich heeft verbeterd doordat de rivier in 1976 met minder organische afvalstoffen is belast — rond een derde minder dan in de jaren ervoor. Nog markanter, aldus het ministerie, was de afname van de kwikbelasting die sinds 1973 met ca. 60 procent zou zijn gedaald. Het gunstige totaalbeeld is volgens de overheid van Rijnland-Palts het gevolg van haar eerste vijfjarenplan voor de waterzuivering (DPA).

Eerste acht jaargangen van H₂O te koop

De heer F. Damino, Mauritsweg 71 te Geertruidenberg biedt voor geïnteresseerden de eerste acht jaargangen van H₂O te koop aan. Inlichtingen: tel. (0621) - 3247.

