

Enkele formules voor de stroming van grondwater in meer-lagen-systemen

1. Inleiding

De provinciale waterstaatsdiensten worden als uitvoerders van het grondwaterbeheer veelvuldig geconfronteerd met de noodzaak om de hydrologische invloed af te schatten van nog niet gerealiseerde grondwateronttrekkingen, waarvoor een vergunning is aangevraagd op basis van de provinciale grondwaterverordeningen. Hiertoe is een beperkt aantal analytische formules beschikbaar dat voornamelijk op de meest eenvoudige hydrologische situaties betrekking heeft. Op zoek naar een handzame



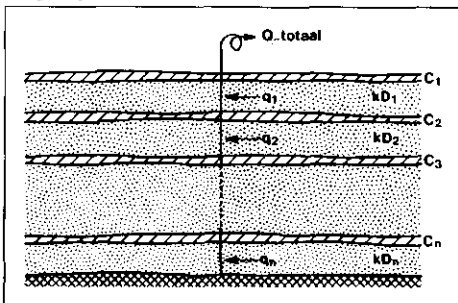
K. MAAS
Interprovinciale werkgroep
Automatiseringsoverleg
Waterbeheer (AOW)



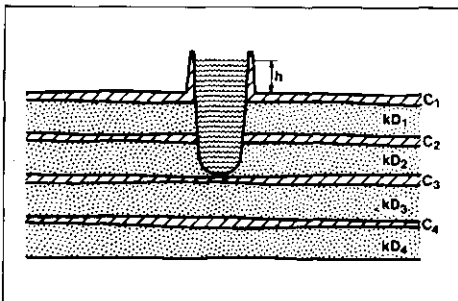
A. ROELSE
Interprovinciale werkgroep
Automatiseringsoverleg
Waterbeheer (AOW)

rekenmethode voor meer gecompliceerde situaties troffen de auteurs een wiskundige techniek aan die (voorzover hen bekend is) nog geen toepassing gevonden heeft in de geohydrologie. Over deze zogenaamde methode der matrixfuncties is op een studiedag van de Hydrologische Kring een voordracht gehouden, waarvan de tekst voor geïnteresseerden beschikbaar is (*Provinciale Waterstaat in Zeeland* [1984]).

Afb. 1 - Rekenschema voor stationaire putstroming in een n-lagen-systeem.



Afb. 3 - Rekenschema voor de gegeneraliseerde formule van Mazure.



Dit programma berekent de verlaging in een N-lagen systeem stationair volgens de gegeneraliseerde formule van De Glee. De invoer geschiedt interactief.

Aantal lagen? : 4
 Laag : 1 c (dagen)? : 1.000. kD (M2/dag)? : 250. Debiet (M3/dag)? : 0.
 Laag : 2 c (dagen)? : 500. kD (M2/dag)? : 250. Debiet (M3/dag)? : 1.000.
 Laag : 3 c (dagen)? : 1.500. kD (M2/dag)? : 500. Debiet (M3/dag)? : 0.
 Laag : 4 c (dagen)? : 3.000. kD (M2/dag)? : 400. Debiet (M3/dag)? : 2.000.
 Afstand waarop de verlaging moet worden berekend? : 25.

Resultaten

Opgegeven afstand uit onttrekking : 25. M

Laag	c (dagen)	kD (M2/dag)	Debiet (M3/dag)	Verlaging (M)
1	1.000.00	250.00	.00	.372
2	500.00	250.00	1.000.00	1.943
3	1.500.00	500.00	.00	.443
4	3.000.00	400.00	2.000.00	3.311

Afb. 2 - Voorbeeld in-luitvoer gegeneraliseerde formule van De Glee.

De theorie der matrixfuncties biedt een zeer snelle en elegante methode voor het oplossen van simultane lineaire differentiaalvergelijkingen en levert eenvoudige gesloten uitdrukkingen op die in de praktijk goed hanteerbaar zijn. Onder meer kan men met deze rekenmethode de meeste bestaande formules voor grondwaterstroming (die hoofdzakelijk afgeleid zijn voor systemen die één watervoerende laag bevatten) uitbreiden tot formules voor systemen met een willekeurig aantal watervoerende lagen, zonder in onoverzichtelijke uitdrukkingen te vervallen. De evaluatie van zulke 'gegeneraliseerde' formules kan uitgevoerd worden met bekende technieken uit de matrixrekening, waarvoor standaard-programmatuur in overvloed beschikbaar is.

2. Softwarepakket Multiple Aquifer Flow

In het kader van het interprovinciale automatiseringsoverleg waterbeheer (AOW) is een programmapakket ontwikkeld dat op de methode der matrixfuncties gebaseerd is. Het softwarepakket MAF omvat momenteel gegeneraliseerde versies van de formules van:

- De Glee
- Mazure
- Bosch

De gegeneraliseerde formule van De Glee incorporeert als bijzondere gevallen de formules van Dupuit en van Huisman/Kempman. In voorbereiding zijn

programma's voor de gegeneraliseerde vorm van de formules van:

- Theis/Hantush
- Edelman

Voorts bevat het softwarepakket een (bestaand) programma voor de optimalisatie van parameters, waarmee bijvoorbeeld pompproeven geïnterpreteerd kunnen worden. (Momenteel alleen operationeel ten aanzien van de gegeneraliseerde formules van De Glee en van Mazure). Verdere uitbreidingen van MAF zullen afhankelijk gesteld worden van de behoefte van de provinciale waterstaatspraktijk.

3. Enkele formules voor de stroming van grondwater in meer-lagen-systemen

De gegeneraliseerde formules die met de methode der matrixfuncties afgeleid kunnen worden vertonen met de oorspronkelijke formules een grote uiterlijke overeenkomst, zoals door tabel I wordt geïllustreerd. (De gebezigde notatie voor de formule van Bosch is wellicht wat minder bekend: het is de complexe variant, die alleen het gedrag van de amplitude en de fase van een grondwatertij beschrijft. De factor β staat voor ϵ/kD , waarin ϵ de elastische bergingscoëfficiënt van het watervoerende pakket is). De vetgedrukte letters in deze tabel zijn matrices. Hoofdletters duiden op vierkante matrices; kleine letters stellen kolommatrices (vectoren) voor: Φ bevat de stijghoogten in de verschillende watervoerende lagen;

TABEL I - Vormovereenkomst tussen de formules voor n-lagen-systemen en de oorspronkelijke formules.

Naam	1-laag-systeem	n-lagen-systeem
De Glee	$\phi = \frac{1}{2\pi} K_o (r\lambda^{-1}) kD^{-1} Q$	$\Phi = \frac{1}{2\pi} K_o r\Lambda^{-1} KD^{-1} q$
Mazure	$\phi = e^{-\lambda^2} \phi(0)$	$\Phi = e^{-\Lambda^2} \Phi(0)$
Bosch	$\phi = e^{-\sqrt{\lambda^2 + j\omega\beta}} \phi(0)$	$\Phi = e^{-\sqrt{\Lambda^2 + j\omega\beta}} \Phi(0)$

A bevat de λ -waarden van het systeem (combinaties van kD -waarden en c -waarden); **KD** bevat de kD -waarden; **q** bevat per laag het onttrokken debiet. In de rechter kolom komen functies voor (de K_0 -functie en de exponentiële functie) die een matrix als argument bezitten. Deze zogenaamde matrixfuncties zijn zelf matrices, die volgens een vast voorschrift afgeleid kunnen worden uit de matrix die het argument vormt. De uitdrukkingen in de rechterkolom zijn dus gewone matrixuitdrukkingen, die rechtstreeks geprogrammeerd kunnen worden. Daarvoor zijn de programma's DEGLEE, MAZURE en GETY geschreven. Om verantwoord met de programma's te kunnen werken is het niet strikt noodzakelijk dat men met de theorie van de matrixfuncties bekend is. Het gedrag van de gegeneraliseerde formules vertoont grote overeenkomst met dat van de oorspronkelijke versies; voorzover ze daarvan afwijken is enig hydrologisch gevoel voldoende voor een kwantitatieve verklaring.

4. Het programma DEGLEE

Het programma DEGLEE berekent de stationaire verlagingen van de grondwaterstanden in een n -lagen-systeem onder invloed van een bron die in alle lagen filters mag bezitten. Het rekenschema is weergegeven in afb. 1. Het programma vraagt om de kD - en c -waarden en om de onttrekkingen; het stelt daaruit zelf de matrices samen. Afb. 2 geeft een voorbeeld van de in- en uitvoer, die via het beeldscherm verlopen.

5. **De programma's MAZURE en GETY**
Het gebruik van de programma's MAZURE en GETY verloopt op analoge wijze. Voor het programma MAZURE is evenwel niet de in tabel I weergegeven formule als uitgangspunt gekozen, maar een uitgebreidere versie die rekening houdt met de mogelijkheid dat de voedende grens niet in alle watervoerende lagen insnijdt. Daardoor ontstaat een rekenschema zoals weergegeven is in afb. 3.

6. Beschikbaarheid van programmatuur

De programma's DEGLEE, MAZURE en GETY zijn vrij beschikbaar op de computer van het ENR-reken centrum te Petten. Ze kunnen met de volgende interactieve commando's gestart worden:
ATTACH, LGO,.....LGO, ID = PZAR.
ATTACH, TRYLIB.
LIBRARY, TRYLIB.
CONNECT, INPUT, OUTPUT.
LGO.
(Op de plaats van de stippeltjes naar keuze intoetsen: DEGLEE, MAZURE of GETY. De letters LGO dienen daarop zonder spatie aan te sluiten).
Het programma zal daarna interactief de in- en uitvoer verzorgen, een en ander

overeenkomstig afb. 2.

Voor geïnteresseerde lezers is – zolang de voorraad strekt – op schriftelijk verzoek bij de auteurs van dit artikel een rapport beschikbaar dat het softwarepakket MAF beschrijft (AOW [1984]). Dit rapport bevat onder meer de volledige listing van de drie genoemde programma's in standaard Fortran 77.

Literatuur

AOW (1984). *Multiple Aquifer Flow (Softwarepakket MAF)*. AOW-rapport, Automatiseringsoverleg Waterbeheer.
Provinciale Waterstaat in Zeeland. *De toepassing van matrixfuncties in de geohydrologie. (Voordracht ter gelegenheid van de studiedag van de Hydrologische Kring, te houden op 4 oktober 1984)*. Onderafdeling Waterbeheer, Nota 84-02.



Herziene Aanbevelingen van de VEWIN vullen gewijzigd Waterleidingbesluit aan

Nog geen halfjaar nadat op 1 juli jl. het gewijzigde Waterleidingbesluit van kracht was geworden heeft de VEWIN in haar ledenvergadering van 21 december jl. daar uit eigen beweging een aanvulling op gegeven in de vorm van een drastische herziening van de uit 1960 daterende Aanbevelingen. Daarin scherpt de bedrijfstak de wettelijke richtlijnen nog aan en stelt zichzelf tot taak al die maatregelen te nemen die weliswaar door de wetgever niet worden verplicht, maar waarvan de waterleidingbedrijven toch vinden dat ze tot hun opdracht behoren. Met het oog op de maatschappelijke betekenis van de openbare watervoorziening mag van waterleidingbedrijven worden verwacht, dat zij uit eigen beweging de inrichting van hun bedrijven in overeenstemming brengen en houden met de ontwikkeling van de techniek en met algemeen aanvaarde beginselen, zo stelt het voorwoord van de Aanbevelingen.

Aangenomen wordt dat alle waterleidingbedrijven redelijkerwijs aan deze Aanbevelingen zullen kunnen voldoen. De Aanbevelingen hebben in die zin een normatief karakter, dat de bedrijfstak van de openbare watervoorziening, verenigd in de VEWIN, daarmee publiekelijk uitspreekt wat naar zijn mening in grote lijnen het bedrijfsbeleid in technisch en hygiënisch opzicht zou moeten zijn. Zij hebben evenwel geen imperatief karakter; een (al dan niet gedeeltelijke) niet-naleving van onderdelen van de Aanbevelingen behoeft niet direct tot de conclusie te leiden, dat er van onzorgvuldigheid sprake is. In verband met de zeer uiteenlopende omstandigheden waaronder de waterleidingbedrijven veelal hun taak dienen te ver-

richten – een aantal bijvoorbeeld is voor de grondstof afhankelijk van oppervlaktewater, andere bedrijven betrekken een deel van hun water uit het buitenland –, zou zo'n dwingend karakter ook niet mogelijk zijn. De inspecteurs van de Volksgezondheid belast met het toezicht op de hygiëne van het milieu, zullen overigens naar verwacht mag worden meer en meer de Aanbevelingen als referentiekader gaan gebruiken. In de Aanbevelingen wordt gewerkt met begrippen 'behoort' en 'behoort bij voorkeur', of de ontkennde vorm daarvan.

Onder 'behoort' wordt verstaan, dat de desbetreffende aanbeveling dient te worden nageleefd, tenzij dit, gelet op de omstandigheden van het geval, redelijkerwijs niet van een waterleidingbedrijf mag worden gevergd. Met 'behoort bij voorkeur' wordt bedoeld dat naleving van de aanbeveling in kwestie zoveel mogelijk dient te worden nagestreefd.

De volgende onderwerpen komen in de Aanbevelingen aan de orde:

- De kwaliteit en de hoeveelheid van het door waterleidingbedrijven afgeleverde water en de druk, waaronder dit moet geschieden.
- De inrichting van de bedrijfsonderdelen van en het verrichten van werkzaamheden in waterleidingbedrijven.
- Het toezicht op de toestand en de werking van het bedrijf, en op de kwaliteit van het water.
- De vakbekwaamheid en de instructie in hygiënisch opzicht van het personeel.
- De voorlichting.
- Relatie met leveranciers en afnemers.
- En tenslotte iets over door het waterleidingbedrijf gebruikte chemicaliën, materialen en toestellen.

