

Die modellering van grondwatervlakke in die Grootfonteinkompartement in Wes-Transvaal

GJ van Tonder^{1*}, H Janse van Rensburg^{**}, JF Botha^{*} en DB Bredenkamp^{**}

^{*}Instituut vir Grondwaterstudies, Posbus 339, Bloemfontein 9300, Suid-Afrika.

^{**}Direktoraat Geohidrologie, Dept. van Waterwese, Privaatsak X313, Pretoria 0002, Suid-Afrika.

Abstract

The modelling of ground-water levels in the Grootfontein Compartment in Western Transvaal

The Grootfontein compartment is situated near Mafikeng in the Western Transvaal and supplies water to the townships of Mafikeng and Mmabatho. It also yields appreciable amounts of ground water for irrigation purposes. Ground-water abstraction in 1984 totalled 15 million m³.

By utilizing the available information and finite element method, a good flow model for the aquifer was constructed. By using this model, it was possible to predict the behaviour of the Grootfontein aquifer successfully.

It is concluded that the Grootfontein compartment has a life span of about 11 years, given the present demand. It is therefore recommended that the aquifer be utilized as an auxiliary water supply in the future.

Inleiding

Die hoofdoel van hierdie ondersoek is die ontwikkeling van 'n gepaste eindige elementmodel wat die fisiese toestande in die Grootfonteinkompartement volgens bestaande inligting beskryf. So 'n model kan baie handig gebruik word vir die bestuur en verdere beplanning van die sisteem.

Die Grootfonteinkompartement is in Wes-Transvaal tussen Lichtenburg en Mafikeng geleë (Figuur 1) en is tans een van die bes benutte dolomietakwifere in Suid-Afrika. Nie alleen is beide Mafikeng en Mmabatho uitsluitlik aangewese op grondwater uit hierdie akwifere nie, maar grootskaalse besproeiing van winter-sowel as somergewasse vind uit die akwifere plaas. Om beheer oor die bedryf van die sisteem te optimeer, is dit in Augustus 1963, by wyse van proklamasie, tot Ondergrondse Waterbeheergebied verklaar.

Gedurende die tydperk 1 Julie 1983 tot 30 Junie 1984 is 7 miljoen m³ water by die Grootfonteinooog onttrek vir Mafikeng en Mmabatho, terwyl 8 miljoen m³ deur die plaaslike boere onttrek is.

Teen 'n bevolkingsaanwaskoers van 12 persent tot 1990 en 9 persent tot die jaar 2000, sal die verwagte waterverbruik van Mafikeng en Mmabatho 38 miljoen m³ teen die jaar 2000 wees.

Fisiografie

Die gebied is 'n tipiese karstlandskap met 'n baie plat topografie ('n val van 50 m kom van oos na wes oor 'n afstand van 16 km voor). Die droë Moloporivier dreineer vanaf die oostekant van die kompartement in 'n noordwestelike rigting.

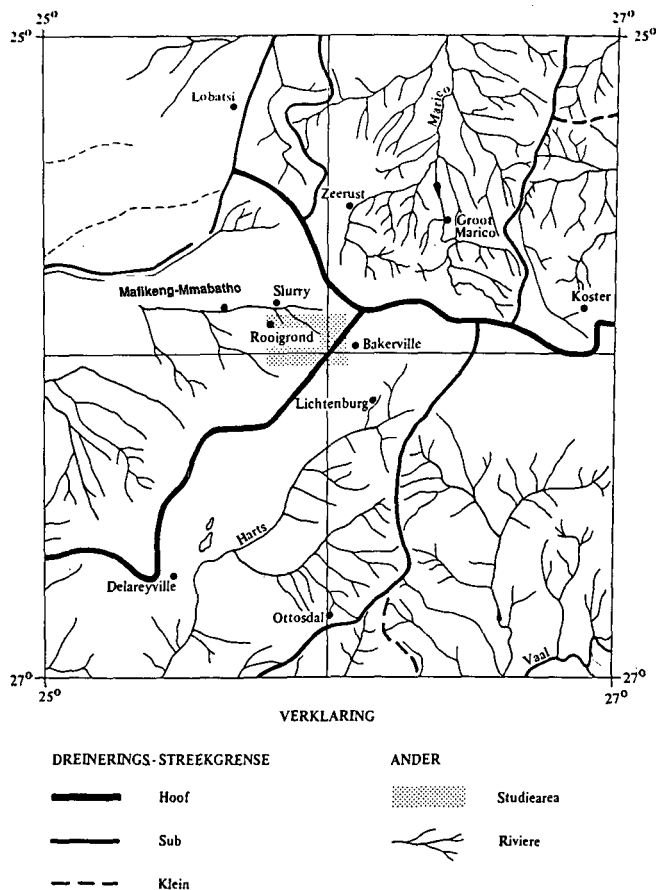
Die gemiddelde jaarlikse reënval is 560 mm en die veldtipes wissel tussen droë Cymbopogon-Themeda, Bankenveld en suuragtige gemengde Bosveld (Acocks, 1975).

Geologie

Verskeie persone het al geologiese, geohidrologiese en geofisiese werk in die gebied uitgevoer (onder andere Von Backström,

1952; Bredenkamp, 1964, 1974, 1984; Porszasz, 1966; Vipond, 1979; Hely-Hutchinson, 1972; Boshoff, 1980; Cogho en Bredenkamp, 1982; Bredenkamp en Janse van Rensburg, 1983; Hauger, 1973; Day, 1976 en Palmer, 1978).

Die graniet-gneis vloergesteente wat die studiegebied onderlê, word deur die Ventersdorp Supergroep, wat hoofsaaklik uit kwartsiet, skalie en lawa bestaan, oorlê. Die Transvaal Opeenvolging bevat die Chunniespoortgroep waarvan die Malmanisubgroep 'n onderafdeling is. Die formasies Swartrif, Oaktree, Monte Christo en Lyttleton is onderverdelings van die Malmanisubgroep.



Figuur 1
Lokalisering van die studiegebied.

¹Aan wie alle korrespondensie gerig moet word.
Ontvang 8 Januarie 1986.

Dagsome van die Oaktreeformasie kom in die westelike gedeelte van die studiegebied voor en word deur donkerkleurige chertvrye dolomiet gekenmerk. Die Monte Christoformasie bestaan hoofsaaklik uit 'n chertvrye, ligkleurige dolomiet wat ooswaarts in dikte toeneem en waarskynlik die belangrikste grondwaterdraer in die gebied is. Die Lyttletonformasie dagsom in die noordoostelike deel, en word gekenmerk deur 'n donkergrys dolomiet met sjokoladebruin vertering met relatief min chert en dus relatief min grondwater.

Die Grootfonteinkompartement word begrens deur 'n aantal diabaasgange, naamlik die Blaauwbank-, Grootfontein-, Trekdrift-, Elizabeth-, Grasfontein-, Stryd-, Mooimeisjesfontein- en Verliesgange (Figuur 2). Die invloed van hierdie gange op die grondwatersisteem sal in die volgende paragraaf bespreek word.

Geohidrologie

Die beoogde model vir die Grootfonteinkompartement is gebaseer op die oplossing van 'n partiële differensiaalvergelyking. In so 'n model speel die gedrag van die fisiese verskynsel op die rand van die gebied 'n baie belangrike rol. Dit beteken dat vir 'n akkurate model die posisies van hierdie rand en die gedrag van die watervlakke op die rand, goed bekend moet wees.

Die noordelike grens van die kompartement word deur die Grootfontein- en Trekdriftgange gevorm. Toetsboorgate het getoon dat die Grootfonteingang hoogstens 20 meter breed en semi-deurlatend is (Bredenkamp, 1974). Dit verklaar die verskil van 6 m in grondwatervlak noord en suid van die Grootfonteingang by die Grootfonteinooog. Daarenteen toon grondwatervlakwaarnemings op die plaas Vallefontein 113 JO (Figuur 3) geen verskil in watervlakke aan weerskante van die gang nie.

Grondwatervlakkontoere toon 'n afwykende depressie naby

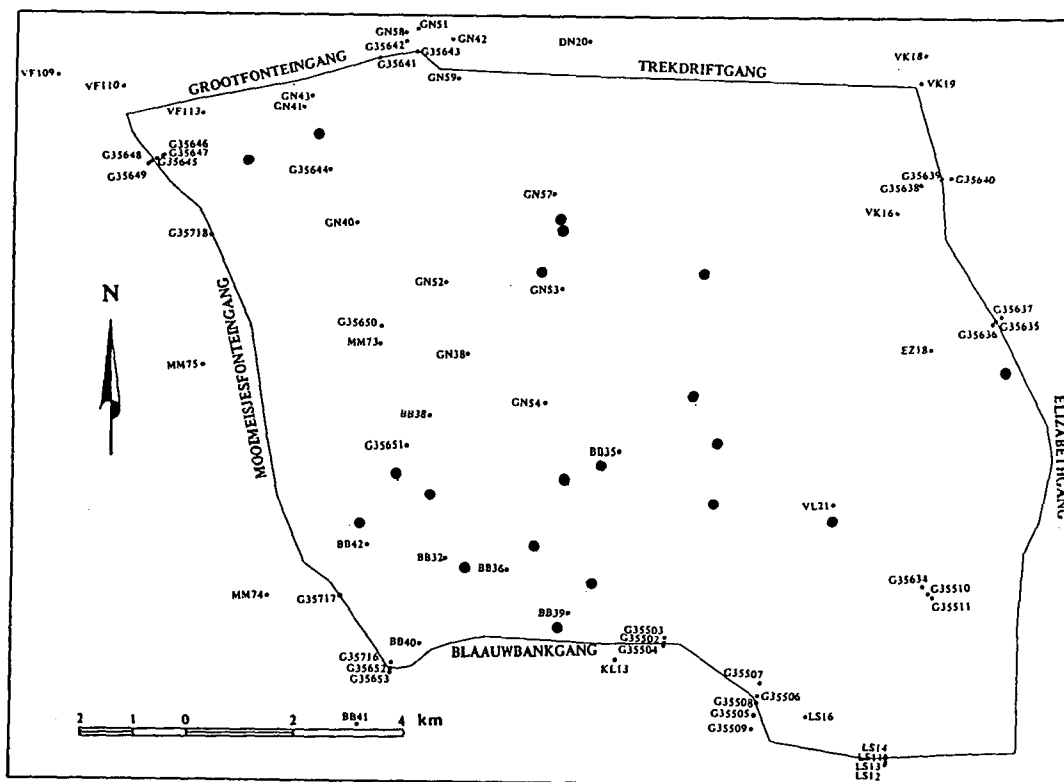
die snypunt van die Grootfontein- en Trekdriftgange. Volgens Bredenkamp (1974) blyk dit dat hier 'n diep verweringskom met 'n deursnit van 150 m aanwesig is. Die verweringskom is vermoedelik 'n fossiele sinkgat en is opgevolg met Karoosedimente, bestaande uit kleie. Volgens 'n pomptoets is die deurlatendheid van hierdie kleie baie laag (Gombar, 1974). Lekkasie is dus wel hier aanwesig, maar die volume grondwater betrokke blyk gering te wees.

Die Trekdriftgang is smal en die grondwatervlakverskil aan weerskante van die gang is 4 m met die laer vlak aan die noordekant daarvan (Bredenkamp, 1974). Dit is dus duidelik dat lekkasie noordwaarts oor die Grootfontein- en Trekdriftgange plaasvind.

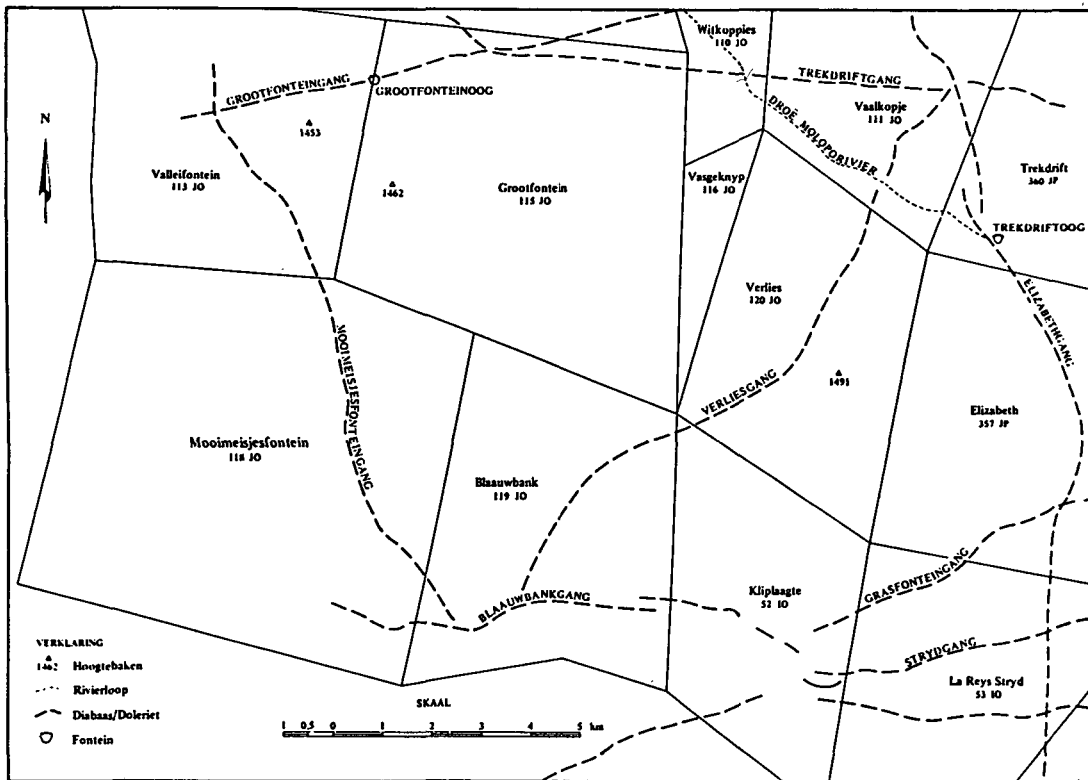
Pomptoetse het getoon dat die Mooimeisjesfonteingang, wat die westelike grens van die kompartement vorm, se deurlatendheid laag is. Daar is egter nie 'n aanmerklike verskil in grondwatervlak aan weerskante van die gang nie (ongeveer 1 m met die laer grondwatervlak aan die westekant). Nogtans sal die verskil in grondwatervlak verseker dat water oor die gang lek.

Die suidelike grens van die kompartement word deur die prominente Blaauwbankgang gevorm. Grondwatervlakke is tot 12 m hoër aan die suidekant van die gang as aan die noordekant. Die moontlikheid van lekkasie deur die gang word gering geag weens:

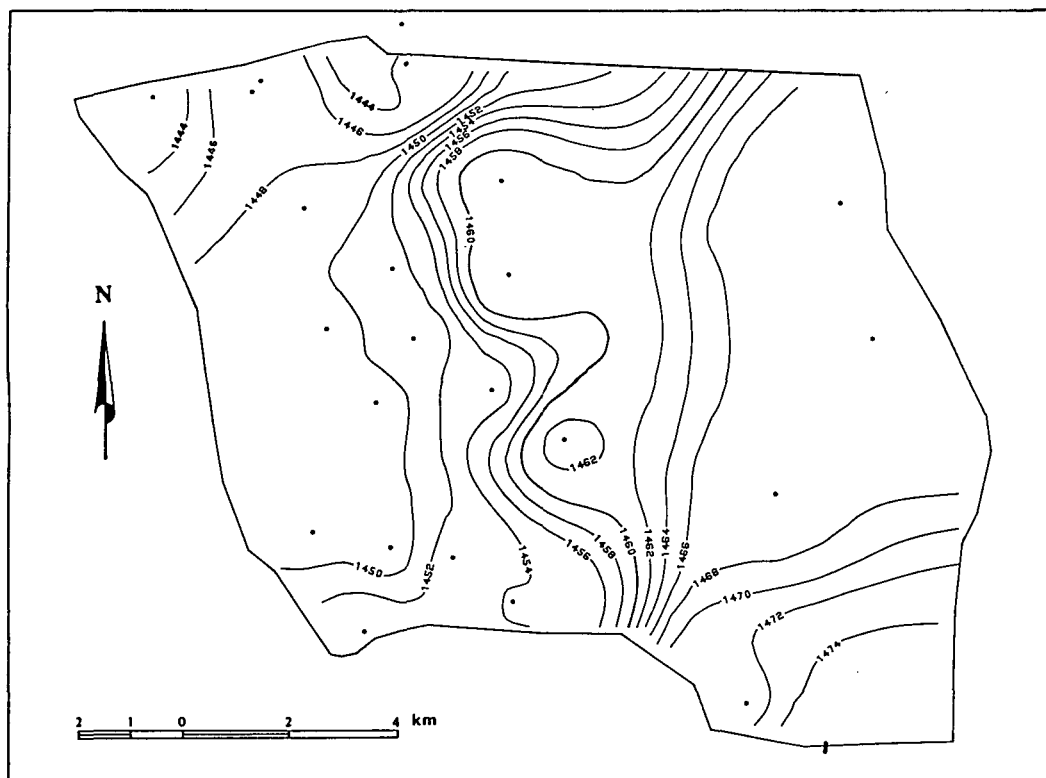
- die uiters lae lewerings van toetsboorgate in die gang;
- lekkasie deur 'n 80 m breë struktuur met 'n lae deurlatendheid moet gering wees; en
- die grondwatergradiënt in die kompartement net suid van die gang is suidweswaarts wat aandui dat geen of weinig grondwater noordwaarts vloei nie.



Figuur 2
Grootfonteinkompartementgrense met produksie- en waarnemingsboorgate. Produksieboorgate is donkerder gearseer.



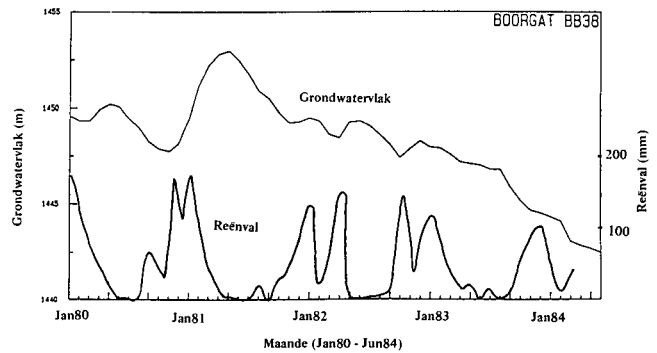
*Figuur 3
Fisiografiese kenmerke van die Grootfonteinkompartement.*



*Figuur 4
Grondwaterlakkontoere in die Grootfonteinkompartement vir Januarie 1980.*

Aan die oostekant word die kompartement deur die Elizabethgang begrens wat ook redelik dig blyk te wees na aanleiding van geen lewerings uit toetsboorgate nie. Die grondwatervlakverskil is 2 m aan weerskante van die gang (met die laer vlak aan die weste).

Daar bestaan nie duidelikheid oor die suidoostelike grense van die kompartement nie. Hier is daar minstens drie, te wete die Grasfontein-, Stryd- en Blaauwbankgange, aanwesig. Volgens Bredenkamp (1984) blyk dit dat die gebied La Reys Stryd 53 IO tussen die Grasfontein- en Blaauwbankgange deel vorm van die Grootfontein se opvanggebied. Dit wil dus voorkom of die Grasfontein- en Strydgange redelik deurlatend is. Daar is derhalwe besluit om die Blaauwbankgang ook hier as grens te gebruik. Sedert 1974 is grondwatervlakke van 38 boorgate op 'n maandelikse basis in die Grootfonteinkompartement gemonitor. Figuur 4 toon die grondwatervlak in die kompartement vir Januarie 1980, wat toon dat die normale vloei rigting van die grondwater vanuit die suidooste en ooste na die weste en noordweste is. Waarnemings het getoon dat die grondwatervlak in die kompartement binne drie tot vier dae na goeie reënbuie van 25 mm en hoër reageer (Cogho en Bredenkamp, 1982). Gedurende die periode November 1980 tot April 1981 het grondwatervlakke 'n styging getoon weens aanvulling as gevolg van goeie reën, maar sedertdien vertoon watervlakke 'n kontinue daling (Figuur 5). Die reënval by die Grootfonteinog vir die jaar Oktober 1980 tot September 1981 beloop 738 mm teenoor die 470 mm vir die daaropvolgende jaar. Die dienoreenkomstige reënvalsifets by Slurry wat 15 km buite die kompartement val, is egter 790 mm en 617 mm vir die twee jare. By die beoordeling van die reënval van Slurry in Figuur 5 moet hierdie afwyking dus in gedagte gehou word. Nog 'n rede vir die groter daling wat boorgate toon nieteenstaande die Januarie 1982 reënval, is die feit dat boere



Figuur 5
Voorbeeld van 'n boorgat se watervlak oor 'n periode van 53 maande, strekkende van Januarie 1980 tot Junie 1984.

meer gepomp het gedurende hierdie periode. Figuur 6 toon die grondwatervlakverskille vir die tydperk November 1980 tot April 1981.

Die kontoere van die bodemrotslewasies (onverweerde dolomiet) (Figuur 7) toon dat daar 'n val van die ooste na die weste en noordweste voorkom.

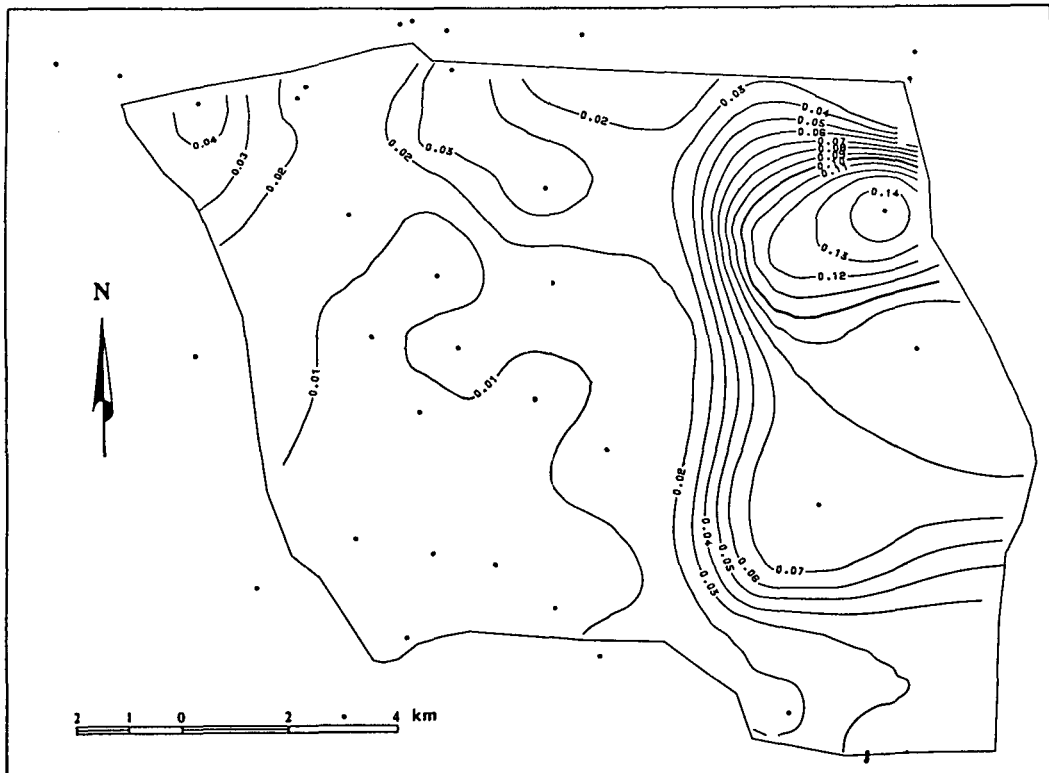
Die kD-waardes (transmissiwiteite) wat uit pomptoetse bereken is, wissel van 1 tot 23 000 m² per dag. Hierdie geweldige wye verspreiding in kD-waardes kan toegeskryf word aan die heterogene en moontlik anisotropiese toestand wat so kenmerkend van 'n dolomitiese grondwaterdraer is. Volgens pomptoetse is die kD-waarde van die grondwaterdraer in die omgewing van die Grootfonteinog tussen 11 000 m² per dag en 23 000 m² per dag beraam (Cogho en Bredenkamp, 1982). Die kD-waardes van die diabaasgange, verkry uit pomptoetse, dui op waardes wat wissel van onmeetbaar klein tot 16 m² per dag. Verder is die kD-



Figuur 6
Grondwatervlakverskille in die Grootfonteinkompartement vir die tydperk November 1980 tot April 1981.



Figuur 7
 Bodemrotselvasies (soliede dolomiet) van die Grootfonteinkompartement.



Figuur 8
 Bergingskontoure van die Grootfonteinkompartement soos bereken vanaf die aanvullingsgrafieke as aanvaar word dat die aanvulling 8% van die reënval verteenwoordig.

waardes van die Monte Christoformasie hoër as die van die Lyttelton- en Oaktreeformasies. Dit stem ooreen met die feit dat die lewerings van boorgate in die Monte Christoformasie ($> 15\ell/s$); deurgans hoër is as die Lyttelton- en Oaktreeformasie ($< 5\ell/s$) (Cogho en Bredenkamp, 1982).

Die soortlike lewering (S-waarde) van die kompartement wissel ooreenkomstig die voorkoms van die uitgeloopte dolomiet wat baie heterogeen kan wees. Vanweë die hoë kD-waardes in die kompartement kon die S-waardes nie uit pomptoetse bereken word nie. Vir hierdie modelleringspoging is beramings van die S-waardes m.b.v. die bekende volumebalansvergelyking gedoen:

$$S\text{-waarde} = \frac{\text{insyfering (mm)}}{\text{styging in grondwatervlak (mm)}}$$

Volgens Bredenkamp (1978) se tritiummodel is die gemiddelde insyfering (aanvulling) van die Grootfonteinkompartement gelyk aan 8 persent van die reënval.

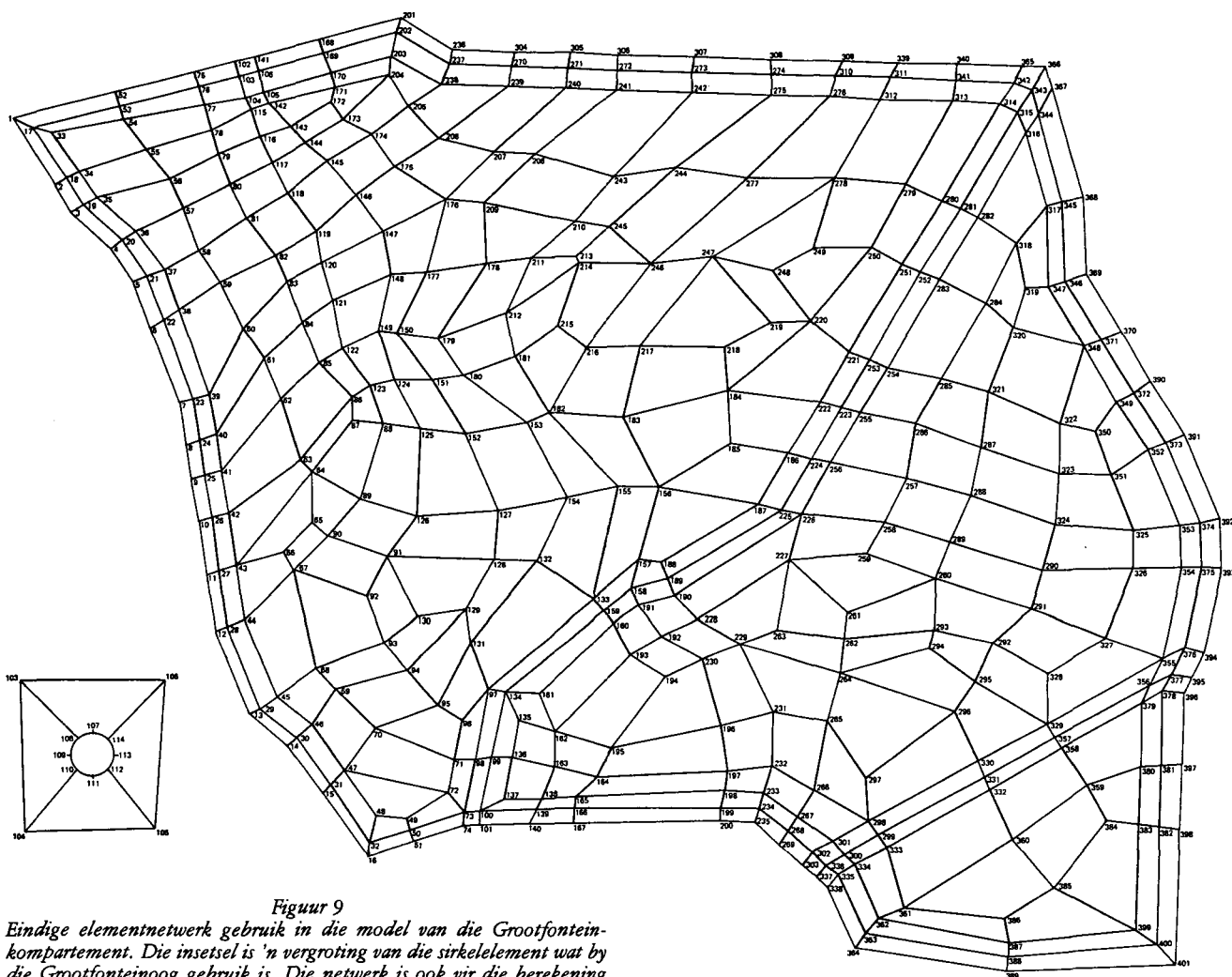
Deur gebruik te maak van hierdie formule, die aanvulling-syfer, reënval en grondwatervlakstygings vir die periode November 1980 tot April 1981 is S-waardes by 38 boorgate in die gebied geskat. Die gemiddeld van hierdie S-waardes is bereken as 2,8 persent. Omrede geen dalings in die boorgate gedurende hierdie periode voorgekom het nie, kon daar nie 'n skatting van die onttrekking uit die sisteem gemaak word nie. By die beoordeling van die gemiddelde waarde van 2,8 persent moet dus in gedagte

gehou word dat dit miskien 'n effense onderskatting van die werklike syfer is. Figuur 8 toon die S-kontoere wat met behulp van hierdie metode vir die kompartement verkry is. 'n Baie interessante waarneming uit hierdie grafieke is die afname in S-waardes van wes na oos in die gebied. Ongelukkig bestaan daar nie baie waarnemingsboorgate in die ooste van die gebied nie, sodat daar nie sonder meer gesê kan word of die verskynsel dalk nie net lokaal van aard is nie.

Grondwaterpotensiaal van die Grootfonteinkompartement

Om die potensiële lewering van 'n akwifer te bepaal, is dit belangrik om 'n beraming van die hoeveelheid grondwater te maak in die sisteem, sowel as die aanvulling tot die sisteem, te maak.

Die volume versadigde materiaal kan gereedlik maklik bereken word indien die verskil tussen grondwatervlak en bodemrots-elevasie op die spesifieke tydstip bekend is. Deur hierdie syfer te vermenigvuldig met die gemiddelde S-waarde kan die volume grondwater bereken word. Die integrasie van die versadigde diktes kan óf meganies óf numeries uitgevoer word. Die numeriese metode wat die gerieflikste is om toe te pas, vereis egter dat die waardes van beide rotsbodemoogtes en grondwatervlakke by spesifieke punte bekend moet wees. In die Grootfonteinkompartement is daar slegs by 61 boorgate dieptes van verwering



Figuur 9
Eindige elementnetwerk gebruik in die model van die Grootfonteinkompartement. Die inset is 'n vergroting van die sirkel-element wat by die Grootfonteinboorgate gebruik is. Die netwerk is ook vir die berekening van die volume gebruik.

bekend en grondwatervlakgegewens oor die langtermyn by slegs 28 boorgate. Daar is dus van die krigingmetode van interpolasie (Van Tonder, 1982) gebruik gemaak om waardes by verlangde punte te bereken. Die isopachkaart van die rotsvloer en grondwatervlak vir 'n gegewe tydstip is oorlê met 'n netwerk van vierhoekige elemente getoon in Figuur 9 en waardes is na elk van hierdie hoekpunte geïnterpoleer. Vervolgens is die volume versadigde materiaal in elke element $V_e = D_1 \cdot A$ (waar D_1 die gemiddelde waarde van die versadigde dikte by die hoekpunte van 'n element, en A die oppervlakte van die element is), bereken. Die volume versadigde materiaal in die akwifer kan nou verkry word deur al die V_e te sommeer. Die berekende volume grondwater vir verskillende periodes in die kompartement vir 'n aanvaarde S-waarde van 2,8 persent is as volg bereken:

- Januarie 1980 – 143 miljoen m^3
- Mei 1981 – 151 miljoen m^3
- Junie 1984 – 124 miljoen m^3

Konstruksie en yking van die numeriese model

Die implementering van die eindige elementmetode vir die voorspelling van die vloei van grondwater is reeds voorheen deur Pinder en Gray (1977) bespreek. Die opstelling van die eindige elementnetwerk (Figuur 9) het die konstruksie van vierhoekige elemente oor die gebied behels met inagnome van topografie, grondwatervlakke, geologie, fonteine, boorgatposisies en grense.

By die opstel van die netwerk is daar gepoog om die geologiese en fisiese eienskappe van die kompartement so doeltreffend moontlik na te boots. Die gange in die gebied is byvoorbeeld as 'n dubbele ry klein, smal elemente voorgestel. Dit verseker dat die vloei van grondwater makliker beheer kan word deur eenvoudig die k-waardes by die ry smal elemente wat die gange naboots te vergroot of te verklein. Verder is gepoog om die regionale grondwatervloeiopatroon na te boots deur die groottes van die elemente ooreenkomstig die verspreiding in grondwatervlak-kontoere te laat varieer. Aangesien die groottes van die elemente die akkuraatheid van die oplossing bepaal (Oden en Reddy, 1976), is die groottes van die elemente deurgaans so gekies dat die effek daarvan op die oplossing weglaatbaar is.

In die opstelling van die netwerk is dit noodsaaklik om daarop te let dat die implementering van die metode vereis dat die posisies van produksieboorgate moet saamval met knooppunte in die netwerk. Vir ykings-doeleindes is dit ook gerieflik om die knooppunte so te kies dat dit saamval met posisies van waarnemingsboorgate wat gemonitor word. Die enigste probleem wat in die opstelling van die netwerk ondervind is, was die groot aantal boorgate wat dig by die Grootfonteinooog geleë is. Om die probleem te oorkom, is besluit om die groep boorgate as 'n enkele boorgat te beskou en hul bydrae met behulp van die randvloed-tegniek te bereken. Om aan hierdie vereiste te voldoen, moes die vierhoekige element by die Grootfonteinooog vervang word met die kenmerkende sirkelelement van die genoemde tegniek (Bakkes en Botha, 1981).

Aangesien die hoeveelheid onttrekking by die oog op 'n maandelikse basis beskikbaar is en die pomptempo's dus vir twee opeenvolgende maande verskil, is besluit om van maandelikse tydskappe gebruik te maak. Tabel 1 toon die maandelikse onttrekkingstempo's vanaf Januarie 1983 tot Desember 1983. Die vraag hoeveel tydskapinkremente vir elke maand nodig sal wees is geen nietige taak met die konvensionele metodes nie. Deur egter van die optimale theta-tegniek van Botha *et al.* (1981) gebruik te maak, kan 'n foutfaktor gespesifiseer word waardeur die tydskap-

TABEL 1
MAANDELIKSE ONTTREKKINGSTEMPO'S VIR BESTAANDE BOORGATE BY DIE GROOTFONTEINOOG IN DIE GROOTFONTEINKOMPARTEMENT VIR DIE PERIODE JANUARIE 1983 TOT DESEMBER 1983 (m^3 /maand)

Maand	Onttrekking
Januarie	316 045
Februarie	361 584
Maart	297 290
April	283 898
Mei	318 711
Junie	214 272
Julie	466 023
Augustus	530 317
September	554 404
Oktober	607 072
November	632 090
Desember	557 101

inkremente outomaties beheer en optimaal geïnkrementeer word.

Die randvoorwaardes in 'n eindige elementmodel beheer die oplossing van die differensiaalvergelyking en is dus van kardinale belang. Hierdie randvoorwaardes kan as óf konstante hoofde (Dirichlet) óf konstante vloed (Neumann) óf albei gespesifiseer word. Met Dirichlet randvoorwaardes word die grondwatervlakke op die grense van die sisteem op 'n voorgeskrewe vlak gehou. Aangesien die grondwatervlakke in die Grootfonteinokompartement op die grense van die akwifer varieer is besluit om eerder van Neumann randvoorwaardes gebruik te maak waar 'n spesifieke vloed in of uit die akwifer beweeg. Dit kan geregverdig word aangesien daar 'n mate van sekerheid bestaan oor die hoeveelheid grondwater wat die sisteem binnekom en verlaat na aanleiding van lekkasiebepalings (Tabel 2) wat oor die grense met behulp van Darcy se wet uitgevoer is.

Die grondwatervlakke vir Desember 1982 is as aanvangshoofde vir die model gebruik, aangesien die grondwatervlak vanaf hierdie tyd vir die volgende jaar (met ondergemiddelde reën) 'n algemene daling getoon het wat toestande vereenvoudig en aanvulling in 'n mate minimeer. Boonop was onttrekking deur boere naby maksimum weens die droogte en kon daar dus 'n meer akkurate skatting van die pomptempo's gemaak word aan die hand van die besproeiingspermitte. Daar het ook geen fonteinvloei plaasgevind nie en die presiese onttrekkings by die oog via boorgate was dus bekend.

Die yking van die model het gedurende Desember 1982 tot Desember 1983 geskied terwyl die model getoets is gedurende die periode Desember 1983 tot Desember 1984.

Gedurende die ykingsperiode is gepoog om die regionale gedrag van die grondwatervlakke met so 'n klein as moontlik afwyking tussen waargenome en voorspelde grondwatervlakke te voorspel. Figuur 10 toon in welke mate daarin geslaag is om die grondwatervlakke in die kompartement na te boots deur na vyf van die waarnemingsboorgate wat oor die gebied versprei is (GN41, GN40, BB42, GN57 en VL21), te kyk. Oor die algemeen lyk dit asof die model die fisiese toestande soos waargeneem, baie goed kan naboots. Die model kan dus nou as voldoende beskou word om korttermyn voorspellings toe te laat.

Modeltoepassings

Om vas te stel hoe die kompartement oor 'n tweejaarperiode sal

TABEL 2
LEKKASIEBERAMINGS OOR DIE KOMPARTEMENTGRENSE
SOOS VERKRY MET DARCY SE WET

Gang	Lekkasië (m ³ /dag)
Blaauwbank	(+) 1 703
Elizabeth	(+) 286
Grootfontein en Trekdrift	(-) 1 960
Mooimeisjesfontein	(-) 470

Die (+) dui aan dat lekkasies na die sisteem plaasvind terwyl die (-) aandui dat lekkasie uit die sisteem plaasvind.

reageer indien meer grondwater by die Grootfonteinooog onttrek sal word weens die toenemende waterverbruik van Mafikeng en Mmabatho, is die volgende bedryfsopsies bestudeer:

- 'n onttrekkingstempo van 7,3 miljoen m³/a by die Grootfonteinooog (1984 se onttrekkingstempo);
- 'n 25% verhoging op die 1984 onttrekking by die Grootfonteinooog (9,2 miljoen m³/a);
- 'n 50% verhoging op die 1984 onttrekking by die Grootfonteinooog (11 miljoen m³/a);

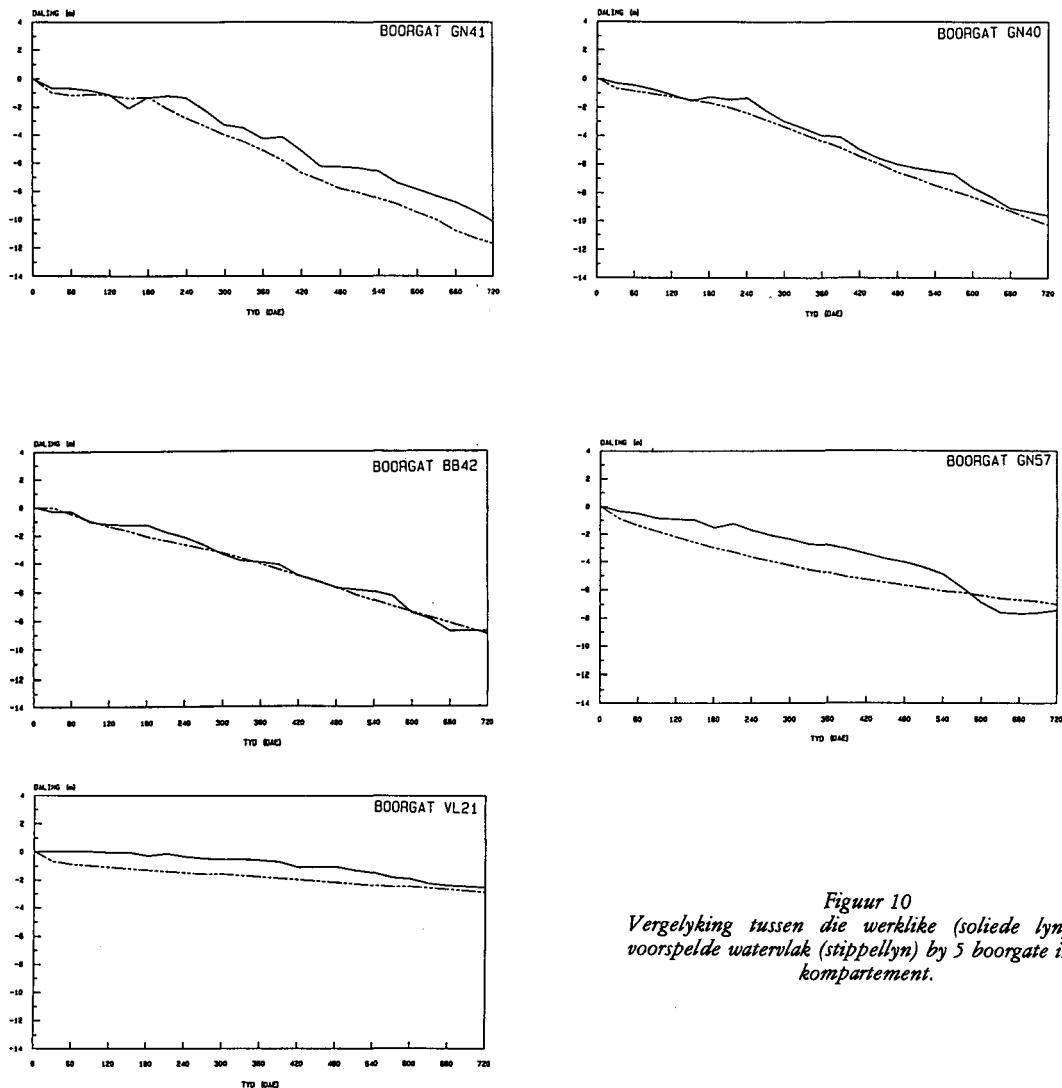
- 'n 7,3 miljoen m³/a onttrekking by die Grootfonteinooog tot en met Augustus 1985 waarna geen verdere onttrekking by die Grootfonteinooog plaasvind nie.

'n Onttrekkingstempo van 8 miljoen m³/a (= die toegekende kwota) deur die boere is vir elk van hierdie opsies gebruik. Figuur 11 toon hoe vyf van die waarnemingsboorgate (dieselfde boorgate as die in die vorige paragraaf) gereageer het op hierdie opsies. Die volgende blyk uit hierdie modelle:

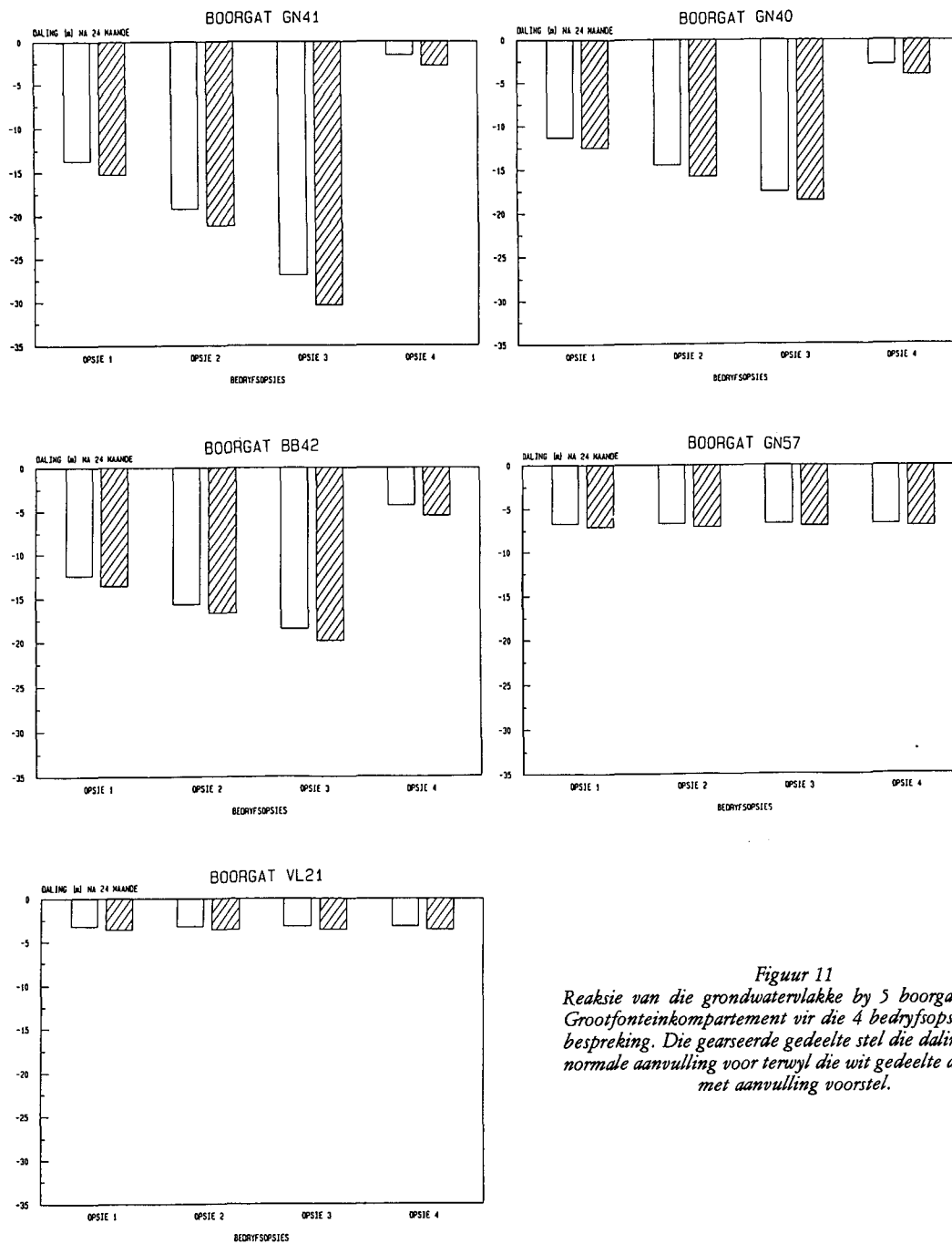
- 'n verhoging in onttrekkingstempo by die Grootfonteinooog neig om die gebied in die Blaauwbankomgewing te ontwater eerder as in die oostelike deel van die kompartement.
- alhoewel grondwatervlakkdalings by die Grootfonteinooog groot sal wees na 24 maande met 'n verhoging in onttrekkingstempo's van 25% en 50%, sal genoemde onttrekkingstempo's vir hierdie periode gehandhaaf kan word.

Gevolgtrekking en aanbevelings

- Hierdie studie het aangetoon dat, alhoewel dolomitiese grondwaterdraers nie perfekte poreuse vloei-toestande verteenwoordig nie, die modellering van so 'n sisteem tog suksesvol kan wees.



Figuur 10
Vergelyking tussen die werklike (soliede lyn) en voorspelde watervlak (stippellyn) by 5 boorgate in die kompartement.



Figuur 11
 Reaksie van die grondwatervlakke by 5 boorgate in die Grootfonteinkompartement vir die 4 bedryfsopsies onder bespreking. Die gearseerde gedeelte stel die daling sonder normale aanvulling voor terwyl die wit gedeelte die daling met aanvulling voorstel.

- Indien 'n soortlike leweringswaarde van 2,8% aanvaar word, is bereken dat daar gedurende Junie 1984 ongeveer 124 miljoen m³ grondwater in die kompartement was.
- Indien aanvaar word dat slegs 66 persent van 'n akwifer ekonomies ontwater kan word, beteken dit dat met 'n onttrekkingstempo van 15 miljoen m³/a die stelsel nog sowat vyf jaar (sonder aanvulling) en 11 jaar (met 'n 8% aanvulling van die gemiddelde reënval van 560 mm) sal kan water lewer.
- Aangesien daar alreeds 'n mate van ontwatering by die Grootfonteinoog bestaan, sal dit raadsaam wees indien die onttrekking gestaak en die herstel van die Grootfonteinoog volledig waargeneem word.

- Dit word aanbeveel dat die Grootfonteinoog in die toekoms as hulpwaterbron, aanvullend tot die Molopo-oog-staatswaterskema, aangewend word.
- Dit is baie belangrik dat die huidige model jaarliks opgedateer moet word om voorsiening vir nuwe inligting te maak.

Erkenning

Die finansiële ondersteuning van die WNK word met dank erken.

Verwysings

ACOCKS, H.P.J. (1975) Veld types of South Africa. *Mem. Bot. Surv. S. Afr.* 40 44-49, 88-92, 99-100.

- BAKKES, G.N. en BOTHA, J.F. (1981) An improved numerical solution for the diffusion equation. *Bull. Inst. Groundwater Studies*, Bloemfontein 11 1-25.
- BOTHA, J.F., WEIDEMAN, J.A.C. en BAKKES, G.N. (1981) The optimal theta-method in numerical analysis. *Bull. Inst. Groundwater Studies*, Bloemfontein 11 26-43.
- BOSHOFF, J.H. (1980) Elektriese simulasie van die Grootfontein-Akwifer met behulp van 'n weerstandskapasitornetwerk. Ongepubl. M.Sc.-tesis, PU vir CHO, Potchefstroom.
- BREDENKAMP, D.B. (1964) Verslag van hidrologiese opname in die Bo-Molopo Ondergrondse Waterbeheergebied. Ongepubl. verslag Gh 1283, Afdeling Geohidrologie, Dept. van Omgewingsake, SA.
- BREDENKAMP, D.B. (1974) Oorsig van die geohidrologie van die Grootfonteingebied met gevolgtrekkings. Ongepubl. verslag Gh 1973, Afdeling Hidrologie, Dept. van Waterwese, SA.
- BREDENKAMP, D.B. (1978) Quantitative estimation of ground-water recharge with special reference to the use of natural radioactive isotopes and hydrological simulation. Ongepubl. Ph.D.-tesis, UOVS, Bloemfontein, 367 pp.
- BREDENKAMP, D.B. (1984) Effek van grootskaalse pompery op die Grootfontein-kompartement. Ongepubl. verslag Gh 3321, Afdeling Geohidrologie, Dept. Omgewingsake, SA.
- BREDENKAMP, D.B. en JANSE VAN RENSBURG, H. (1983) Onderzoek na die lewering van die Grootfontein- en Polfontein-kompartement aan die hand van 'n eindige verskilmodel. Ongepubl. verslag Gh 3291, Afdeling Geohidrologie, Dept. Omgewingsake, SA.
- COGHO, V.E. en BREDENKAMP, D.B. (1982) Die ontginbare grondwaterpotensiaal van die Grootfontein-kompartement. Ongepubl. verslag Gh 3242, Afdeling Geohidrologie, Dept. Omgewingsake, SA.
- DAY, R.W. (1976) Preliminary report on ground magnetic surveys carried out at Lichtenburg (March-June 1976). Ongepubl. verslag Gh 2194, Geol. Opn., SA.
- GOMBAR, O. (1974) Pomptoets op 'n boorgat in die Grootfontein-kompartement, Mafikengdistrik. Ongepubl. verslag Gh 1882, Geol. Opname, SA.
- HAUGER, M.E. (1973) Geofisiese ondersoek in die Bo-Molopo Ondergrondse Waterbeheergebied Grootfontein-kompartement, distrik Lichtenburg. Ongepubl. verslag Gh 1953, Geol. Opn., SA.
- HELY-HUTCHINSON, J.R. (1972) Initial simulation of the Grootfontein aquifer. WNNR spesiale verslag ELEK 19, Nasionale Navorsingsinstituut vir Elektriese Ingenieurswese.
- ODEN, J.T. en REDDY, J.N. (1976) *An introduction of the mathematical theory of finite elements*. John Wiley and Sons, New York, 422 pp.
- PALMER, J.E. (1978) A geophysical study of the Grootfontein dolomitic ground-water compartment in the Rooigrond area. Ongepubl. verslag Gh 2541 (1979-0021), Geol. Opn., SA.
- PINDER, G.F. and GRAY, W.G. (1977) *Finite element simulation in surface and subsurface hydrology*. Academic Press, London, 1st ed. 295 pp.
- PORSZASZ, K. (1966) Report on new borehole drilled for Mafikeng water supplies. Attachment: Pumpstest. Ongepubl. verslag Gh 2997, Afdeling Geohidrologie, Dept. Omgewingsake, SA.
- VAN TONDER, G.J. (1982) Die toepassing van kriging in geohidrologie. Ongepubl. Ph.D.-tesis, UOVS, Bloemfontein, 178 pp.
- VIPOND, S.H. (1979) Increased ground-water abstraction at Grootfontein water supply to Mafikeng and Mmabatho. Ongepubl. verslag Gh 3091, Afdeling Geohidrologie, Dept. van Waterwese, SA.
- VON BACKSTRÖM, J.W. (1952) Die geologie van die gebied om Lichtenburg: Toeligtig van blad 54. Geol. Opn., SA.