

## Techniek van de analyse van de waterbalans\*

door

Ir. W.C. Visser

**BIBLIOTHEEK DE HAAFF**

Droevendaalsesteeg 3a

Postbus 241

6700 AE Wageningen

Samenhang tussen studiedoelstellingen

Verschillende onderzoeken van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding zijn op het leren kennen van de waterbalans gericht. Bekend is het lysimeteronderzoek. Dit heeft grote technische mogelijkheden, maar de omstandigheden, waaronder het onderzoek werkt, zijn beperkt.

Bekend is ook het onderzoek naar de vochtbehoefte bij beregening. Hier variëren de proefomstandigheden sterk, maar zijn weinig technische hulpmiddelen beschikbaar. Een derde onderzoek is dat, wat de tijdstijg-hoogtelijn van een grondwaterstandsbuis tracht te verklaren. Hier is een breed gamma van proefomstandigheden beschikbaar en kan met goed gevolg een bewerkingstechniek worden ontwikkeld. De beperking bij dit onderzoek is - naast de onbekendheid van de vochtinhoud van het profiel - de doelstelling van de verklaring van meest ondiepe waterstanden. Het zal van belang zijn dit onderzoek uit te breiden naar diepe waterstanden.

De kwel en verziltingsstudie van het Deltaplan brengt hier een vierde doelstelling naar voren en wel de studie van een polderbalans. Voor een gewone polder is dit een studie, die iets eenvoudiger ligt dan de studie van de waarnemingen aan een waterstandsbuis. Bij de polder met zoute kwel kan men uit het zoutgehalte nog een inzicht in deze kwel krijgen door het onafhankelijke gegeven van de zoutbelasting van het polderwater.

Al deze studiedoelstellingen kunnen elkander steunen. Naarmate een onderzoeksdoelstelling op grond van meer onafhankelijke waarnemingsseries kan worden uitgevoerd, levert het meer mogelijkheden om een onderzoeksrichting met minder onafhankelijke waarnemingsseries een weg te wijzen

\* Voorlopige samenvatting. Resultaten van de uit te voeren bewerking en controles zullen hierin dienen te worden opgenomen en verwerkt.

1706757



bij het gebruik van vereenvoudigende of geschatte aannamen. Vooral het lysimeteronderzoek heeft op dit punt een belangrijke taak. Naarmate een onderzoeksrichting op een geringer aantal absolute metingen moet berusten en meer relatieve cijfers tot een geheel moeten worden samengevoegd, zal het een grotere taak hebben wat betreft het opstellen van een goede bewerkingsmethodiek. Hier heeft de studie van de grondwaterstandsbuis een grote taak.

#### Verskil tussen absolute, relatieve en resttermgegevens.

Het onderzoek naar de waterbalans zou niet moeilijk zijn, indien men voor alle termen van deze balans de absolute cijfers ter beschikking had. Dit is bij geen van de studierichtingen het geval. Men kan nu of wel gebruik maken van rangorde getallen voor de waarde van de termen of wel deze als restwaarde schatten. Het gebruik van de rangorde wil zeggen dat men niet de afvoer neemt, maar het verschil tussen grond en slootpeil en verder aanneemt, dat er tussen dit verval en de stroom water een vast verband bestaat. Dit verband wordt, in meer of minder eenvoudige vorm door alle stromingsformules gegeven. In zijn eenvoudigste vorm wordt dit verband weergegeven door een curve die de afvoer en dit verval aan elkander koppelt. Kent men deze curve of weet men die vast te stellen, dan zijn de relatieve cijfers van de drukhoogte geijkt en in absolute maat om te zetten.

In dit onderzoek van de waterbalans met de termen:

$$\text{regen} - \text{verdamping} \pm \text{kwel} - \text{afvoer} = \pm \text{verschil grondwaterinhoud} \\ \pm \text{verschil vochtinhoud}$$

is de regenhoeveelheid in alle onderzoeksdoelstellingen een absoluut gegeven. Voor de verdamping is het Penman-cijfer het relatieve getal. Via de reductiefactor kan men dit relatieve cijfer in het absolute omzetten. De kwel is geen factor met een eigen bestaan, maar wordt als een bijzonder punt van de afvoer gevonden, namelijk de afvoer bij gelijkblijvende vochtinhoud van het profiel en regenoverschot gelijk nul. De afvoer

en kwel vindt men via de relatieve waarde van het verval. Voor de inhoud van het grondwater is het verschil in waterstand weer de relatieve maat. Vermenigvuldiging met het bergend vermogen onder evenwichtscondities maakt omrekening mogelijk op het absolute verschil in vochtinhoud van het profiel bij evenwichtsvochtgehalte. Voor de verschillen in vochtinhoud boven het phreatisch vlak ontbreekt tot dusverre bij de meeste richtingen van onderzoek de mogelijkheid tot het gebruiken van een absolute of zelfs een relatieve waarde. Dit zou dus de restfactor moeten blijven. Maar er bestaat een mogelijkheid deze restwaarde - eenmaal berekend - als relatieve waarde te gebruiken voor het tezamen met alle andere factoren opnieuw doorrekenen van de waterbalans. Nagegaan kan dan worden of er nog een andere toedeling van het totaal aan vocht over de verschillende factoren optreedt.

Omdat de als restfactor gevonden vochtvariatiën geen feitelijke maar afgeleide gegevens zijn, zal men niet, zoals met verval en afvoer in een keer de ijking kunnen doen plaats vinden. Men zal met een eerste schatting de serie gegevens moeten doorrekenen, daaruit een gecorrigeerde waarde <sup>halen en daarmee</sup> alles nog eens doorwerken enz. tot het resultaat gelijk blijft. Dit type van gegevens wordt dus door een iteratieve bewerking geïkt. De relatieve gegevens kunnen direct en in een enkele bewerking worden geïkt, terwijl absolute gegevens niet geïkt behoeven te worden. Wanneer men met dit verschil in aard van de beschikbare gegevens rekening houdt, dan kan men bij dit - en velerlei ander - onderzoek nog een eind verder komen dan op eerste gezicht mogelijk lijkt. Voorwaarde is, dat men in elk geval minstens één absolute waarde in het onderzoek heeft opgenomen en niet meer dan één restfactor.

#### Type van beschikbare gegevens.

Gaat men na, welke gegevens er bij de verschillende onderzoeken over de waterbalans beschikbaar zijn, dan blijken deze bij de diverse onderzoeksrichtingen nogal te verschillen. Er is hierin een duidelijke rangorde te onderscheiden. Het volgende overzicht mag dit aantonen.

Onderzoeks- richting	R	E	A	K	$\Delta W$	$\Delta V$
Weegbare lysimeter	a	r + a	a	n	n	a
niet weegbare lysimeter	a	r	a	n	n	b
polder met zoute kwel	a	r	r + a	r	r	b
polder zonder zoute kwel	a	r	r + a	b	r	b
grondwaterstandsbuis	a	r	r	b	r	b
berekening	a	r	-	n	-	a

Betekenis:

- a = absoluut gegeven
- r = relatief gegeven
- b = berekende waarde
- n = niet van belang
- = niet bepaald

Bij de weegbare lysimeter wordt alles bepaald. Bij het berekenings-  
onderzoek is gedacht aan de gebruikelijke uitvoering, waar men geen grond-  
waterstanden bepaalt en dus geen sluitende vochtbalans krijgt. Hier zal  
dus het vochtverlies naar de ondergrond de restfactor moeten zijn, terwijl  
de  $\Delta V$  door regelmatige bepaling moet worden vastgesteld. Tussen deze uiter-  
sten liggen de andere onderzoeksdoelstellingen met variabel percentage  
absolute en relatieve gegevens.

Wat kan men met de eenvoudigste waarnemingen bereiken.

Gaat men na, wat voor voorwaarden men aan het onderzoek moet stellen,  
dan mag, gezien de bedoeling, hier te eniger tijd de praktijk mee van hulp  
*men er wel van uitgaan*  
te zijn dat moeilijk te bepalen gegevens voor het uiteindelijke gebruik  
weinig waarde hebben. Regen, Penmanverdamping en drukhoogte zijn zonder  
moeite te bepalen. Bepaling van de vochtinhoud van het profiel is omslach-  
tig. Waar men naar zal moeten streven is, de reductiefactor te leren ken-  
nen bij verschillende grondwaterdiepten, vochtinhouden van het profiel  
en verdampingssnelheden. Ook de waarde van het bergend vermogen zal men  
moeten kennen voor deze zelfde drie grootheden. De *aanis van de* juiste waarde van deze  
grootheden zal het mogelijk maken een zo nauwkeurig mogelijke uitkomst  
te krijgen voor de drukhoogte - afvoercurve - de q-y lijn volgens Hoog-  
houdt - waaruit voor regenoverschot en bergingsverschil gelijk nul de  
kwel volgt.

Het onderzoek naar de waterbalans kan met voordeel gesplitst worden in het onderzoek van het wintergedeelte met kleine verdamping en het voorjaars-, zomer- en herfstgedeelte met verdampingen, die niet te verwaarlozen zijn. Dit kan te beter wanneer bedacht wordt dat in de winter de reductiefactor <sup>voor bouwland</sup> ongeveer 0.3 is, zodat de werkelijke verdamping nog weer veel geringer is dan de reeds lage Penmanverdamping.

De formule voor de waterbalans zou men kunnen schrijven als

$$r = ah + b \Delta h + k$$

Op deze wijze weergegeven zou de formule voor de waterbalans kunnen worden weergegeven door een plat vlak (zie fig. 1). Bij  $r$  en  $\Delta h = 0$  vindt men  $h$  gelijk  $-k$ . Wijst de  $h$  aan, dat er een verval van de sloot naar het land bestaat, dan verdwijnt er blijkbaar water. Het vlak snijdt de  $r$  - as bij een positieve waarde. Kwelt er water op in de grond, dan zal het vlak de  $as$  bij negatieve  $r$  snijden. De helling van de snijlijn van het vlak in het  $r - h$  zijvlak is de afvoercoëfficiënt  $A$  van het perceel <sup>gelijk  $\frac{8kd}{1^2}$  volgens de formule van Hooghoudt.</sup> De helling van de snijlijn in het  $r - \Delta h$  vlak geeft het bergend vermogen  $B$  weer.

#### Onderzoek naar de vermoedelijke vorm van het vlak.

Zijn deze lijnen wel recht. Is het wel een plat vlak. Nemen we de formule van Hooghoudt als aanwijzing, dan zal gelden:

$$s = \frac{8kd}{1^2} m_0 + \frac{4k}{1^2} m_0^2$$

$$(r - b\Delta h + k) = Ah + Qh^2 = Ah(1 + Ch)$$

Los van de vraag, of deze formule de variabele toestanden van de praktijk voldoende kan weergeven, is het wel duidelijk, dat de lijn niet alleen een  $Ah$ -karakter zal hebben, maar dat een  $Qh^2$  component daarbij moet worden opgeteld. De curve in het  $r - h$  vlak zal dus bij toenemende waarde van  $r$  naar hogere waarde van  $r$  opbuigen.

Voor het bergend vermogen gelden eveneens complicerende factoren. Wanneer men aan een homogene grond denkt en zich de vochtgehalte-grondwaterdiepte curve voorstelt, dan is het het eenvoudigste, het

grondwaterniveau waarvan men wil uitgaan op dezelfde plaats te houden en het maaiveld te verplaatsen. In deze figuur kan men nu tevens de vochtcurve aangeven voor een grondwaterstand, die b.v. 1 dm hoger is gekozen. Het bergend vermogen is nu de ruimte tussen de twee vochtcurven en het maaiveld als bovenbegrenzing (zie fig. 2). Het blijkt wel, dat bij een grondwaterstand vlak beneden het maaiveld het bergend vermogen maar klein is. Bij de bovenkant van de vol capillaire zone -hier vlak M 3- begint het <sup>bergend vermogen</sup> snel te nemen om bij het begin van de hangwaterzone zijn maximum te benaderen -hier dus bij vlak M 5. Verdere daling van het grondwatervlak doet het bergend vermogen niet veel meer veranderen. Nu wordt in deze beschouwing de  $h$  als maat voor de afvoer en als maat voor de vochtgehalten van het profiel wat door elkander gebruikt, om de noodzaak, de slootstand nog weer als verdere variabele te moeten invoeren, te ontgaan. Er is echter wel een verschil tussen de drukhoogte  $h$  en de diepte  $D$  beneden maaiveld. Wanneer men echter  $h$  en  $D$  als volledig gecorreleerd zou mogen aannemen, dus het slootpeil of geheel constant of variërende met de grondwaterdiepte zou mogen veronderstellen, dan zou dit willer zeggen, dat bij lage waarde van  $h$  de doorsnijding van het platte vlak met een vlak evenwijdig aan het  $r - h$  vlak vrijwel horizontaal zou lopen. In vlakken met toenemende waarde van  $h$  zou de snijlijn stijler komen te staan. Er ontstaat dus een gewonden vlak. Zie fig. 3. Het is gebogen in de richting van de  $h$ -as dank zij de drainageformule. Het is echter ook gebogen in de  $\Delta h$  richting. Wanneer  $\Delta h$  toeneemt, dan gaat  $h_1 + \Delta h$  over in  $h_2$  en zal bij deze waarde van  $\Delta h$  een bergend vermogen -en dus een hellingshoek- horen, dat bij  $h_2$  wordt gevonden.

Wanneer men voor verschillende waarden van  $h$ ,  $r$  en  $\Delta h$  tegen elkander uitzet, en deze figuren op elkander legt met een verschuiving van de  $\Delta h$  schaal over een afstand  $h_1 - h_2$  en een verschuiving van de  $r$  richting over een afstand  $r_1 - r_2$ , met  $r$ -waarden die bij de  $h_1$  en  $h_2$  behoren die in het  $h - \Delta h$  vlak op de  $45^\circ$  lijn liggen, dan zullen de stippen vallen om een enkele lijn die het bergend vermogen over de gehele variatie van  $h$  leert kennen.

Hoewel het een geval met bindingen lijkt te zijn, gaat het hier dus toch om een additief geval, maar ten opzichte van een  $45^\circ$  lijn in het  $h - \Delta h$  vlak. De tot dusverre verkregen resultaten lijken deze verwachting niet te bevestigen wat ofwel wijst op situaties, die door de pF-curve niet worden gedekt of op een verstorende invloed vanwege de profielbouw. Hier treft men een tot dusverre onvoldoende toegelichte afwijking tussen theorie en werkelijkheid aan.

Bewerking van waarnemingen, waarbij te niet te verwaarlozen is.

Gaat men over op het zomer halfjaar, dan treden als nieuwe factoren de verdamping en de uitputting van de vochtvoorraad op. Een gevolg hiervan is, dat het bergend vermogen veel groter wordt. Dit zal daarbij niet passen in de curve voor het bergend vermogen voor de winterperiode maar andere curven volgen, die veel gecompliceerder van aard zijn. Omdat tevens in het hiervoor besprokene de conclusie zich opdrong, dat de afvoer een functie van het bergend vermogen is -wat vanzelf spreekt bij een niet stationair geval als hier beschouwd- mag men niet al maar aannemen, dat de afvoer voor de zomerperiode wel aan de wintercurve mag worden ontleend.

Men zal dezelfde vlakken als voor de winterperiode werden gevonden, moeten construeren voor verschillende combinaties van de maand van het jaar, de Penmanverdamping en de gesommeerde vochtonttrekking aan het profiel. De bewerking is gebaseerd op de veronderstelling, dat de maand van het jaar een groot deel van een eventuele gewasinvloed zal kunnen verantwoorden, terwijl de gesommeerde vochtonttrekking aan het profiel -buiten en boven de vochtonttrekking en bij behoud van het vochtevenwicht- door grondwaterstands daling met de Penmanverdamping tezamen een benaderende beschrijving van de vochtcurve van het uitgedroogde profiel kan geven.

Een bijzonder geval is daarbij de situatie, waarbij de  $\Delta h$  binnen voldoende nauwe grenzen gelijk nul is. Als eerste benadering mag men aannemen, dat dan de gesommeerde vochtonttrekking gemiddeld wel niet veranderd zal zijn. Wanneer men deze gevallen, met  $\Delta W$  en  $\Delta V$  ongeveer gelijk nul, samenneemt, dan kan men uit deze gegevens de samenhang

$$R = E + A$$

ontwarren en voor deze gevallen dus de reductiefactor, de afvoercurve en de kwel vinden voor verschillende maanden van het jaar en gesommeerde vochtonttrekkingen. Heeft men deze laatste grootte nog niet berekend, dan vindt men althans een belangrijke correctie op de Penmanverdamping, zodat men de waterbalans reeds voor een aantal volledige jaren kan narekenen, sommeren, op de sluitfout becoördelen en de vochtonttrekking die de evenwichtstoestand te boven gaat, kan beginnen te benaderen.

Het zal duidelijk zijn, dat de hellingstangens in het R - E vlak de

de belangrijke waarde van de reductiefactor direct geeft, echter met dien verstande, dat deze waarden dan nog niet gedifferentieerd zijn naar de vochtonttrekking aan het profiel. Door echter per maand te werken, kan men een deel van deze variatieoorzaak ontlopen. Het zal duidelijk zijn dat men zich niet behoeft te beperken tot de waarden met  $\Delta h$  omstreeks nul. Het is voldoende, dat tussen  $\Delta h$  en  $\Delta V$  een samenhang bestaat om te mogen uitgaan van de veronderstelling dat bij gelijke  $\Delta h$  en  $\Delta V$  de verhouding tussen  $r$  en  $E_0$  de reductiefactor ook moet kunnen leveren. Wanneer men dus de vierdimensionale samenhang tussen  $r$ ,  $E_0$ ,  $h$  en  $\Delta h$  construeert, dan zal voor  $h$  en  $\Delta h$  constant de reductiefactor kunnen worden uitgemeten, en dit op grond van alle beschikbare gegevens. Heeft men echter de beschikking over voldoende gegevens, dan is de samenhang tussen  $r$ ,  $E_0$  en  $h$  voor  $\Delta h$  ongeveer gelijk nul eenvoudiger te bepalen.

Deze driedimensionale wijze van aanpakken op zich zelf is niet zonder belang. Voor polders, waarvan men de afvoer uit de maalstaten kan halen, moet het mogelijk zijn de reductiefactor te bepalen, door die decaden in de bewerking op te nemen, waarin in een nabij voorkomende buis de  $\Delta h$  klein is. Een polder met een flinke kwel, waar ook in de zomer moet worden gemalen, zal dan wel de meest waardevolle gegevens verschaffen tenzij men water zou inlaten en de ingelaten hoeveelheid bekend zou zijn.

#### De toetsing van cijfers voor de vochtonttrekking.

De berekening van de gesommeerde vochtonttrekking is een opgave die enige aandacht verdient. Uit de  $\Delta h - r$  kromme, die men door de verschoven stippenzwermen voor opklimmende waarde van  $h$  kan vinden, kan door integratie afgeleid worden hoeveel water kan worden opgenomen of afgeven bij waterstanden, variërende van het maaiveld tot de grootste voorgekomen diepte. Uit de som van regen, kwel, gereduceerde verdamping en afvoer kan men vaststellen, hoeveel vocht er uit het profiel onttrokken is, of wel meer aanwezig is dan met het uitgangspunt overeenkomt. Trekt men deze getallen van elkaar af, dan komt een overschot aan verdamping overeen met een onttrekking, die de uitzakking onder invloed van de zwaartekracht overtreft. Dit is de uitdroging, die in het profiel is opgetreden en die een groot deel



van de reductiefactor wel zal kunnen verklaren. Wij geven deze hoeveelheid vocht hierna - onvolledig - met  $\Sigma(E-R)$  weer.

In deze betekenis van de  $\Sigma(E-R)$  ligt de oorzaak, dat men de reductiefactor uit het R - F - A diagram alleen als een eerste benadering mag zien en de volledige zesdimensionale oplossing wel zal moeten worden uitgewerkt. Ook in dit geval zal men mogen verwachten, dat de r -  $\Delta h$  curven voor verschillende waarden van h na verschuiving van de oorsprong tot samenvallende curven kunnen worden gecondenseerd, wanneer men gegevens voor gelijke E en gelijkwaardige  $\Sigma(E-R)$  weet te formeren. Dit vinden van die gelijkwaardige waarden zal misschien niet zo eenvoudig zijn. Men zal  $\Sigma(E-R)$  en h voor gelijke waarden van E tegen elkander uit moeten zetten en daardoor de curve trekken, die voor de gesommeerde, niet stationaire vochtcurve geldt. Wanneer de punten redelijk om een lijn liggen, bewijst dat, dat de waarden h, E en  $\Sigma(E-R)$  redelijk samenhangen en een gelijke E ook een gelijke  $\Sigma(E-R)$  betekent, wanneer men althans de h constant houdt. Of dit lukt, hangt af van het verschil tussen stationaire en niet stationaire toestanden. Het zal wel van belang zijn aan dit punt aandacht te schenken, omdat de mogelijkheid van de verschuiving de bewerking van het h -  $\Delta h$  - r diagram additief en daardoor zoveel eenvoudiger maakt.

Het zal gewenst zijn de vorm van de krommen, die h, pF en E<sub>0</sub> verbinden, nog eens na te rekenen als integratie van een lineaire verhouding tussen E en pF enerzijds en pF, E en h volgens de formule voor de capillaire stroming anderzijds.

Bij dit onderzoek zal het, omdat men E<sub>w</sub> niet kent dan aan het eind van de bewerking, wel gewenst zijn de curven te zien als functie van E<sub>0</sub>. In het stationaire geval zal men in de formule voor het capillair vochttransport voor V moeten invullen:

$$\text{volgens Makink} \quad V = E_0 - a\psi \quad \text{met } a = \pm 0.0015 \text{ cm/cm/etm}$$

$$\text{volgens Wind} \quad V = bE_0(1 - d \ln \psi - c) \quad \text{met } d = \pm 0.4$$

$$\log \psi = pF$$

Deze formules kunnen worden gesubstitueerd in de formules van Wind of Wesseling.

De exponent  $n$  varieert tussen 1.5 en 2.5. De eerste formule zal bij lage, de tweede bij hoge spanningen wel het beste kloppen. De zo verkregen formules geven een afbeelding van de curve voor de vochtspanning en de grondwaterdiepte bij verschillende waarden van  $E_0$ .

#### Controle en vergroting van de nauwkeurigheid

Controle op de gevonden waarden zal het beste kunnen worden verkregen door de op grond van de bewerking verkregen getalwaarden voor de vijf termen voor elk tijdvak te berekenen. Wanneer men de vijf termen sommeert, moet steeds nul worden gevonden. Sommeert men al deze sommen, dan moet de totale som ook nul zijn. Is dit niet het geval, dan moet er een fout zitten in de verdamping of de afvoer. Het regencijfer nemen we als foutloos aan en  $\Delta W$  kan bij sommering geen cumulerende fout geven. Een eventuele cumulerende fout van  $\Delta V$  kan afzonderlijk onderzocht worden. Waar de  $E$  in de winter gering is, blijkt een fout daarin uit het toenemen van de cumulerende fout, welke alleen in de zomer optreedt. Voor de afvoer geldt het omgekeerde. Blijkt geen voorkeur voor toenemen in winter of zomer voor de gecumuleerde fout, dan kunnen beide een gelijke correctie krijgen. Zet men de decade fouten overigens tegen  $r$ ,  $E_0$ ,  $h$ ,  $\Delta h$  of  $\Sigma(E-R)$  uit en ziet men enig verband, dan kan men de oorzaak van de fout nog beter op het spoor komen. Of het mogelijk zal zijn andere invloeden op het spoor te komen b.v. oppervlakkige afstroming, horizontale neerslag of interceptie of dergelijke, staat te bezien. De grootte van de fout zal wel beperkingen opleggen.

De grootte van de fout kan men drukken door in plaats van met decaden met dubbel of drie dubbel decaden te werken. Voor de over langere tijd gesommeerde balansen worden de termen voor  $r$ ,  $E_0$  en  $h$  evenredig. Maar deze vergroting van de termen uit zich niet in voortdurend stijgende componenten  $\Delta W$  en  $\Delta V$ . Deze worden daarom mogelijk minder nauwkeurig. Men zal goed doen vooraf voor elk onderzoek na te gaan of het nemen van tijdvakken van grotere lengte dan een decade een voordeel is. Deze tijdvakken neemt men dan het beste met verschuivende sommen, dus  $1^\circ$ ,  $2^\circ$  en  $3^\circ$  decade,  $2^\circ$ ,  $3^\circ$  en  $4^\circ$  decade enz.

Het aanvatten van een onderzoek.

Een onderzoek verloopt het beste in drie fasen:

1. Uitzoeken, hoe lang het tijdvak moet zijn dat men als eenheid neemt. Hiertoe wordt het winterdiagram  $r - h - \Delta h$  voor 1, 2, 3 enz. decaden tijdvak-lengte gemaakt en nagegaan, wanneer de verschoven of over  $45^\circ$  gedraaide doorsnede -figuur het beste tot uiting komt.
2. Met deze tijdvak-lengten worden de  $r - h - \Delta h$  en de  $r - E_0 - h$  resp.  $r - E_0 - h - \Delta h$  vlakken gemaakt. Hieruit worden de reductiefactoren en de  $E_w$  waarden berekend, alsmede de  $\sum(E-r)$ .
3. De  $\sum(E-r)$  waarden worden getoetst aan de samenhang met  $h$ ,  $E_0(r-Ah-b\Delta h)$  en  $\Delta V$ .
4. De reeksen voor  $r$ ,  $Ah$ ,  $b\Delta h$ ,  $E_w$ ,  $\Delta V$  en de som van deze vijf termen wordt voor de opeenvolgende decaden van de waarnemingsjaren getabelleerd en door sommeren en andere controlemethoden op goed kloppen nagegaan. Eventuele tekortkomingen worden gecorrigeerd.
5. Een 7-dimensionale bewerking van de reeksen voor  $r$ ,  $E_0$ ,  $h$ ,  $\Delta h$ ,  $\sum(E-r)$  en  $M$  (= seizoen van het jaar) wordt rond gecorrigeerd.

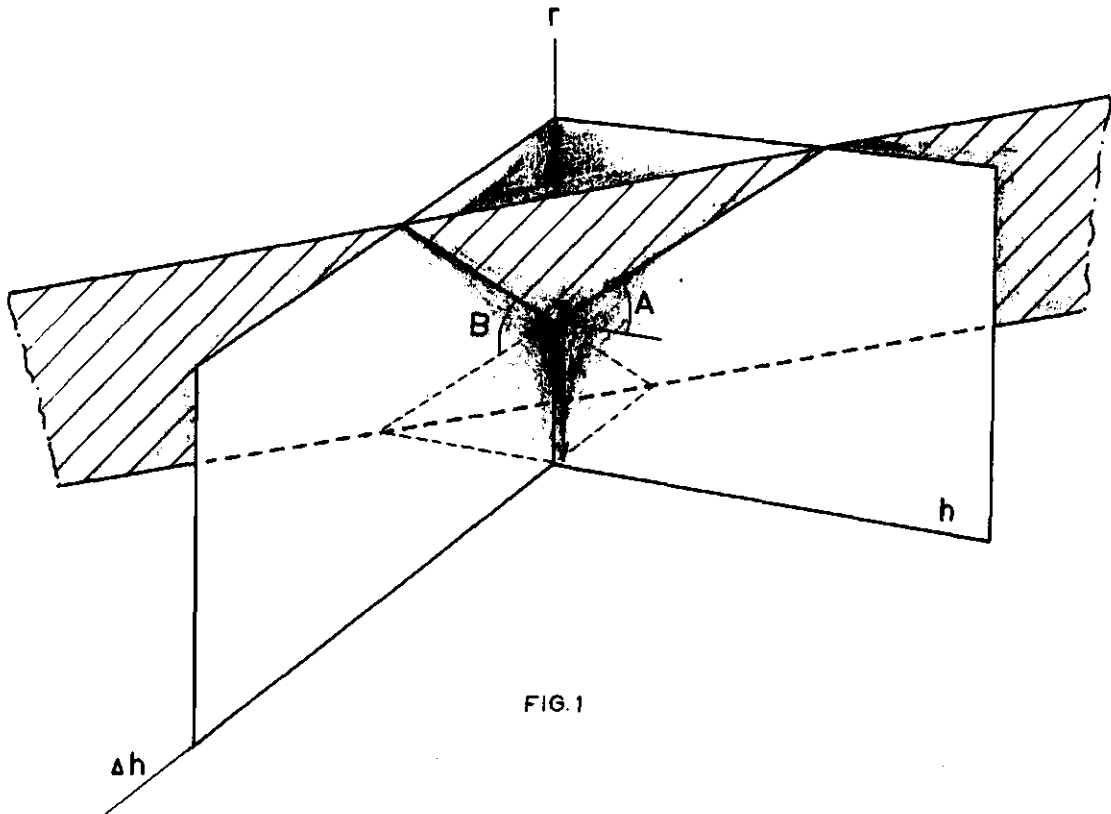


FIG. 1

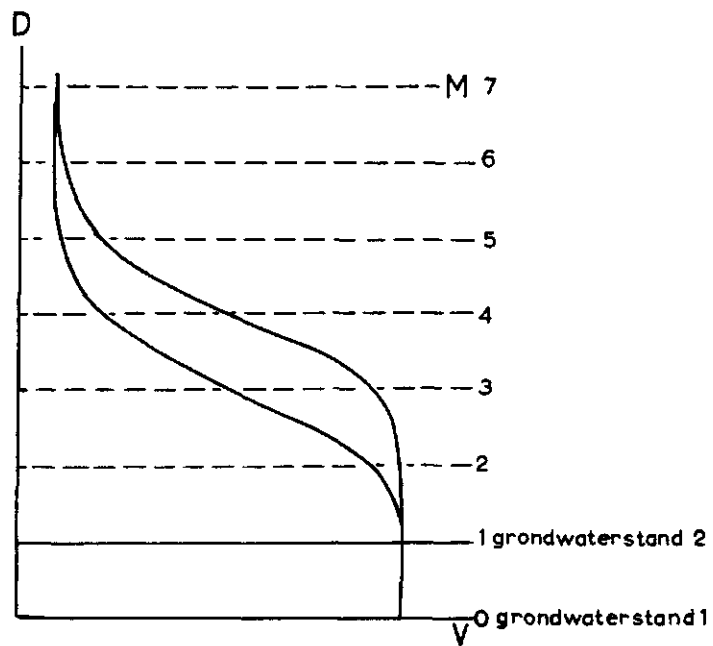


FIG. 2

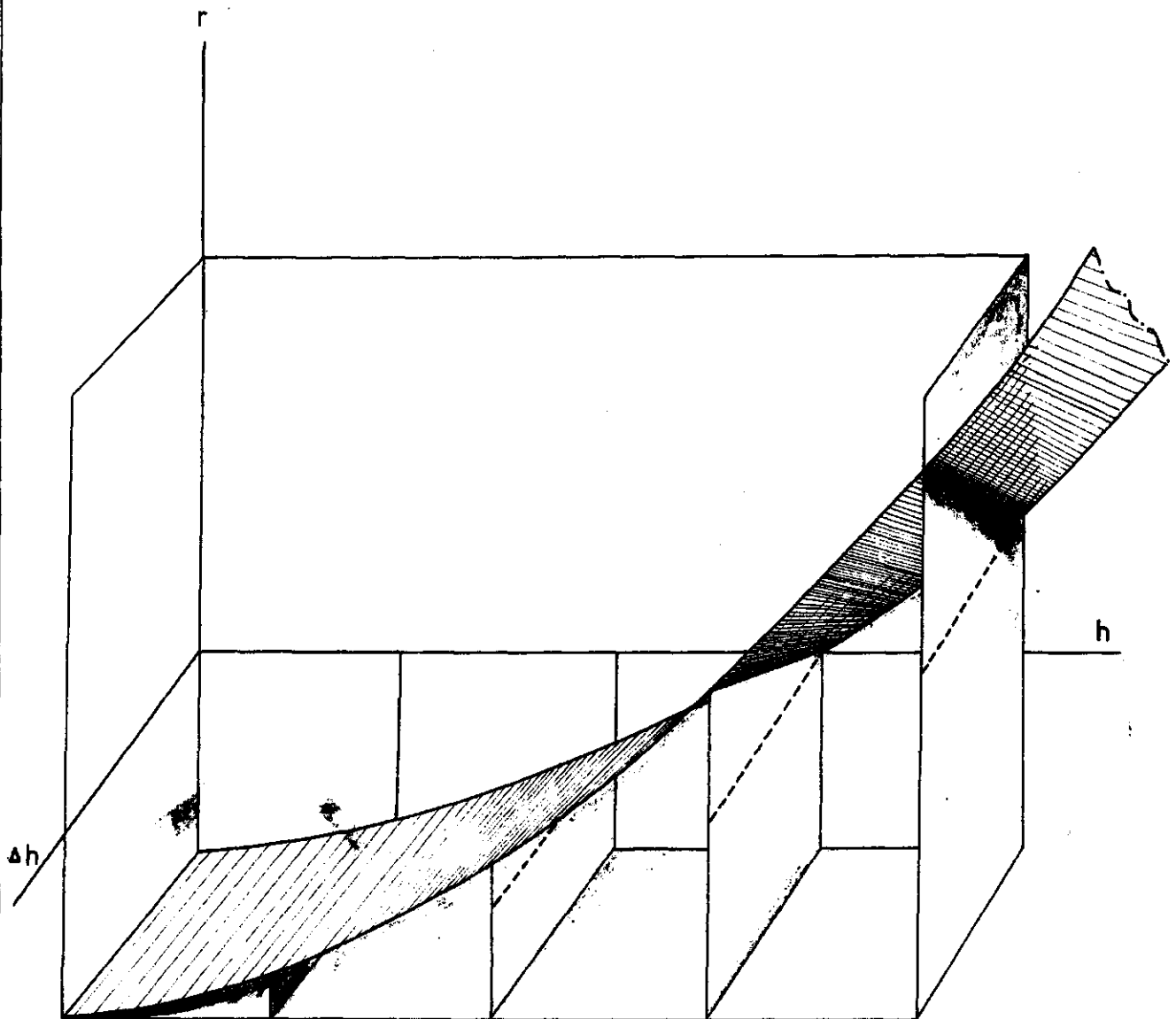


FIG. 3