

NN31545.0165

BIBLIOTHEEK DE HAFF

Droevendaalsesteeg 3a

Postbus 241

6700 AE Wageningen

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA no. 165^{dd.} 3 januari 1963

Het gebruik van frequentieverdelingen bij
het onderzoek naar afvoercoëfficiënten

Ph.Th.Stol

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0271 5114

1786303

Inhoud

	blz.
Inleiding	1
Frequentie-overzichten als informatiebron	2
De mathematische formulering van een frequentieverdeling	5
Aannamen bij het opstellen van frequentieverdelingen	7
Aantekeningen omtrent de vorm van frequentieverdelingscurven	9
1. Algemene opmerkingen	9
2. De neerslagfrequenties	10
3. Afvoerfrequenties van de Rottegatspolder	10
4. Afvoerfrequenties van de Mark	11
5. Samenvatting	11
De afvoerintensiteit	13
Het berekenen van herhalingsperioden	14
Een praktisch criterium	16
Toepassing van frequentieverdelingen van de neerslag	18
Literatuur	19
Tabel 1 Maximale afvoeren in k-daagse tijdvakken, Rottegatspolder	
Tabel 2 Maximale afvoeren in k-daagse tijdvakken, De Mark	
Tabel 3 Frequenties overeenkomend met herhalingsperioden met $j = 5, 10, 25$.	

Inleiding

Bij het uitvoeren van werken waarbij de waterstaatkundige inrichting van een gebied in het geding komt ontstaat de noodzakelijkheid de dimensionering van aan- en afvoermiddelen vast te stellen. In het volgende zal speciaal aandacht besteed worden aan het probleem van de afvoercoëfficiënten.

Een criterium waarop het vaststellen van een afvoercoëfficiënt berust zou gevonden kunnen worden uit fysische wetten die de afvoer uit een gebied beschrijven. Als parameters dienen constanten die de hydrologische en de terreingesteldheid weergeven in de toe te passen formules opgenomen te worden. Een andere mogelijkheid is aan de hand van ervaring in overeenkomstige gebieden een afvoercoëfficiënt vast te stellen. In dit laatste geval is het niet denkbeeldig dat aan meteorologische en hydrologische omstandigheden uit de laatst verstreken jaren een te groot gewicht gehecht wordt. Eventueel opgetreden schaden worden dan niet meer over voorgaande jaren omgeslagen.

In deze bijdrage zal aangegeven worden op welke wijze met het samenstellen van frequentie-overzichten aan de ervaringsmethode een objectief uitgangspunt verleend kan worden.

Frequentie-overzichten als informatiebron

Uit frequentie-overzichten wil men gaarne uitspraken ontleen die antwoord geven op de vraag hoe vaak in een bepaald tijdsbestek van bijvoorbeeld 5, 10, 25 jaar, de zogenaamde herhalingsperiode, een bepaalde neerslaghoeveelheid, respectievelijk een bepaalde afvoerhoeveelheid zal worden overschreden. In deze vraag ontbreken nog de belangrijke preciseringen over de tijdvaklengte, namelijk het aantal achtereenvolgende dagen waarover men ingelicht wil zijn en tenslotte nog de periode van het jaar waarin men geïnteresseerd is.

Dit laatste houdt in dat behalve de grootheden: frequentie van voorkomen en het aantal mm, als variabelen de tijdvaklengte en tenslotte de periode, bijvoorbeeld maand van het jaar, in het onderzoek opgenomen moeten worden. Grafieken waarin deze variabelen op de assen staan geven inzicht in de invloed van respectievelijk de tijdvaklengte en de tijd van het jaar op de berekende frequenties.

Wordt de frequentieverdeling van ééndaagse sommen opgevat als de elementaire verdeling, dan kan in eerste instantie gezegd worden dat verdelingen voor andere tijdvaklengten van k dagen en voor gegeven perioden hieruit zouden kunnen worden berekend. Het verschijnsel doet zich echter voor dat wanneer een gebied in een regenzone ligt, de kans zeer groot is dat als het op een bepaalde dag regent de volgende dag ook neerslag zal brengen. Deze correlatie noemt men de persistentie van de regenval en betekent een complicatie bij het afleiden van verdelingen voor langere tijdvakken uit de elementaire frequentieverdelingen. Om deze complicatie zoveel mogelijk te ontgaan wordt de tijdvaklengte als afzonderlijke variabele opgenomen en de frequentie hiervoor afzonderlijk berekend.

Voor elk specifiek probleem zal er vervolgens een periode te onderscheiden zijn waarin men in het bijzonder geïnteresseerd is. De keuze van deze periode hangt dus nauw samen met het onderwerp van onderzoek, de grenzen van de periode dienen hiernaar vastgesteld te worden. Bij vele civieltechnische vraagstukken zal het kiezen van de periode eenvoudig hierop neerkomen dat een vol jaar het uitgangspunt van de beschouwing vormt: een rioleringsstelsel zal steeds topafvoeren moeten kunnen verwerken, ongeacht de tijd

van het jaar.

Bij landbouwkundige vraagstukken zal een apart onderzoek naar de juiste keuze van de periode op zijn plaats zijn. De eis van een vol jaar zal veelal te streng zijn en te dure voorzieningen eisen. Maanden waarin de verdamping of de berging een groot deel van een extreme neerslaghoeveelheid kan opnemen zullen buiten beschouwing kunnen blijven. In voor- doch vooral in najaarsmaanden zal bij het op maximale capaciteit komen van de berging een hoeveelheid die overigens met een geringe overschrijdingskans voorkomt aanleiding kunnen zijn tot het optreden van grote schaden. Binnen een gekozen periode, bijvoorbeeld het groeiseizoen, zijn dus nog onderperioden te onderscheiden waaraan een wegingsgetal zou moeten worden toegekend om mogelijk optredende schadeverwachtingen tot uitdrukking te brengen.

Daar zowel beginpunt als eindpunt van de perioden variabel gedacht kan worden zal het niet wel doenlijk zijn reeds à priori deze periode in het onderzoek te betrekken alvorens een nader inzicht in de bovenomschreven problemen is verkregen.

Door alle bijvoorbeeld afvoerhoeveelheden door de toegepaste tijdvaklengte te delen worden intensiteiten verkregen die eveneens in hun onderlinge relaties bestudeerd kunnen worden. Op het verschijnsel van afnemende intensiteiten bij de kleine overschrijdingskansen zal nog nader worden ingegaan.

Vervolgens kan, uit de elementaire frequentieverdeling, afgeleid worden welke de herhalingsperiode is bij een gegeven kans, tijdvaklengte en periode. Voor de gekozen voorbeelden, waarvoor gegevens over 10 jaar ter beschikking stonden, kan een herhalingsperiode van 1 x per 10 jaar juist op de grens van het waarnemingsmateriaal aangegeven worden. Voor het weergeven van strengere eisen, namelijk van overschrijdingen die slechts 1 x per 20 jaar of 1 x per 25 jaar worden toegestaan, zal een extrapolatie uitgevoerd moeten worden.

Tenslotte vraagt het door de frequentieverdelingen gevormde uitgebreide tabellenmateriaal om een grafische weergave die op overzichtelijke wijze de van belang te achten samenhangen tot uitdrukking brengt.

Het thans gestelde roept het probleem op een bewerkingsmethode

te vinden volgens welke de meer dimensionale samenhang tussen frequentie, hoeveelheid, tijdvaklengte en periode vereffend kan worden. Tot nog toe blijkt de tijdrovende grafische bewerking nog het meest geschikt om empirisch de benodigde relaties vast te stellen.

De mathematische formulering van een frequentieverdeling

De grondslagen waarop het toepassen van frequentieverdelingen berusten zullen hier in het kort worden weergegeven.

Voor een zo gecompliceerd systeem als uit de wisselwerking tussen meteorologische en hydrologische elementen ontstaat, valt niet langs theoretische weg een kansverdeling af te leiden. Noch heeft het zin à priori een verdeling aan te nemen doch veelal zal, met behulp van waarnemingsuitkomsten, langs empirische weg een inzicht in de op te stellen frequentie-overzichten verkregen moeten worden.

De grondgedachte hierbij is het geconstateerde feit dat een bepaald verschijnsel, bijvoorbeeld neerslag, afvoer, waarnemingsuitkomsten geeft die weliswaar van dag tot dag sterk verschillen doch op den lange duur, zich met een zekere frequentie zullen herhalen. In statistische termen betekent dit dat er een bepaalde, vaste verhouding zal bestaan tussen het aantal malen dat een verschijnsel is opgetreden en het totaal aantal malen dat een meting is verricht.

Voor onderschrijdingsfrequenties geldt dan in symbolen voor de cumulatieve frequentiequotienten:

$$F_n(x) = \frac{\text{aantal malen dat } x_1 \leq x}{\text{totaal aantal } n}$$

Neemt men aan dat ook in jaren die volgen het bestudeerde gebied in meteorologisch en hydrologisch opzicht van dezelfde structuur blijft, dan zullen ook de gevonden frequentiequotienten blijven gelden en wordt een basis verkregen waarop voorspellingen kunnen plaatsvinden.

Opgemerkt wordt dat met korte waarnemingsreeksen enigszins andere frequentiequotienten gevonden zullen worden dan met langere reeksen. Gesteld kan worden dat indien de aard van het systeem dezelfde blijft bij het toenemen van het aantal waarnemingen de frequentiequotienten uiteindelijk de werkelijke kansen gaan representeren waarmee een bepaald verschijnsel zal optreden.

Theoretisch is een kans een integraal, $F(x)$, van de kansdichtheidsfunctie, $f(x)$, die alle waarden van 0 tot 1 doorloopt. Voor onderschrijdingen geldt dat de kans dat de (stochastische) variabele x een waarde aanneemt $\leq x$ gelijk is aan

$$P(\underline{x} \leq x) = \int_{-\infty}^x f(t)dt = F(x) - P(-\infty)$$

waarin

$$f(x) \geq 0$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1 \text{ en } 0 \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)dt \leq 1$$

Voor overschrijdingskansen geldt dan

$$P(\underline{x} > x) = 1 - P(\underline{x} \leq x)$$

Als voorbeeld wordt genomen de cumulatieve frequentieverdeling van de neerslag N in januari voor de Rottegatpolder (figuur 1).

Uit de figuur leest men af dat voor één enkele dag, stel 15 januari de overschrijdingskans van 10 mm is

$$P(\underline{N} \geq 10 \text{ mm}) = 7\%$$

en bijvoorbeeld

$$P(\underline{N} \leq 1 \text{ mm}) = 57\%$$

Aannamen bij het opstellen van frequentieverdelingen

De gevonden kansen worden dus afgeleid uit de waargenomen frequentiequotienten. Om ook bij een gering aantal jaren een voldoende aantal gegevens in de berekeningen te betrekken is het gebruikelijk om waarnemingen die

1. als onafhankelijke gegevens beschouwd kunnen worden
2. tot dezelfde kansverdeling behoren in één groep samen te nemen.

Hiervoor worden dan gebruikt alle dagwaarnemingen respectievelijk alle k-daagse tijdvakken van eenzelfde maand, zodat alle overeenkomstige waarnemingen over het beschikbaar aantal jaren benevens die uit één enkele maand in dezelfde frequentieverdeling worden opgenomen en als onafhankelijke gegevens worden beschouwd. Zo berust de curve uit het genoemde voorbeeld op 31 dagwaarnemingen over 10 jaar dus in totaal 310 waarnemingen. De frequentieverdeling blijft dus steeds gelden voor één bepaalde dag respectievelijk voor één bepaald k-daags tijdvak.

Deze aannamen zijn niet geheel correct. De verdeling van het jaar in maanden is in dit opzicht vrij kunstmatig. De frequentieverdeling springt op de 31 januari van het januari-type over op het februari-type dat tot 1 maart blijft gelden. De parameters van de kansverdelingen zullen echter continu met de tijd van grootte veranderen. Door het samennemen van waarnemingen uit het begin en uit het eind van een maand zal slechts bij benadering voldaan zijn aan de voorwaarde van de gelijke kansverdeling. Evenmin zijn de gegevens geheel onafhankelijk. Bijvoorbeeld was de maximaal gemeten dagneerslag in de Rottegatspolder die van 4 december 1960 en bedroeg 53,7 mm. Deze regenhoeveelheid gaf aanleiding tot de volgende afvoeren:

Neerslag en afvoer in december 1960, Rottegatspolder

dag	neerslag	afvoer
1	0,2	3,0
2	0,0	1,7
3	0,7	1,4
4	53,7	6,6
5	6,3	19,2
6	0,8	19,3
7	1,9	9,9
8	6,6	4,9
9	0,3	0,0
10	6,5	0,0
11	1,1	0,0
12	0,3	0,0

De afvoeren van 4, 5, 6 en 7 december zijn zeker niet onafhankelijk van elkaar. Deze persistentie zal zich minder sterk doen gelden voor de langere tijdvakken, wanneer steeds wordt afgevoerd wat aan neerslag gevallen is. Hieruit volgt ook dat bij de grotere afvoeren de persistentie het sterkst zal zijn. Een en ander houdt in dat het aantal effectieve gegevens minder is dan in rekening werd gebracht. De invloed van de persistentie is voor afvoergegevens groter dan voor neerslaggegevens zoals uit bovenstaande tabel reeds blijkt.

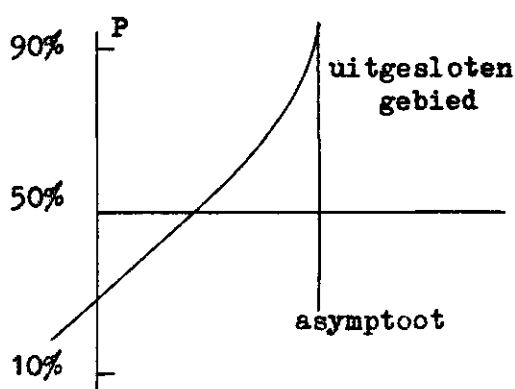
Bovenbesproken complicaties zijn in het volgende nog geheel buiten beschouwing gebleven.

Aantekeningen omtrent de vorm van frequentieverdelingscurven

1. Algemene opmerkingen.

Door toepassing van zogenaamd: waarschijnlijkheidspapier wordt een normale kansverdeling in een rechte omgezet. Scheve verdelingen kunnen getransformeerd worden door voor de bestudeerde grootte een schaaltransformatie toe te passen. Voor het afvoeronderzoek is een logaritmische schaal gebruikt waarop de hoeveelheden in mm werden aangegeven. Negatieve waarden kunnen namelijk bij de onderzochte grootheden niet voorkomen. In eerste instantie worden de frequentieverdelingen hiermee geacht van een logaritmisch normaal type te zijn. Bovendien geeft een logaritmische schaal de mogelijkheid relatieve betrekkingen nader op het spoor te komen.

Specifieke afwijkingen op de algemene vorm worden nog door de volgende omstandigheden veroorzaakt. Wanneer een bepaalde waarde van een variabele principieel niet overschreden kan worden, zoals de maximale capaciteit van een poldergemaal, zal de kansverdelingscurve een verticale asymptoot bij die waarde bezitten. De "bijna-asymptotische-waarden" zullen naar verhouding steeds vaker gaan voorkomen naarmate ze dichterbij de asymptoot liggen. Het gemaal werkt dan een aantal dagen op volle capaciteit om een grote neerslaghoeveelheid af te voeren.



Een horizontale afvlakking van de verdelingscurve zal optreden wanneer bepaalde waarden theoretisch nog wel overschreden kunnen worden doch de kans hierop tot nul nadert. De verdelingsfunctie blijft voor dit geval eveneens steeds monotoon stijgend. Horizontale asymptoten kunnen dus nimmer voorkomen, wel horizontale asymptotische richtingen.

Voor de maanden januari en augustus zal een voorbeeld gegeven worden van de frequentieverdelingen voor de neerslag, de afvoer uit een poldergebied en de afvoer van een beek. De neerslagfrequenties hebben betrekking op metingen van de laatste tien jaar van de Rottegataspolder, welk gebied zelf tevens als voorbeeld van een poldergebied is gekozen. Als beekgebied zijn gegevens van de Mark, vanaf 1948, beschikbaar gesteld door Rijkswaterstaat, bewerkt.

2. De neerslagfrequenties.

In de figuren 1 en 2 zijn de cumulatieve frequentieverdelingen van de neerslag in januari en augustus voor 1, 2, 3, 5,30-daagse tijdvakken bijeengebracht. Bij de toegepaste logaritmische schaal blijkt de helling van de verdelingscurven steeds steiler te worden. Evenredige grotere hoeveelheden aan neerslag worden naar verhouding wat vaker overschreden dan met een normale verdeling overeenkomt. Voor langere tijdvakken gaat de verdeling voor zover de gegevens reiken steeds meer de logaritmisch normale benaderen. Bij de korte tijdvakken ontstaat aan het onder einde een afbuiging naar een asymptotisch horizontale richting, tengevolge van het voorkomen van neerslagloze perioden. Op lineaire schaal zal blijken dat een sterke afbuiging naar de verticale as plaatsvindt, daar negatieve neerslaghoeveelheden niet zullen optreden.

De frequentieverdelingen voor augustus vertonen een sterke overeenkomst met die voor januari. Grote neerslaghoeveelheden worden echter vaker, met grotere kansen, overschreden. Hierin komt het effect van de zomerregens tot uiting.

3. Afvoerfrequenties van de Rottegataspolder.

Bij poldergebieden kan verwacht worden dat bij de korte tijdvakken zich een asymptoot zal aftekenen wanneer de poldercapaciteit te beperkt is. "Bijna-asymptotische-waarden" gaan dan naar verhouding te vaak voorkomen en de maximale capaciteit van het afvoersysteem wordt te vaak aangesproken. Het voorbeeld van januari (figuur 3) is de enige figuur waarin een aanduiding van de aanwezigheid van een asymptoot binnen het waarnemingsmateriaal van de Rottegataspolder is verkregen. (De maximale capaciteit voor de Rottegataspolder kan gesteld worden op 24,2 mm/etm).

De steile einden bij de langere tijdvakken echter geven geen

aanwijzing meer over een beperking van afvoeren tengevolge van een te geringe afvoercapaciteit. Door de langere tijdvakken ontstaat een nivellering van omstandigheden zodat de afvoerintensiteit steeds meer gaat afnemen een verschijnsel dat later nog ter sprake zal komen.

Het middengedeelte van de verdelingen is van het logaritmisch normale type, bij de lage frequenties worden de verdelingen bij de korte tijdvakken steeds meer door de geringe neerslaghoeveelheden, die synchroon met de regenval uit de polder verwijderd kunnen worden, bepaald.

Het beeld dat de maand augustus vertoont (figuur 4) is van geheel andere aard. Afvoeren van meer dan 1 mm op één bepaalde dag komen nog slechts met een frequentie van 15 per 100 voor. Voor de gehele maand augustus geldt dat de overschrijdingskans van een gemiddelde afvoer van 1 mm/etm ongeveer 25% is tegen 80% in januari. Het onderste gedeelte van de curven wordt nu sterk beheerst door die perioden waarin geen afvoer is opgetreden. Het totaalbeeld is overigens met het in acht nemen van de overige termen van de waterbalans wel plausibel te maken.

4. Afvoerfrequenties van de Mark.

Het verschil tussen de frequentieverdelingen van januari en augustus is voor de Mark niet zo in het oog springend als voor de behandelde polder (figuur 5 en 6). Uiteraard is voor januari de gehele figuur naar wat hogere afvoerhoeveelheden verschoven.

De figuren geven de indruk dat een zekere basisafvoer zal bestaan die zelden onderschreden wordt. Boven deze basisafvoer, die in augustus geringer is dan in januari zijn de grotere afvoerhoeveelheden gesuperponeerd. De relatieve spreiding is voor de basisafvoer wat groter dan voor de gesuperponeerde afvoeren.

5. Samenvatting.

De vorm van de frequentieverdelingscurven van de Rottegatpolder bij de lage afvoeren wordt - zoals te verwachten valt voor een polder - voor de korte tijdvakken in de wintermaanden sterk beheerst door de neerslagverdeling. Bij de kleine overschrijdingskansen krijgen de curven op de gekozen logaritmische schaal, een steeds steiler verloop doch zo dat voor lange tijdvakken de te verwachten af-

voerintensiteit steeds geringer wordt.

Slechts in het voorbeeld van januari wordt de indruk gevestigd dat de capaciteit een belemmering heeft gevormd om de dagneerslag te kunnen bijhouden, een indruk die overigens in geen van de andere maanden versterking vindt.

Voor de Mark wordt het onderende van de curven niet beheerst door de neerslag doch door de basisafvoer. Deze geeft in de winter bij dezelfde overschrijdingskansen aanleiding tot grotere afvoerhoeveelheden dan in de zomer. Het bovenste gedeelte van de verdeelingscurven geeft geen aanwijzingen over mogelijke afvoer beperkende factoren.

In bovenstaande voorbeelden zijn steeds de maanden januari en augustus beschouwd. Een totaaloverzicht over de maanden wordt gegeven in de figuren 7 en 8. Hierin zijn polygonen getekend voor gelijke overschrijdingskansen. Vooral voor de Rottegataspolder blijkt een duidelijke tendens voor hoge afvoerwaarden in januari waarneembaar. Bij de kleinste overschrijdingskansen is deze tendens voor de Mark minder overheersend, overschrijdingen welke met 1% kans voorkomen liggen voor de maanden oktober tot en met april alle bij ongeveer hetzelfde niveau van 4 à 5 mm voor dagafvoeren.

De afvoerintensiteit

Bij het analyseren van afvoergegevens over verschillende tijdvakken is het van belang de begrippen hoeveelheid en intensiteit duidelijk gescheiden te houden. Over langere tijdvakken gemeten zal een totale hoeveelheid steeds toenemen, echter minstens gelijk blijven. Intensiteiten kunnen over korte tijdvakken grote waarden aannemen, de kans dat extreem grote waarden nogmaals in een volgend tijdvak zullen voorkomen is zeer gering, zodat bij kleine overschrijdingskansen de intensiteit bij toenemende tijdvaklengte zal afnemen.

Zeldzaam voorkomende geringe afvoeren zullen eveneens een zeer kleine kans hebben tweemaal na elkaar op te treden. Dit houdt in dat over langere tijdvakken de intensiteit bij kleine onderschrijdingskansen juist zal toenemen. Uit de figuren blijkt dat het evenwicht dus de vaste verhouding tussen hoeveelheid en intensiteit zowel voor de polder als voor de beek, bij een frequentie van ongeveer 80% ligt in januari en bij een wat lager percentage in augustus. Hier moet de overgang gezocht worden tussen de relatief kleine en de relatief grote afvoeren.

In de tabellen 1 tot en met 3 wordt het verschil tussen intensiteit en hoeveelheid toegelicht met de absolute maxima over de gehele periode waarover waarnemingen werden verricht. Uit tabel 1 krijgt men de indruk dat de neerslag die maximaal in twee dagen gevallen is, steeds in twee dagen uitgeslagen kan worden, veelal zelfs zal de afvoerintensiteit groot genoeg zijn om de neerslagintensiteit voor één dag te overtreffen. Vergelijking met neerslaggegevens over een groter aantal jaren kan aan het licht brengen of deze ruime marge niet alleen binnen de afgelopen 10 jaren heeft gegolden doch zich over een veel langere periode uitstrekt.

Duidelijk valt het effect te constateren dat de intensiteiten naar een gemiddelde waarde over lange tijdvaklengten naderen.

Het berekenen van herhalingsperioden

In het voorgaande is aangegeven dat de frequentieverdelingen opgesteld zijn voor één bepaalde dag, respectievelijk één bepaald tijdvak van twee dagen enz. Deze tijdvakken kan men uit een oogpunt van symmetrie gesitueerd denken in het midden van de beschouwde maand aangezien voor het opstellen van de frequentieverdelingen alle maandgegevens zijn gebruikt. Als resultaat wordt een bepaalde, vaste, frequentie van voorkomen gevonden, uitgedrukt in percentages (figuur 1 tot en met 6).

Zoals reeds werd betoogd, zal de belangstelling niet zozeer uitgaan naar de kennis van wat op één dag (bijvoorbeeld 15 januari) zal gebeuren, maar naar wat bijvoorbeeld op alle dagen van het bemalingsseizoen aan overschrijdingen kan plaatsvinden. Wordt een bemalingsseizoen, om de gedachte te bepalen, op 90 dagen gesteld dan zal - met inachtneming van de aanname dat alle daggegevens onafhankelijk waren - in deze periode een bepaalde overschrijding 90 x zo vaak kunnen voorkomen als met het frequentiequotient wordt aangegeven.

De aangenomen periode van 90 dagen is echter zo lang dat binnen deze periode de kansverdeling voor een bepaalde dag niet meer constant gedacht mag worden. Dit houdt in dat de berekening van de herhalingsperioden binnen de indeling in maanden moet plaatsvinden.

Wordt nu, bij wijze van voorbeeld, gevraagd naar het aantal jaren (j) waarbinnen een verschijnsel zich zal herhalen, dan luidt de berekening als volgt.

Komt een verschijnsel voor met een kans van P% dan zal de herhalingsperiode zijn P maal in 100 jaar. Voor alle n tijdvakken binnen een maand wordt dit nP maal in 100 jaar of

$$1 \times \text{in } \frac{100}{nP} \text{ jaar}$$

Stelt men nu voor een bepaalde tijdvaklengte k de herhalingsperiode op j jaar, dan vindt men de te verwachten (afvoer) hoeveelheid bij een kans

$$P = \frac{100}{n \cdot j} \%$$

Opgemerkt wordt hierbij dat in bovenstaande voorbeelden en genoemde figuren een tijdvak van 30 dagen steeds per definitie duidt

op de gehele beschouwde maand. Voor het overige geldt dat het aantal k-daagse tijdvakken voor maanden met m dagen berekend wordt uit $n = m - (k-1)$, zodat samenvattend verkregen wordt:

$$P = \frac{100}{j\{m - (k-1)\}} \%, \quad k = 1, 2, 3, \dots, 20$$

$$P = \frac{100}{j} \%, \quad k = 30$$

waarin

P = kans in %

j = herhalingsperiode van j jaar

m = totaal aantal dagen van de beschouwde maand

k = tijdvaklengte in dagen

(n = aantal k-daagse tijdvakken binnen een maand)

In tabel 3 wordt voor de maanden januari en augustus (31 dagen) de omrekening voor j = 5, 10, 25 gegeven. In de figuren zijn deze herhalingsperiodes voor overschrijdingen in beeld gebracht.

Een praktisch criterium

Met behulp van frequentie-overzichten van afvoer en neerslag kan een gemakkelijk hanteerbaar praktisch criterium opgesteld worden volgens welk een onderscheid gemaakt wordt tussen gebieden (polders) met goede, matige of slechte ontwatering.

Om dit te bereiken worden van een gegeven polder de hoeveelheden aan neerslag (N) en afvoer (A) die bij gelijke onder- of overschrijdingskansen voorkomen tegen elkaar uitgezet. Mathematisch wordt dan gelijkgesteld

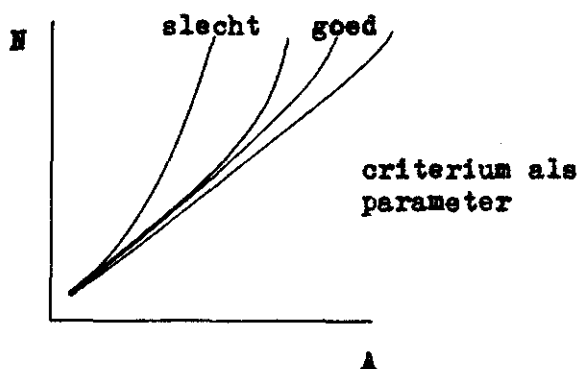
$$P(\underline{N} \leq N) = P(\underline{A} \leq A)$$

waaruit volgt

$$\int_{-\infty}^N f_1(t)dt = \int_{-\infty}^A f_2(t)dt$$

zodat steeds die bovengrenzen van deze integralen tegen elkaar uitgezet worden waarvoor de gelijkheid opgaat.

Wordt de neerslagverdeling als basis van verdere beschouwing gebruikt, dan kunnen in één figuur de curven voor een aantal polders uit een gebied met eenzelfde neerslagpatroon bijeengebracht worden. Voor polders waarvoor de afvoermogelijkheden te beperkt zijn zal een limiterende afvoerhoeveelheid voorkomen die zich door een steil verloopende curve zal kenmerken. In principe ontstaat dan de volgende situatie.



Aan de hand van landbouwkundige cultuurtechnische of bedrijfseconomische criteria, mogelijk ook een complex van deze, kan aan elke polder een waarderingscijfer worden toegekend.

Deze cijfers als parameters aan de bovengesteld curvenbun-

del toegevoegd kunnen aanwijzingen geven in hoeverre de gesteldheid van de afvoermiddelen oorzaak kan zijn van de hoogte in waardering. Een dergelijke waardering kan dus op geheel onafhankelijke wijze tot stand komen en kan als nieuw gegeven na het vervaardigen van de frequentie-overzichten in het onderzoek worden ingebracht.

In figuur 9 is voor de Rottegatspolder voor de 1-daagse tijdvakken van januari, maart, augustus, oktober en november een samenhang als bovenbedoeld uitgebeeld. Bij geen van de maanden blijkt een afvoerbeperkende tendens te bestaan. Figuur 10 tenslotte geeft voor november nog het verband voor verschillende tijdvaklengten.

Toepassing van frequentieverdelingen van de neerslag

Tot slot volgen nog enkele aanvullende opmerkingen met betrekking tot het toepassen van frequentieverdelingen van neerslaggegevens.

In de eerste plaats kan opgemerkt worden dat, indien de functie bekend zou zijn volgens welke de afvoer uit de neerslag berekend kan worden, de frequentieverdeling van de afvoer uit deze berekende uitkomsten kan worden verkregen.

Zolang een dergelijke berekening nog niet tot de gewenste nauwkeurige resultaten voert, moet een bestudering van direct gemeten afvoerhoeveelheden de voorkeur verdienen.

Behalve met de neerslag uit de overeenkomstige periode van afvoermetingen te werken kan het nuttig zijn nog langere neerslagreeksen, die veelal wel ter beschikking van de onderzoeker zullen staan, als hulpmiddel te gebruiken. Hiermee kan van grote neerslaghoeveelheden nagegaan worden in hoeverre deze ook over een groter aantal decennia extreem zijn.

De vraag zal tenslotte steeds zijn of er voldoende gegevens over een periode van bijvoorbeeld minstens 10 jaar beschikbaar zijn die zich voor bewerking lenen. Zo dit niet het geval is zal de mogelijkheid onderzocht moeten worden tot een analyse van de neerslagverdelingen alleen te komen. Hieruit zouden dan de benodigde conclusies getrokken moeten worden die van belang kunnen zijn bij het bepalen van de gewenst afvoercoëfficiënt.

Literatuur

- GUMBEL, E.J., 1960. Statistics of extremes. Columbia University Press, New York
- STOL, Ph.Th., 1962. Een frequentie-onderzoek naar de te verwachten vochttekorten in de Tielerswaard-West. Deelrapport 14 van De waterbehoefte van de Tielerswaard-West.

Tabel 1 Rottegatspolder

Maximale afvoer, voorgekomen in k-daagse tijdvakken in de periode van 1 januari 1951 tot en met 31 december 1961, uitgedrukt als intensiteit in mm/etmaal. Maximale capaciteit 24,2 mm/etmaal.

k	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
1	19,9	22,1	22,0	14,1	9,8	5,6	5,2	18,6	11,4	13,0	12,8	19,3
2	19,4	12,8	14,6	9,1	6,2	3,1	3,5	11,3	10,8	12,6	12,2	19,3
3	18,8	10,2	12,4	8,4	5,8	2,1	3,2	7,8	10,1	9,4	10,4	16,1
5	15,3	9,7	9,7	6,6	4,3	1,2	2,0	5,7	7,5	6,7	8,2	12,0
7	11,5	7,8	8,0	5,3	3,2	0,9	1,4	4,2	6,4	5,2	7,3	9,0
10	8,5	6,6	5,9	4,1	2,3	0,7	1,0	3,1	5,1	4,3	5,9	6,6
15	7,3	5,0	4,2	2,8	1,6	0,6	0,7	2,4	3,9	3,1	4,6	4,4
20	6,1	4,0	3,2	2,1	1,2	0,4	0,5	1,8	3,0	2,6	3,8	3,3
30	4,7	2,7	2,2	1,5	0,8	0,3	0,3	1,4	2,1	2,3	3,3	3,1

Als boven, doch nu voor de maximale neerslag

1	23,0	14,2	23,0	25,4	40,6	33,3	52,0	37,1	43,6	30,8	24,3	53,7
2	14,1	10,9	17,3	15,7	25,8	18,8	31,4	22,0	25,1	20,2	14,9	30,0
3	12,5	8,3	11,7	12,3	17,6	12,9	23,0	17,8	18,2	13,9	13,6	20,3
5	10,6	6,4	9,6	10,0	11,4	8,0	14,0	17,8	13,3	10,6	11,8	13,9
7	9,1	5,6	7,1	7,9	8,2	6,2	10,5	14,6	10,9	8,2	9,1	10,9
10	7,9	4,3	6,2	5,6	6,0	5,6	7,9	12,2	8,6	7,4	7,5	7,9
15	6,6	4,2	5,2	4,4	4,7	4,6	6,7	8,5	6,4	5,9	6,5	6,1
20	5,9	3,5	4,3	3,3	4,2	3,9	6,3	6,5	5,8	4,7	5,5	4,7
30	4,5	2,4	2,9	2,9	3,0	2,8	4,9	5,4	4,5	3,8	4,1	3,4

Tabel 2 De Mark

Maximale afvoer, voorgekomen in k-daagse tijdvakken in de periode van 1 januari 1940 tot en met 31 maart 1962, uitgedrukt als intensiteit in mm/etmaal

k	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
1	5,0	4,7	4,5	3,4	1,9	1,2	1,7	1,5	2,3	6,9	4,4	8,7
2	4,7	4,6	4,2	3,3	1,9	1,2	1,4	1,3	2,3	6,2	4,2	8,0
3	4,5	4,2	4,0	3,1	1,6	1,0	1,3	1,2	2,1	5,7	3,9	7,6
5	3,0	3,7	3,4	2,5	1,6	0,8	1,0	1,1	1,8	5,1	3,5	6,4
7	3,4	3,3	3,1	2,9	1,3	0,7	0,9	1,1	1,6	4,4	3,4	5,6
10	3,1	2,9	2,6	2,7	1,0	0,6	0,9	1,1	1,3	3,6	2,6	4,6
15	3,1	3,1	1,9	2,1	0,7	0,5	0,8	1,0	1,2	2,9	2,3	3,7
20	3,1	2,6	1,6	1,8	0,6	0,5	0,7	1,0	1,1	2,5	2,1	3,2
30	2,5	1,9	1,2	1,3	0,5	0,4	0,6	0,9	0,9	1,9	2,2	2,4

Tabel 3

Cumulatieve frequenties in % volgens figuur 1 tot en met 6 overeenkomend met 1 x voorkomen in respectievelijk 5, 10 en 25 jaar van onder- (over-) schrijdingen van noeveneden in alle k-daagse tijdvakken binnen een maand

tijdvaklengte k			aantal tijdvakken n	herhalingsperiode van j jaren					
voor maanden met m dagen				voor onderschrijdingen			voor overschrijdingen		
31	30	28		5	10	25	5	10	25
1			31	0,65	0,32	0,13	99,35	99,68	99,87
2	1		30	0,67	0,33	0,13	99,33	99,67	99,87
3	2		29	0,69	0,34	0,14	99,31	99,66	99,86
	3	1	28	0,71	0,36	0,14	99,29	99,64	99,86
5		2	27	0,74	0,37	0,15	99,26	99,63	99,85
	5	3	26	0,77	0,38	0,15	99,23	99,62	99,85
7			25	0,80	0,40	0,16	99,20	99,60	99,84
	7	5	24	0,83	0,42	0,17	99,17	99,58	99,83
			23	0,87	0,45	0,17	99,13	99,57	99,83
10		7	22	0,91	0,45	0,18	99,09	99,55	99,82
	10		21	0,95	0,48	0,19	99,05	99,52	99,81
			20	1,00	0,50	0,20	99,00	99,50	99,80
		10	19	1,05	0,53	0,21	98,95	99,47	99,79
			18	1,11	0,56	0,22	98,89	99,44	99,78
15			17	1,18	0,59	0,27	98,82	99,41	99,73
	15		16	1,25	0,63	0,25	98,75	99,37	99,75
			15	1,33	0,67	0,26	98,67	99,33	99,74
		15	14	1,43	0,71	0,29	98,57	99,29	99,71
			13	1,54	0,77	0,31	98,46	99,23	99,69
20			12	1,67	0,83	0,33	98,33	99,17	99,67
	20		11	1,82	0,91	0,36	98,18	99,09	99,64
			10	2,00	1,00	0,40	98,00	99,00	99,60
		20	9	2,22	1,11	0,44	97,78	98,89	99,56
"30"	30	"30"	1	20,00	10,00	4,00	80,00	90,00	96,00

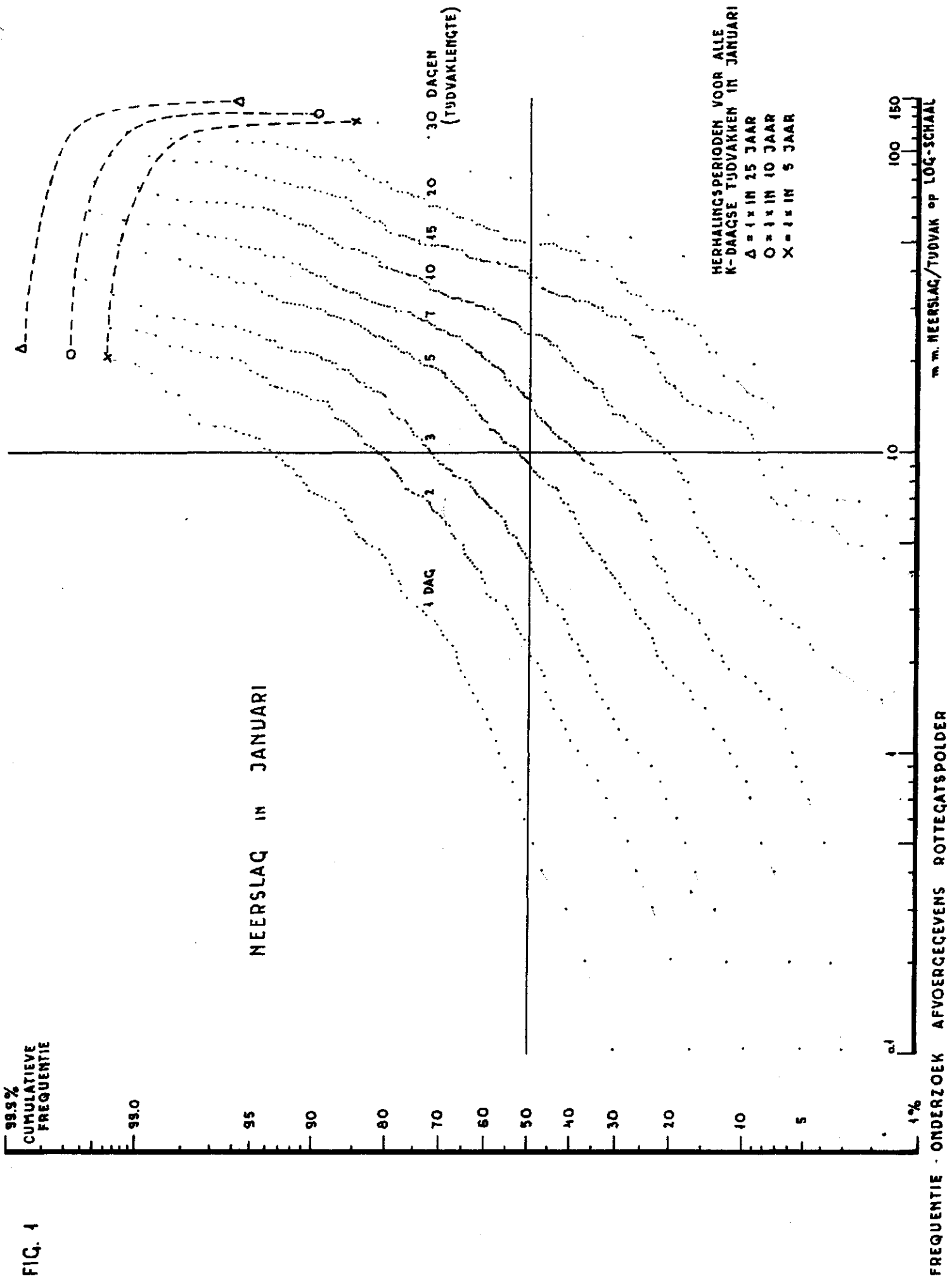


FIG. 1

FIG. 2

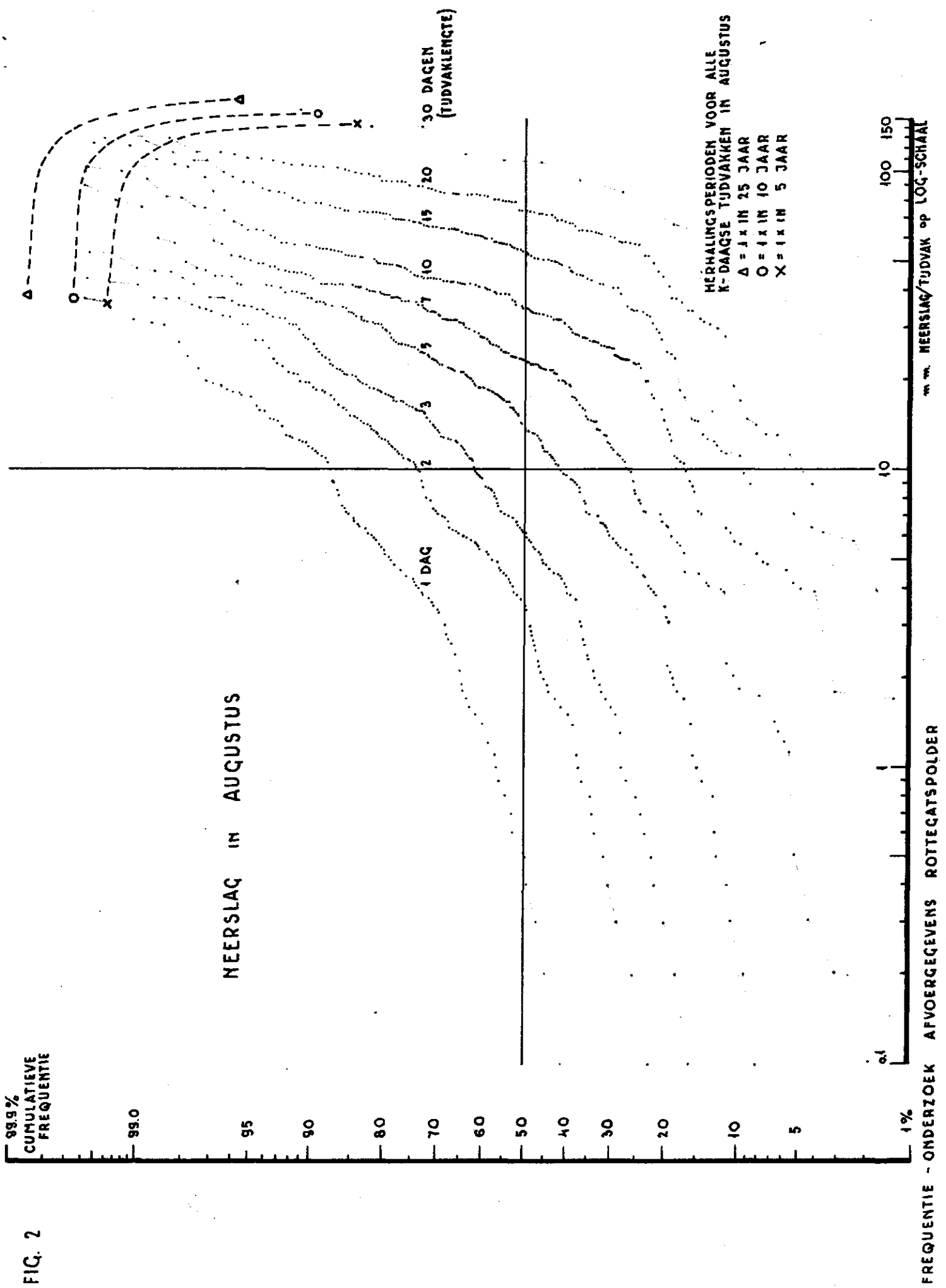
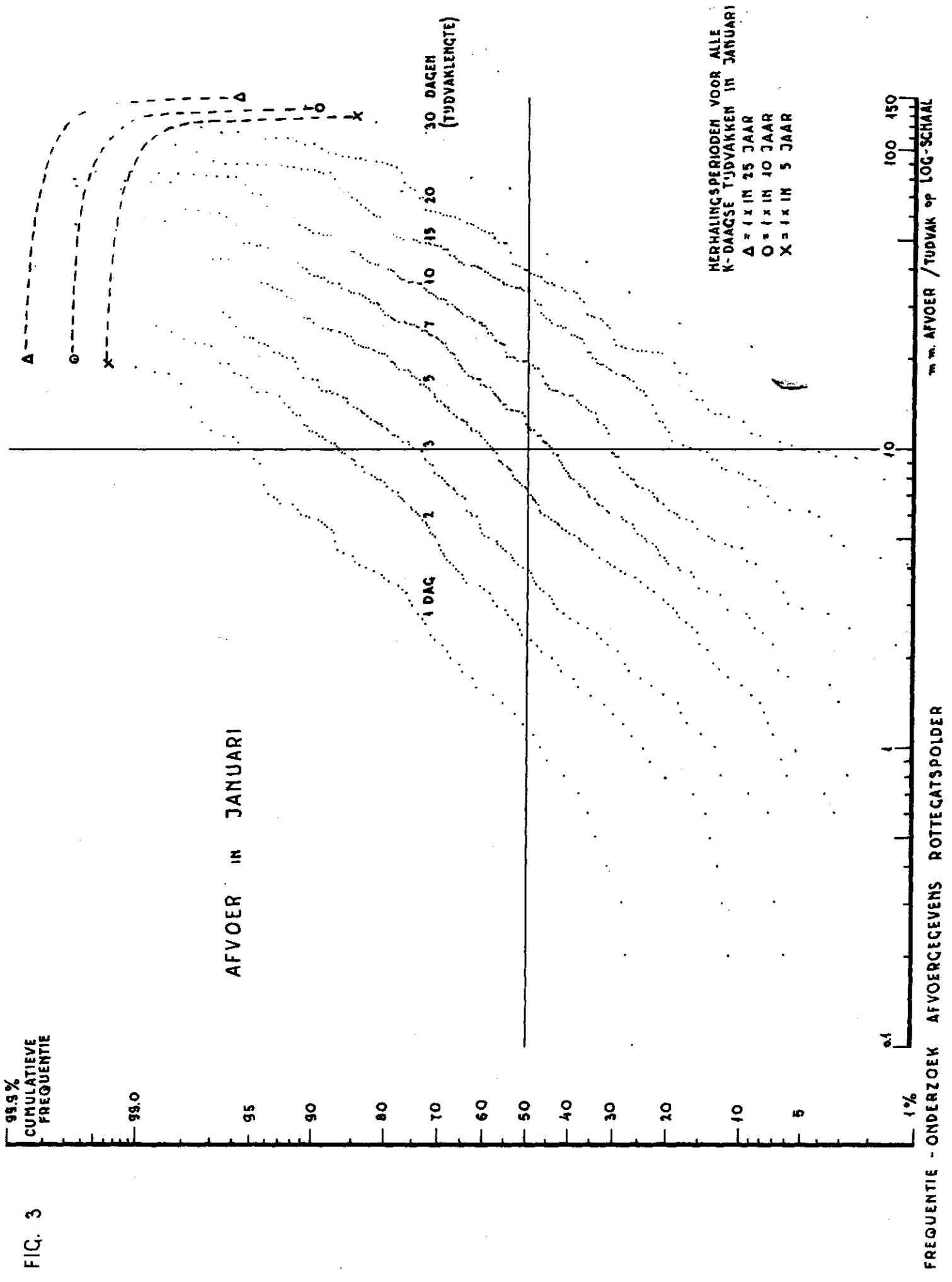


FIG. 3



99.9%
CUMULATIEVE
FREQUENTIE

AFVOER IN AUGUSTUS

30 DAGEN
(TUDVAKLENCTE)

1 DAG

HERHALINGSPERIODEN VOOR ALLE
K-DAAGSE TUDVAKKEN IN AUGUSTUS
Δ = 1 x IN 25 JAAR
O = 1 x IN 10 JAAR
X = 1 x IN 5 JAAR

mm. AFVOER / TUDVAK OP LOG-SCHAAL

FREQUENTIE - ONDERZOEK AFVOERGEGEVENS ROTTEGATSPOLDER

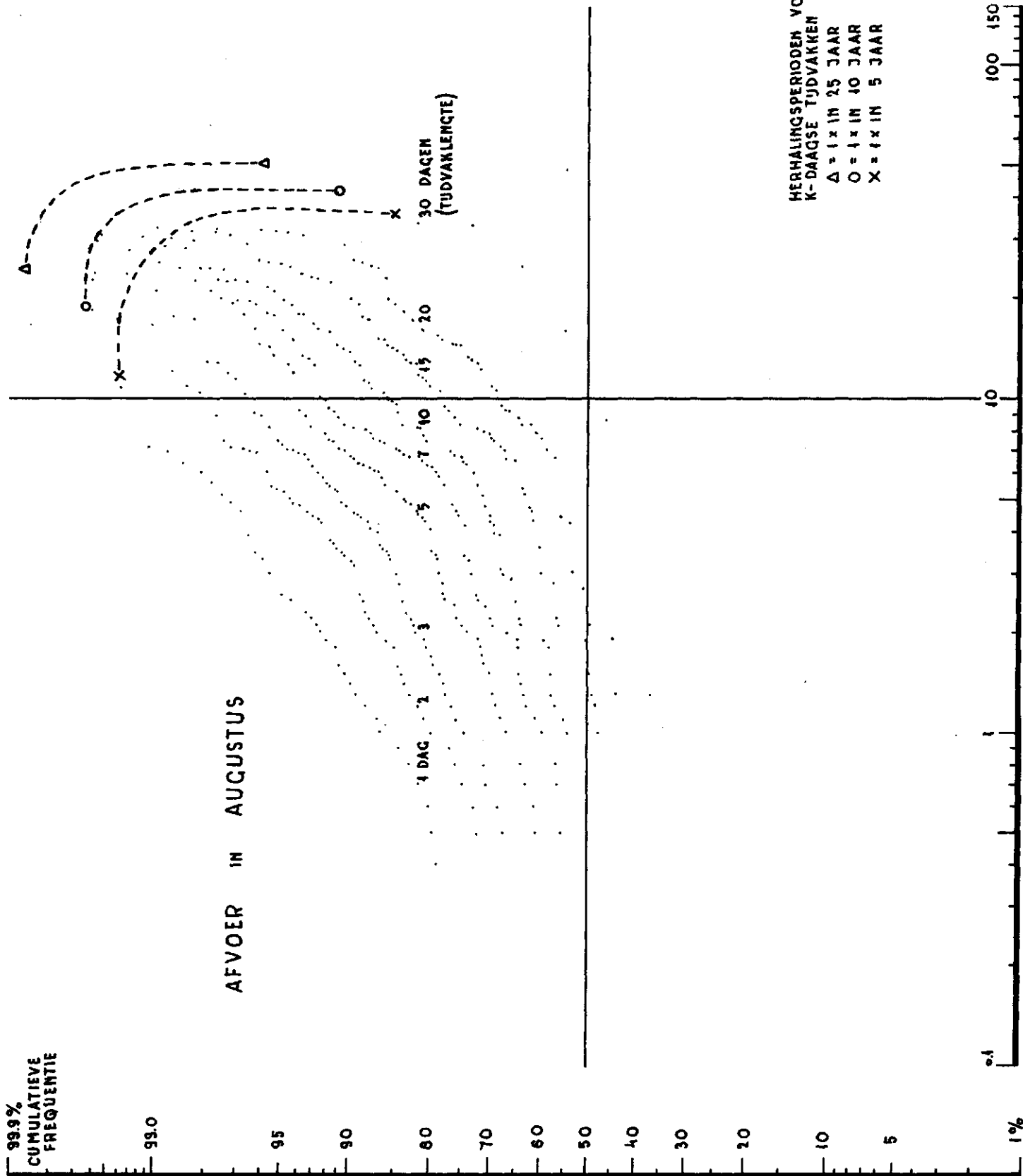


FIG. 4

FIG. 5

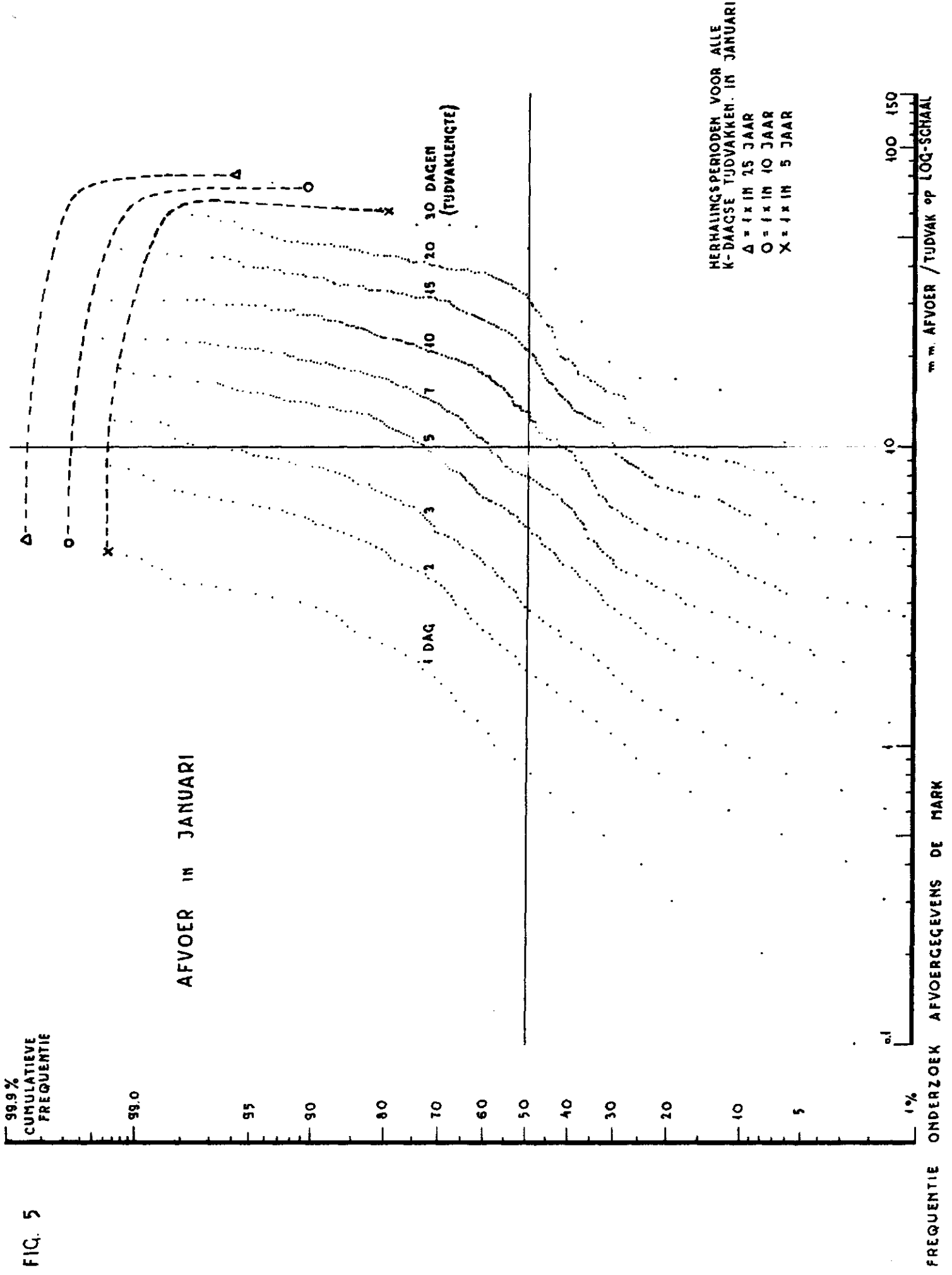


FIG. 6

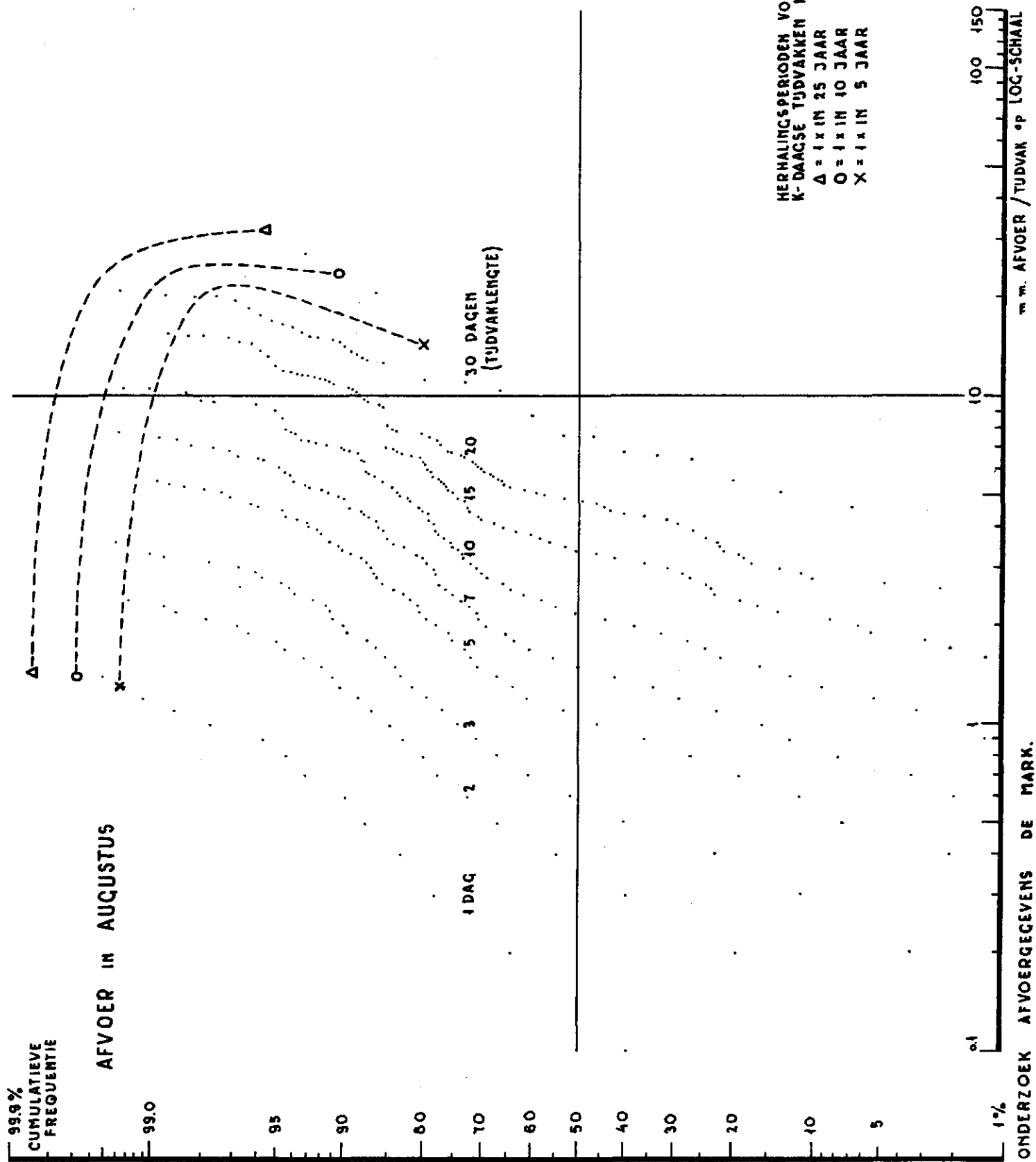


FIG. 7

AFVOERFREQUENTIES VOOR 1 DAQ VERZAMELD OVER DE MAANDEN

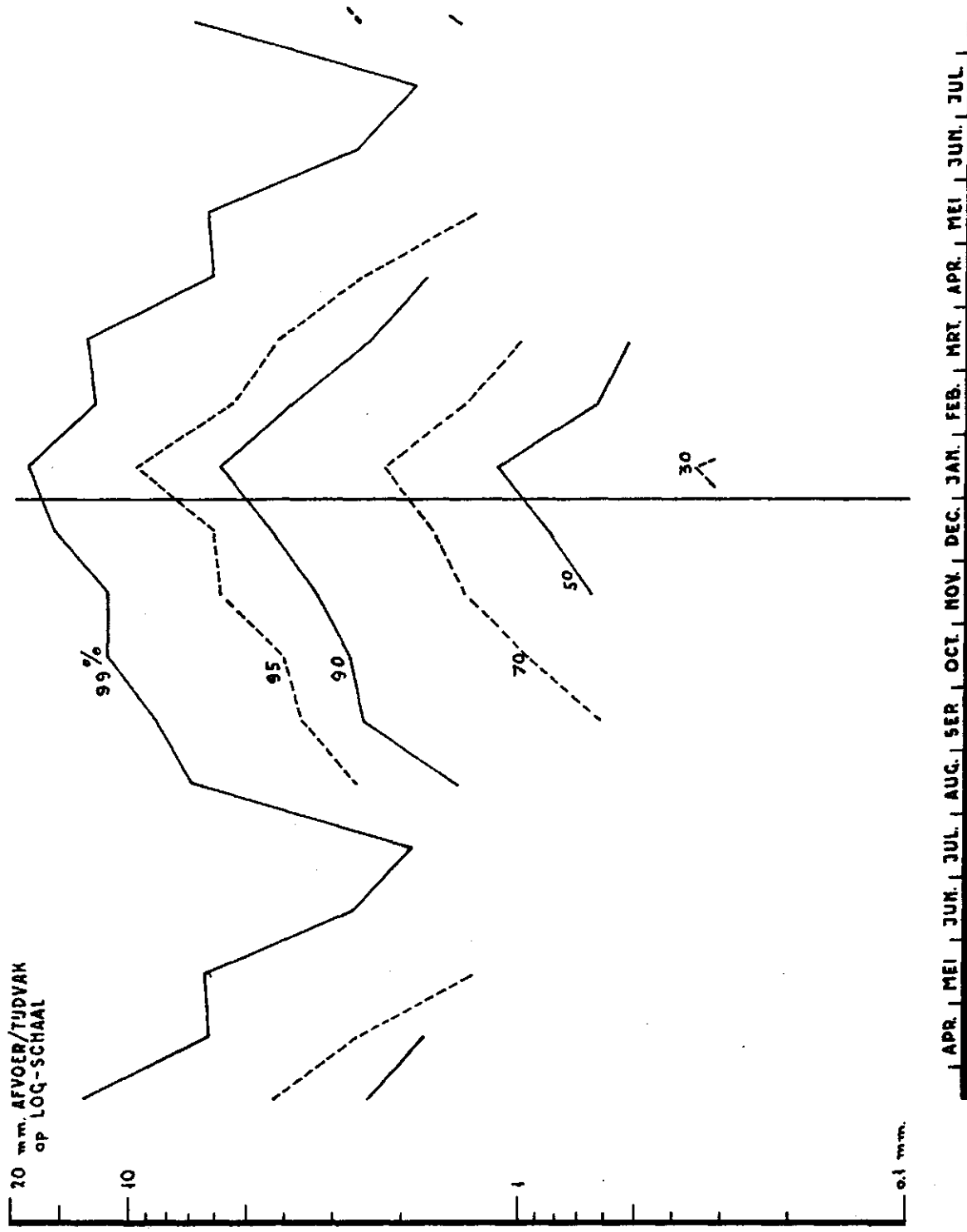


FIG. 8

AFVOERFREQUENTIES VOOR 1 DAG VERZAMELD OVER DE MAANDEN

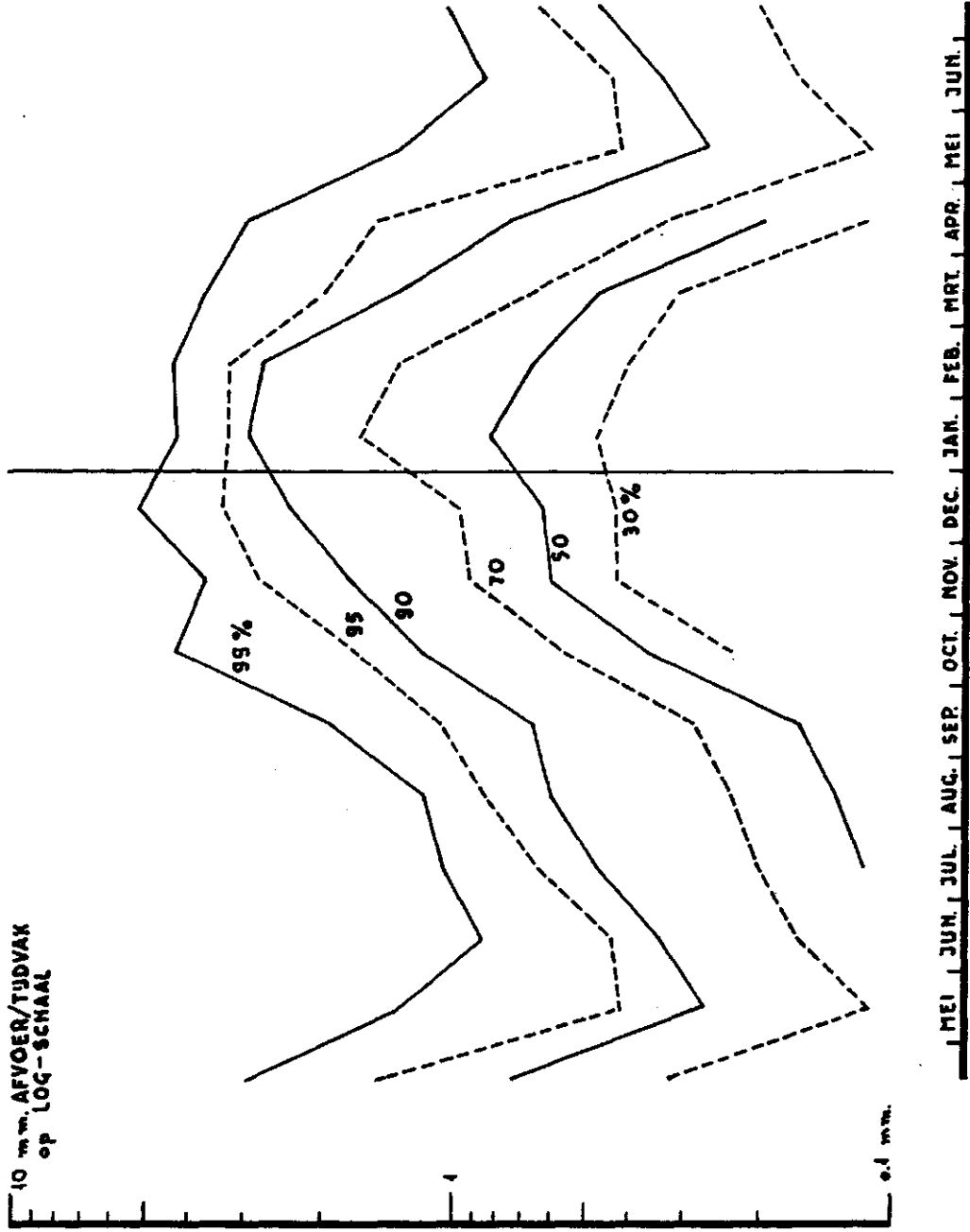


FIG. 9

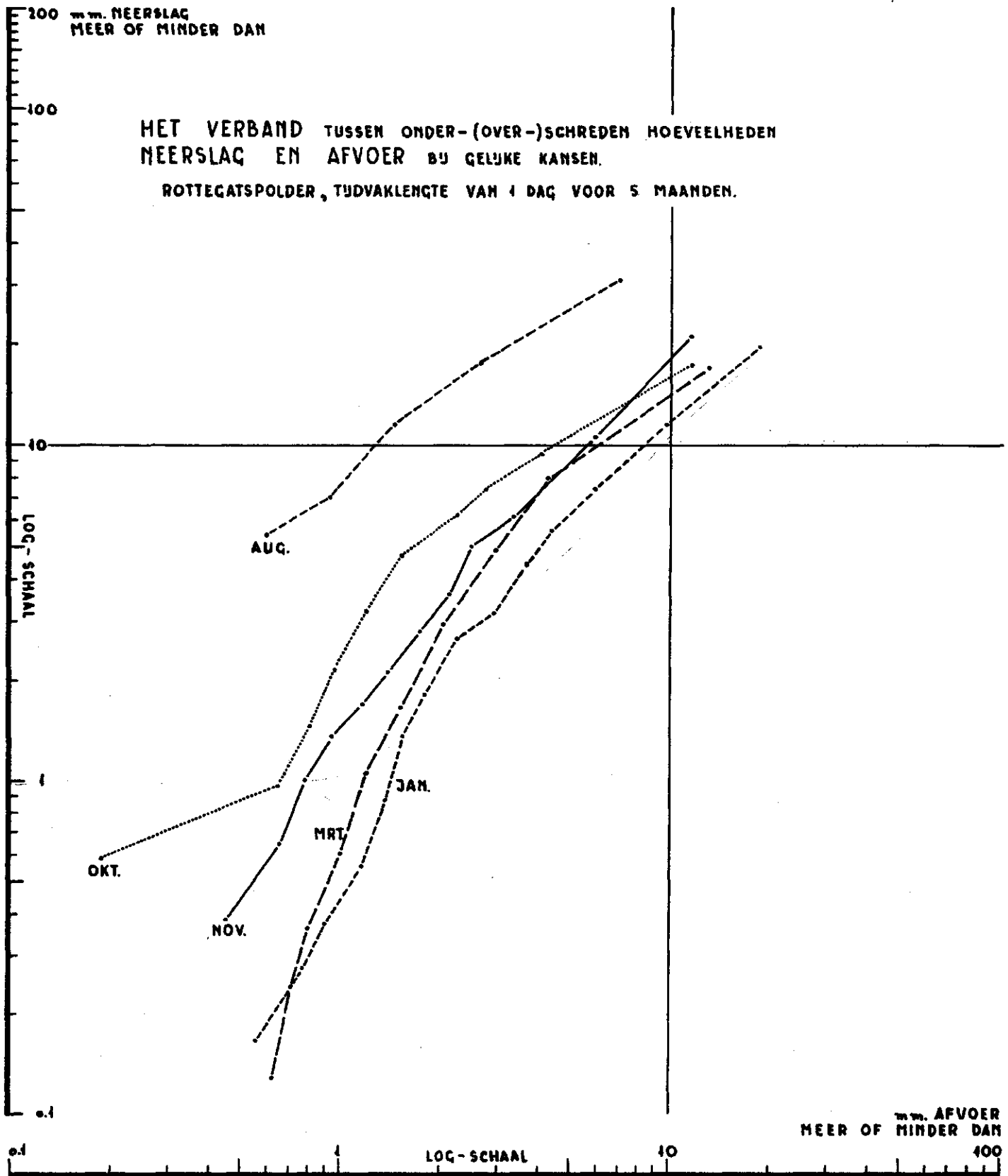


FIG. 10

