

KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT

De Bilt

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

W.R. 74-10

G.J. Yperlaan

Kwaliteitskontrole van de neerslagmetingen  
van het Hydrologisch Onderzoek Overijssel

De Bilt, 1974

Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 74-10 (S.B.)

U.D.C.: 551.501.777 :  
551.509.1

### Summary

The daily precipitation measurements performed in the framework of a Hydrological Research Project in Overijssel in the Eastern part of the Netherlands from April 1970 till September 1972 were processed by the Royal Netherlands Meteorological Institute. The quality control was performed on a computer.

The control program scrutinizes the extreme values of measurements of small groups of stations, indicating them as erroneous, if their probability level is very small. For this purpose precipitation amounts of 4 mm and more, measured simultaneously on rather near by places, are assumed to be normally distributed. Smaller amounts, however, will have a skew distribution.

The performance of the program was checked at stations, where both the normal rain gauge and an automatic recording gauge have been in operation.

Furthermore it is shown that it is very unlikely, that the measurements of stations at the border of the area are evaluated less correctly due to the lack of information from outside the area. It could also be shown that stations with relatively many erroneous measurements were not strongly clustered.

### Samenvatting

De dagelijkse neerslagmetingen in het kader van het Hydrologisch Onderzoek Overijssel zijn door het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut bewerkt. Voor de kwaliteitscontrole is een computerprogramma samengesteld, waarmee de extreme waarden van metingen van kleine groepen stations werden onderzocht en waarbij deze als onjuist werden aangewezen wanneer de kans op die waarden erg klein was. Hiervoor is aangenomen, dat neerslaghoeveelheden van 4 mm of meer, tegelijkertijd gemeten op niet te ver van elkaar gelegen plaatsen, normaal verdeeld zijn, terwijl kleinere neerslagsommen scheef verdeeld zijn.

De werking van het programma is onderzocht met behulp van metingen van registrerende regenmeters, die op enkele stations naast de gewone regenmeters waren opgesteld.

Er is verder aangetoond, dat de metingen van randstations niet slechter beoordeeld worden dan binnen in het gebied gelegen stations. Ook is aangetoond dat stations met betrekkelijk veel onjuiste metingen over het gehele gebied verspreid liggen.

## 1. Inleiding

Bij het verzamelen van waarnemingen stuit men soms op waarden, waarvan de juistheid in twijfel getrokken kan worden. Het opsporen en zo nodig verbeteren van zulke waarnemingen kan de kwaliteit van het bestand ten goede komen. Deze controle is, als het met de hand gebeurt, een tijdrovend werk, terwijl bij het ontbreken van één- duidige richtlijnen gevaar voor subjectiviteit bestaat. Dit geldt in het bijzonder voor neerslagmetingen, waarvan de hoeveelheden afhankelijk van de weersomstandigheden sterk naar plaats en tijd kunnen variëren. Verder is het moeilijk eenvoudige en toch eenduidige richtlijnen voor het opsporen van dubieuze neerslagmetingen te geven. Bij de bewerking van de neerslagmetingen voor het Hydrologisch Onderzoek Overijssel werd behoefte gevoeld aan een computerprogramma voor de kwaliteitscontrole van neerslagmetingen. Met een computerprogramma kunnen vele bewerkingen in een vast voorschrift worden uitgevoerd, waarbij afwijkende metingen worden opgespoord en eventueel nieuwe schattingen worden gemaakt. Zulke programma's zijn elders al in gebruik. Ook is er onderzoek verricht ter voorbereiding van zulke programma's. Nordø [5] heeft onderzoek uitgevoerd over de correlatie tussen neerslagsommen van nabijgelegen stations in bergachtig terrein. Dahlstrom [3] beschrijft een programma voor de correctie van neerslagmetingen. Verder zijn in een Planning Report voor W.W.W. [3] een aantal richtlijnen voor kwaliteitscontrole van waarnemingen gegeven. Tenslotte beschrijven Bleasdale en Ferrar [1] een serie programma's, waarmee metingen van ongeveer 7.000 neerslagstations door het Meteorological Office worden bewerkt. Van hun ervaringen is bij het opstellen van het hier beschreven programma gebruik gemaakt.

De neerslagmetingen in Overijssel zijn verricht van 1 april 1970 tot 30 september 1972 op 65 stations, waarvan er 56 in een rooster- vormig net op onderlinge afstanden van ongeveer 5 km zijn opgesteld en de overige een dicht net vormden met onderlinge afstanden van ongeveer 0.2 tot 1 km. Op zes stations zijn bovendien pluviografen opgesteld. (zie figuur 2).

## 2.1. Doel en werkwijze

Een eerste stap op de weg naar kwaliteitscontrole is het opstellen van een criterium, waarmee afwijkende waarnemingen worden opgespoord. Daarna rijst de vraag, welk gewicht aan het criterium moet worden toegekend. Worden strenge normen voor het aanwijzen van afwijkende waarnemingen gehanteerd, zodat slechts weinig afwijkende waarnemingen worden aangewezen, dan zal een zeer groot deel van de aangegeven waarnemingen inderdaad fout kunnen zijn, terwijl een belangrijk deel van de fouten niet door het criterium zal worden aangewezen. Worden de normen te veel afgezwakt, dan neemt niet alleen het aantal aangewezen echte fouten toe, maar ook het aantal ten onrechte als fout aangemerkte metingen, zodat de selectiviteit van het criterium afneemt, terwijl de fractie als fout aangewezen metingen zo sterk toeneemt, dat de verwerking ervan problemen geeft. Er moet dus gestreefd worden naar een optimaal gewicht van het criterium. Uit het voorgaande blijkt, dat het niet mogelijk is door een verruiming van de normen de kwaliteit van de metingen steeds verder te verbeteren. De kwaliteitscontrole van de metingen moet er dus op gericht zijn een beperkt aantal waarnemingen aan te wijzen, waarvan de kwaliteit minder is dan van de overige waarnemingen. Pas daarna kunnen de resultaten eventueel gebruikt worden voor de verbetering van de waarnemingen in de toekomst.

Een betere selectie van afwijkende waarnemingen zou verkregen kunnen worden door meerdere onafhankelijke toetsingen uit te voeren en alleen die metingen als onjuist aan te merken, die bij verschillende toetsingen als zodanig worden aangewezen. Volgens het Planning Report N 26 van WWV kan de kwaliteitscontrole van meteorologische waarnemingen met de volgende methoden toegepast worden.

1. Door vergelijking van gelijktijdige waarnemingen van één element op verschillende stations.
2. Door vergelijking van opeenvolgende waarnemingen van één element op eenzelfde station.

3. Door vergelijking van waarnemingen van verschillende weerelementen op één station.

De eerstgenoemde twee methoden kunnen goed op neerslagmetingen worden toegepast. Aangezien neerslagmetingen als regel op speciaal daarvoor ingerichte stations worden verricht, waarop geen andere waarnemingen plaats vinden, blijft de toepassing van de derde methode buiten beschouwing.

Bleasdale en Ferrar [1] hebben de volgende lijst van mogelijke fouten in neerslagmetingen opgesteld:

1. Systematische fouten als gevolg van een onjuiste opstelling of van defecte apparatuur;
2. Nu en dan optredende fouten als gevolg van tijdelijk onjuiste opstelling, omstoten van de regenmeter e.d.
3. Fouten in de aflezing, verkeerd geplaatste decimalen, schrijf- en rekenfouten;
4. Waarneming wel uitgevoerd, maar niet genoteerd;
5. Metingen van de neerslag over meerdere dagen, soms maar niet altijd als zodanig aangegeven;
6. Aflezingen op verkeerde dagen genoteerd, voortdurend, vrij vaak maar onregelmatig of slechts een enkele maal;
7. Afwijkingen van de neerslag, als gevolg van onjuiste waarnemingstijden.

In figuur 1 zijn een aantal fouten en hun mogelijke invloed op de metingen schematisch weergegeven. Deze gegevens spelen een belangrijke rol bij de toepassing van de tweede methode. Sommige soorten fouten, zoals tijdfouten en datumverschuivingen zijn in de regel vrij gemakkelijk als zodanig te herkennen maar bij andere afwijkingen is het wel eens moeilijk aan te geven, door welke fout ze ontstaan zijn. Maar al zou er een serie toetsen beschikbaar zijn, waarmee achtereenvolgens onderzocht kon worden, door welke fout een bepaalde afwijkende meting tot stand gekomen kan zijn, dan is het nog niet mogelijk, aan te geven, in welke volgorde die toetsen moeten worden uitgevoerd.

Het is namelijk gebleken, dat sommige waarnemers gemakkelijk in een bepaalde fout vervallen, die door anderen zelden wordt gemaakt. De kans op het optreden van een bepaalde fout op een station is dus afhankelijk van de werkwijze en de capaciteit van de waarnemer. De volgorde van de fouten, gerangschikt naar afnemende kansen zal dus niet voor ieder station gelijk zijn.

Als gevolg van dit alles kan de tweede toetsingsmethode niet met de computer uitgevoerd worden zonder voorafgaande informatie van vroegere metingen. Daarom is niet getracht, het programma de mogelijke aard van een fout te doen opsporen, maar is ernaar gestreefd, de kwaliteit van elke meting door een symbool weer te geven, zodat later zo goed mogelijk de samenhang tussen opéénvolgende metingen blijkt. Deze symbolen worden per maand overzichtelijk op een blad afgedrukt.

Tabel 1 toont een voorbeeld van zo'n blad, terwijl tabel 2 de ongecorrigeerde neerslagsommen van een aantal stations van dezelfde periode bevat. Aan de hand daarvan kan naar de mogelijke aard van de fouten gezocht worden.

Om een goede indruk van de aanduidingen van opéénvolgende metingen te krijgen is het gewenst een gradatie bij het merken van afwijkende waarnemingen aan te brengen. Daarom is een klein deel van de waarden, waarvan met vrij grote zekerheid kan worden aangenomen, dat ze onjuist zijn, gemerkt als uitschieters en een grotere groep metingen, die mogelijk onjuist zijn, is aangemerkt als dubieus. Daarnaast worden voor afwijkende of ontbrekende waarnemingen en dagen met meerdaagse sommen uit de gegevens van omliggende stations neerslaghoeveelheden geschat en op afzonderlijke bladen afgedrukt. Tabel 3 bevat een aantal schattingen van dezelfde periodes, waarover gegevens in tabellen 1 en 2 zijn afgedrukt. Uiteraard is bij het inlezen van de metingen al nagegaan of de stations op goede volgorde staan en of het aantal gegevens per maand overeenkomt met het aantal dagen. Verder zijn de coderingen van bijzonderheden gecontroleerd.

In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de werkwijze bij het opsporen van uitschieters en dubieuze metingen en de schatting van afwijkende of ontbrekende waarnemingen. Verder is in figuur 3 een overzicht van het programma gegeven.

## 2.2. Het opsporen van uitschieters.

Bij de opsporing van uitschieters wordt, zoals gezegd, gebruik gemaakt van gelijktijdige metingen van omliggende stations. Vooralsnog is niet bekend wat betrouwbare en wat minder betrouwbare metingen zijn. Voorlopig wordt echter aangenomen, dat metingen die dicht bij het gemiddelde liggen, geen aanleiding tot wantrouwen geven, al kunnen daarin wel kleine foutjes voorkomen. Daarom richt het onderzoek zich op de extreme waarden van kleine groepen metingen van dicht bij elkaar gelegen stations. Het meetnet is daartoe in zeven vakken ingedeeld, die elk negen of tien stations bevatten. Deze indeling is in figuur 2 gegeven. Over de kansverdeling van de neerslaghoeveelheid binnen een klein gebied is weinig bekend. Als de spreiding van de neerslaghoeveelheid klein is ten opzichte van het gemiddelde, is aangenomen, dat ze normaal verdeeld is. Hoewel bij grotere spreidingen de verdeling van de neerslag wel van de normale verdeling zal gaan afwijken, is aangenomen, dat althans voor een oriënterend onderzoek als het onderhavige het gebruik van de normale verdeling is gerechtvaardigd.

Fouten in kleine neerslagsommen kunnen moeilijk of in het geheel niet onderkend worden. Bovendien is de correctie ervan vaak minder belangrijk dan die van grote fouten. Daarom is het onderzoek naar uitschieters in een vak alleen uitgevoerd, als er op één station meer dan 2 mm is gevallen.

In elk vak wordt de meest extreme gestandaardiseerde waarde van R ten opzichte van het gemiddelde  $\bar{R}$  opgezocht.

$$u_{\max} = \max / \frac{R - \bar{R}}{S_R} /$$



Zij  $x$  een stochastische variabele met de gemiddelde waarde 0, en zij de kans dat

$$|\underline{x}| > x_\alpha \quad \alpha \text{ of}$$

$$P ( |\underline{x}| > x_\alpha ) = \alpha \text{ en}$$

$$P ( |\underline{x}| < x_\alpha ) = 1 - \alpha ,$$

dan is de kans, dat de grootste absolute waarde van een stukproef van  $n$  metingen is

$$P ( |\underline{x}|_{\max} < x_\alpha ) = (1 - \alpha)^n = \delta$$

waaruit volgt  $\alpha = 1 - \delta^{1/n}$

Indien slechts vijf procent van de extremen als uitschieters dient te worden aangemerkt, wordt  $\delta = 0.025$  gekozen waarna  $\alpha$  voor een bepaalde waarde van  $n$  berekend kan worden. Bij een juiste toetsing van de uitschieters moeten echter  $\bar{R}$  en  $S_R$  bepaald worden uit de steekproef zonder de te toetsen extremen, waardoor  $u_{\max}$  nog groter wordt. Immers de teller neemt toe en de noemer neemt af. In het programma is voorlopig alleen rekening gehouden met de verandering van het gemiddelde.

Aangenomen is, dat de invloed van de afnemende standaarddeviatie klein is, omdat deze bepaald is uit de gemiddelde variantie van alle vakken. (Zie ook bijlage 1).

Bij dit alles is geen rekening gehouden met de invloed van de ligging van de stations ten opzichte van elkaar op de neerslagverdeling. Zo kan een meting bij voorbeeld verworpen worden, doordat het station aan de rand van een vak ligt en de neerslaghoeveelheden naar de rand sterk toe- of afnemen. Daarom wordt de te verwerpen meting nog eens getoetst, maar nu ten opzichte van een schatting van de neerslag op dat stations uit metingen van zes tot acht omliggende stations, berekend volgens de in par.2.4. beschreven methode.

Wordt de meting nu definitief verworpen, dan wordt het vakgemiddelde overeenkomstig gecorrigeerd. Daarmee veranderen ook de overige u-waarden, waarna het volgende extreem in het vak op dezelfde wijze wordt behandeld. Wordt de meting niet verworpen dan wordt het onderzoek in het volgende vak voortgezet. Toch is het mogelijk dat een extreme waarde niet wordt verworpen, doordat ten gevolge van een zeer afwijkende neerslaghoeveelheid de standaarddeviatie te groot is geschat. Daarom wordt, nadat alle zeven vakken behandeld zijn en er in één of meer van die vakken uitschieters zijn gevonden, de standaarddeviatie opnieuw berekend uit de overgebleven waarden en het onderzoek daarmee herhaald. Tenslotte worden de als uitschieters aange-  
wezen waarden van een der volgende indicaties voorzien.

- 1 Te hoge waarde: H
- 2 Geen neerslag gemeten: 0
- 3 Te lage waarde: L

### 2.3. Het opsporen van dubieuze metingen.

Zoals reeds eerder is vermeld, worden met dubieuze metingen die metingen aangeduid, die mogelijk maar niet zeker fout zijn. Bij het opsporen van deze dubieuze metingen kan men gebruik maken van de gestandaardiseerde waarden

$$u = \frac{R - \bar{R}}{s} .$$

Weliswaar kan bij kleine neerslaghoeveelheden de kansverdeling sterk van de normale verdeling afwijken, maar aan de betrouwbaarheid van de indicaties worden geen al te hoge eisen gesteld.

In de schema's van figuur 1 nemen dagen, waarop wel neerslag is gevallen maar niet waargenomen, een belangrijke plaats in. Daarom is het gewenst, dat niet alleen te hoge en te lage waarden worden aange-  
wezen, maar ook die gevallen, waarbij geen neerslag is waargenomen, terwijl op de meeste nabijgelegen stations wel neerslag is gemeten. Als de neerslaghoeveelheden sterk onderling verschillen en het gemiddelde klein is, is het heel goed mogelijk, dat er op het ene station wel neerslag valt, terwijl het op een ander station droog blijft.

Er is daarom een ondergrens gekozen voor de gemiddelde neerslag en een grens voor de verhouding tussen gemiddelde en standaarddeviatie, waarboven "geen neerslag" als dubieus wordt aangemerkt. Dit is bereikt door de volgende voorwaarde te stellen:

1)  $R = 0,0 \text{ mm}$

2)  $\bar{R} > 0,3 \text{ mm}$

3)  $u < -1,25$

waaruit volgt  $u = \frac{-\bar{R}}{s} < -1,25$  of  $\frac{\bar{R}}{s} \geq 1,25$ .

Deze dubieuze metingen krijgen de indicatie o. In figuur 4 is met een arcering aangegeven in welk gebied voor  $\bar{R}$  en s "geen neerslag" als dubieus worden aangeduid.

Verder zijn als dubieuze metingen die metingen aangemerkt, waarbij  $|u| > 1,96$ , voorzover zij nog niet van een bijzondere indicatie waren voorzien. De te lage waarden krijgen een l en de te hoge een h.

#### 2.4. Schatting van de neerslaghoeveelheden.

Voor meerdaagse sommen, ontbrekende of dubieuze waarnemingen en uitschieters zijn met behulp van de niet als zodanig aangemerkte metingen van ten hoogste tien dichtstbijgelegen stations op een afstand van twaalf km of minder schattingen van de neerslag gemaakt. Hierbij is aan de dichterbij gelegen stations een groter gewicht toegekend dan aan de verderaf gelegen stations. Als de neerslag  $R_0$  wordt geschat uit de metingen  $R_i$  van k stations op een afstand  $r_i$  van het te schatten station, dan is de geschatte hoeveelheid

$$\hat{R}_0 = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{1}{r_i} R_i}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{r_i}}$$

De schattingen van neerslag waarvan de meerdaagse som gegeven is, worden nog met een faktor vermenigvuldigd, zodat hun som gelijk is aan de gegeven meerdaagse som.

Deze schattingen worden op lijsten gedrukt als gegeven in tabel 3.

3. Evaluatie van het computerprogramma.

3.1. Vergelijking van de gegeven indicaties en de schattingen met onafhankelijke metingen.

Bij de correctie van de neerslagmetingen is in het algemeen ondervonden, dat het programma goede diensten heeft bewezen. Slechts op een beperkt aantal dagen, waarop de neerslag in zware buien met grote plaatselijke verschillen viel, faalde het programma en wees een groot aantal metingen als uitschieters aan.

Om een indruk van de werking van het programma te krijgen zijn een aantal berekeningen uitgevoerd. Zo zijn frekwentieverdelingen gemaakt van de ongecorrigeerde gestandaardiseerde dagsommen in een aantal klassen van de gemiddelde neerslag, die zijn weergegeven in figuur 5. In de figuur is verder met + de normale verdeling aangegeven. Verder is met de Kuipertoets [4] onderzocht of de verdelingen als normaal kunnen worden beschouwd. Deze veronderstelling moest in alle gevallen met een betrouwbaarheid van 95% worden verworpen. Bij een nadere beschouwing van de figuren valt echter op, dat dit althans voor de verdelingen  $> 3$  mm niet een gevolg is van de scheefheid van de verdelingen, zoals eerder verondersteld is. Alle verdelingen zijn in het midden hoger dan de normale verdeling en dalen daarna snel af naar de uiteinden. Het is niet duidelijk, of de gesignaleerde afwijkingen een gevolg zijn van het gebruik van ongecorrigeerde metingen of dat ze beschouwd moeten worden als een karakteristieke eigenschap van neerslagverdelingen.

Verder is het gewenst een indruk te krijgen van de verschillen tussen als dubieus of als uitschieters aangemerkte waarnemingen en onafhankelijke metingen op dezelfde stations. Hiervoor is gebruik gemaakt van de pluviograafmetingen van enkele stations. In figuur 6 zijn frekwentieverdelingen gegeven van de verschillen tussen de neerslagmetingen en de registratie van de pluviograaf, ingedeeld naar de gebruikte indicaties.

Als we de verschillen in de klasse op de nullijn en die in de klassen onmiddellijk daarnaast nog aanvaardbaar vinden en dus verschillen groter dan 0.7 mm als fout beschouwen, is van de door het programma niet verworpen waarnemingen kleiner dan 2 mm een kwart te laag en van die groter dan 2 mm bijna de helft te hoog of te laag. Bij de als dubieus aangewezen metingen is van de te hoge metingen minder dan een kwart nog als goed te beschouwen terwijl van de te lage metingen inclusief die waarbij geen neerslag werd waargenomen slechts een enkele waarneming goed genoemd kan worden. Ook bij de uitschieters is slechts één van de 37 waarnemingen als goed te beschouwen. Bij de niet afgekeurde metingen blijken dus nog vrij grote aantallen fouten voor te komen, terwijl bij de dubieuze waarnemingen en de uitschieters maar heel weinig goede waarnemingen zitten. Het is dus niet onmogelijk, dat het criterium ook nog goed gewerkt zou hebben met iets minder zware normen.

Voor een vergelijking van de geschatte en de werkelijk gevallen neerslag is eveneens gebruik gemaakt van de eerder genoemde pluviograafmetingen. De verschillen tussen geschatte en gemeten neerslag zijn voor een aantal klassen van de neerslag verwerkt in de frekwentieverdelingen van figuur 7. Zeker voor de grotere neerslaghoeveelheden blijkt de schatting van de neerslag niet altijd even goed te zijn. In de figuur zijn zomer- en wintermetingen afzonderlijk aangegeven. Deze schattingen hebben alle betrekking op metingen, die ook bij het samenstellen van figuur 6 zijn gebruikt en die dus door het programma van een indicatie zijn voorzien. Aangezien al geconstateerd is dat verreweg de meeste geïndiceerde waarnemingen in werkelijkheid ook afwijkend zijn, moeten deze slechte schattingen aan het falen van de schattingsmethode en niet aan een onjuiste indicering worden toegeschreven. Dit geldt vooral voor de metingen in de zomer, wanneer de neerslagverdeling naar plaats i.h.a. sterker varieert dan in de winter.

### 3.2. Verder onderzoek naar de werking van het programma.

Bij vergelijking van het aantal uitschieters per station valt op, dat een aantal van die stations vrijwel voortdurend door het programma slechter beoordeeld wordt dan de overige stations.

Zo blijkt, dat met de toets van Friedman een zeer sterk verband wordt gevonden tussen het aantal uitschieters van een station in het eerste jaar en dat in het tweede jaar. Dit verband is ook te zien in figuur 8. Wel neemt als regel het aantal uitschieters per station van het eerste op het tweede jaar af, maar het is niet zeker, of dit aan een grotere ervaring kan worden toegeschreven of mogelijk aan verschillen tussen de beide jaren. Verder is gebleken, dat op stations met veel uitschieters als regel ook veel dubieuze metingen "geen neerslag" voorkomen. Tussen beide reeksen is met de toets van Friedman een sterk verband gevonden. Dit zou erop wijzen, dat minder nauwkeurige waarnemers als regel de waarnemingen overslaan, als zij menen dat er geen neerslag gevallen is.

De verschillen in aantallen geïndiceerde waarnemingen per station kunnen ook een gevolg zijn van gebreken van het programma of van klimaatsinvloeden. Zo zouden randstations door het ontbreken van informatie slechter beoordeeld kunnen worden dan binnen in het gebied gelegen stations. Wanneer stations van het wijde net met gemiddeld minder dan twee uitschieters per maand nog als goed worden beschouwd blijkt de volgende verdeling te worden gevonden.

	<u>goed</u>	<u>minder goed</u>	<u>totaal</u>
randstations	16	9	25
binnenstations	23	7	30
Totaal	39	16	55

Hierbij is één station, dat vrijwel geïsoleerd lag buiten beschouwing gelaten. Als het gemiddeld aantal uitschieters per maand van een station onafhankelijk is van de ligging van het station kan het te verwachten aantal goede rand- en binnenstations uit de randtotalen als volgt geschat worden:

$$\frac{39 \times 25}{55} = 17.7 \text{ randstations}$$

en

$$39 - 17.7 = 21.3 \text{ binnenstations.}$$

Met de  $X^2$  toets is gevonden, dat de afwijking van 1.7 niet groot genoeg is, om te veronderstellen dat de kansen op het afkeuren van randstations en binnenstations ongelijk zouden zijn.

Indien de verschillen tussen de stations door het lokale klimaat bewerkstelligd zouden zijn, zou het aannemelijk zijn, dat de minder goede stations dicht bij elkaar of althans niet willekeurig verspreid over het veld zouden liggen. Wanneer de stations in het wijde net, uitgezonderd het eerder genoemde geïsoleerd gelegen station, geacht worden op de kruispunten van een rooster met Noord-Zuid in Oost-West lopende lijnen te liggen, zijn alle stations onderling met ten hoogste vier en tenminste twee aangrenzende stations door lijnstukken verbonden. Liggen minder goede en goede stations niet willekeurig over het veld verdeeld maar min of meer in groepjes bij elkaar, dan zal het aantal verbindingslijnen tussen goede en minder goede stations kleiner zijn dan wanneer de goede en minder goede stations in een zelfde verhouding toevallig over het veld verdeeld liggen. Het aantal verbindingslijnen tussen goede en minder goede stations is bij de gevonden ligging der stations 40.

Met behulp van toevalscijfers zijn nu 29 goede en 16 minder goede stations over het bestaande net verdeeld en dit is 1000 maal herhaald. Hierbij bleek het aantal verbindingslijnen te variëren van 26 tot 54 met een gemiddelde van 40,3, zodat niet aangenomen behoeft te worden, dat de verdeling van goede en minder goede stations door klimaatverschillen tot stand is gekomen.

## Literatuur

- 1) Bleasdale, A en Farrar A, B.  
The processing of rainfall data by computer.  
Met. Mag. vol. 94, 1965, pp. 98-109.
- 2) Dalström, B.  
Automatic error checking and correction of rainfall data.  
Project Pluvius Reports 8.  
Meteorologiska Institutionen.  
Universitetet Uppsala 1970.  
Meddelande nr. 105.
- 3) Filippav, V.V.  
Quality control procedures for meteorological data,  
World Weather Watch. Planning Rep. W.M.O. no. 26, 1968.
- 4) Louter, A.S. en Koerts, J.  
On the Kuipertest for normality with mean and variance  
unknown.  
Statistica Neerlandica 24 (1970) nr. 2, pp. 83-87.
- 5) Nordø, J.  
Orographic precipitations in mountainous regions.  
Geilo Symposium on Distribution of precipitation in  
mountainous areas.  
Publications of the W.M.O. No. 326. Vol 1, pp. 31-56.



## BIJLAGE I

Stel de kans  $(x > x_\alpha) = \alpha$  of  $p(x < x_\alpha) = 1 - \alpha$ ; dan is de kans, dat de grootste waarde van  $n$  waarnemingen kleiner is dan  $x_\alpha$

$$P(x_{\max} < x_\alpha) = (1 - \alpha)^n = \delta \quad \text{of}$$

$$\alpha = 1 - \delta^{1/n} \quad (1)$$

Als  $\delta = 0.975$ , kan  $\alpha$  berekend worden en uit een tabel van overschrijdingskansen van de normale verdeling kunnen voor  $1 - \alpha$  waarden van de standaardvariabelen  $u$  (d.w.z. normaal verdeelde grootheden met verwachtingswaarde = 0 en standaarddeviatie = 1) voor de verschillende waarden van  $n$  worden gevonden,

<u>n</u>	<u>1 - <math>\alpha</math></u>	<u>u</u>	<u>benaderingsv. u uit (2)</u>
6	0.9958	2.64	2.65
7	0.9964	2.69	2.69
8	0.9968	2.73	2.73
9	0.9972	2.77	2.77
10	0.9975	2.81	2.81

Omdat het zoeken naar uitschieters in een vak gestaakt wordt, als er minder dan zeven nog niet afgekeurde waarnemingen beschikbaar zijn, is  $u$  voldoende nauwkeurig benaderd met een lineaire functie van  $n$

$$u \sim 2.41 + 0.04 n \quad (2)$$

Bij de toetsing van een uitschieter moet echter zowel het gemiddelde als de standaarddeviatie in  $t = \frac{x - \bar{x}}{s}$

berekend worden uit de overige metingen, dus exclusief de te toetsen waarde. Er is aangenomen, dat de standaarddeviatie berekend uit de gemiddelde variantie van alle vakken, weinig verandert door het weglaten van de te toetsen waarde. Als  $t^*$  de nieuwe toetsingswaarde is bij de toetsing van de  $k$ -de waarneming, is de verandering van  $t$  naar  $t^*$  tengevolge van het weglaten van  $x_k$  bij de bepaling van het gemiddelde,

$$\Delta t = t^* - t$$

$$= \frac{x_k - \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n x_i - x_k \right)}{s} - \frac{x_k - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i}{s}$$

$$= \frac{(n-1) \sum_{i=1}^n x_i - n \left( \sum_{i=1}^n x_i - x_k \right)}{s n (n-1)}$$

$$= \frac{n x_k - \sum_{i=1}^n x_i}{s n (n-1)}$$

$$= \frac{1}{n-1} \frac{x_k - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i}{s} = \frac{1}{n-1} t$$

$$t^* = t + \frac{1}{n-1} t = \frac{n}{n-1} t$$

Bij de toetsing kan dus ook onderzocht worden of

$$t > \frac{n-1}{n} \quad u = u^*$$

Bij toepassing van (2) wordt  $u^*$

$$u^* \approx \frac{n-1}{n} (2.41 + 0.04n)$$

$$= 0.04n + 2.37 - \frac{2.41}{n}$$

REG-RECOR-SALL-BONNR K0044/C322  
7 / 1970

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	S	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>
1	M	L.L.	M										10.5	12.4	12.4	12.4	9.9	12.4	10.5
2	S	M	M	A								+3.85	1.4	1.0	.8	1.2	1.1	2.0	2.8
3	M	L	M									+2.40	8.3	11.5	4.7	4.9	4.6	6.0	4.5
4	L	O	M	H								+2.09	6.3	4.0	3.1	3.5	2.9	1.9	2.0
5	O	O	O	M								+4.2	.6	.7	.5	.4	.4	.2	.4
6	M											+2.21	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.4
7	M											+0.00	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
8	A											+0.00	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9												+8.19	21.2	35.1	21.3	28.8	23.3	30.9	24.4
10	H											+3.76	6.6	4.5	4.3	7.0	10.0	4.4	1.8
11	H											+0.04	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
12	H											+1.10	.1	.0	.1	.0	.0	.1	.0
13												+0.00	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
14	O	H	M									+2.29	8.1	5.2	3.7	3.7	3.5	3.3	1.6
15	H	A	H	L								+4.64	31.1	40.4	20.8	25.8	23.8	24.1	24.2
16												+3.98	6.2	4.6	10.8	9.5	9.5	10.9	11.6
17												+2.23	.1	.2	.1	.3	.2	.1	.1
18												+0.05	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
19	H											+2.28	.2	.2	.2	.0	.0	.0	.2
20	L											+1.78	9.9	8.4	7.0	5.8	5.6	6.9	6.6
21	L	A										+6.00	15.8	20.8	23.3	26.2	17.1	15.7	14.8
22	M											+0.78	.1	.1	.5	.9	1.4	2.1	1.6
23	M	H										+0.07	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0
24	M	H										+0.25	.1	.2	.1	.0	.0	.0	.0
25												+1.61	5.0	5.2	4.6	7.8	6.8	8.6	7.1
26												+2.34	10.0	12.8	8.4	9.9	10.9	8.8	9.1
27												+0.71	2.2	2.5	1.2	2.1	1.4	1.7	1.5
28												+0.62	1.5	1.8	.6	.6	.7	.5	.3
29												+0.48	.1	.3	.0	.1	.0	.3	.5
30												+1.53	.7	.9	2.5	2.0	3.7	1.5	.6
31												+0.08	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1

Tabel 1. Indicaties, standaarddeviatie (s) en vakgemiddelden van de neerslag (R<sub>i</sub>) van de maand juli 1970.  
Onder 1 zijn de indicaties van station 1.1 tot en met 1.6 gegeven enz. Onder 20 staan de indicaties van de stations van het dichte net 20.2 tot en met 20.10.

Verklaring der tekens  
R < 2 mm  
R > 2 mm

M } de neerslaghoeveelheid op de dag gemerkt met S heeft betrekking op de voorgaande dagen met M  
S }  
A Gegeven waarde is onjuist  
- station buiten bedrijf

uitschieters:  
H te hoog  
L te laag  
O geen neerslag waargenomen wel op omliggende stations  
dubieuze metingen:  
H te hoog  
L te laag  
O geen neerslag waargenomen wel op omliggende stations

JULI 1970

D A G - D E K A D E - E N M A A N D S O M M E N V A N D E  
H O E V E E L H E I D N E E R S L A G (MM)

DAG	11	12	13	14	15	16	21	22	23	24	25	26	31	32
1	.0 M	14.8	11.0	8.2	13.8	18.7	2.3	11.2	4.0	16.5	11.5	10.2	13.8	13.5
2	7.1 S	.8	4.0	12.4	.4	1.1	1.8	1.8	2.0	.9	2.0	1.3	17.4	.4
3	9.5	11.8	9.7	8.8	15.5	13.5	6.2	12.0	2.5	12.5	12.8	14.4	7.2	9.3
4	6.4	6.0	7.6	.2	4.9	3.1	7.5	6.0	.0	8.3	6.8	.0	5.9	6.4
5	.7	.6	.7	.0	1.2	1.4	1.2	1.1	.0	.8	1.3	.2	.7	.0
6	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	26.8	22.0	40.2	37.0	42.8	31.5	26.0	22.0	12.1	A	29.0	20.3	27.4	14.2
10	8.7	6.1	13.1	.0	1.1	7.0	6.9	11.2	2.5	1.7	5.9	10.4	7.4	3.1
DEK	59.3	62.1	86.3	66.6	79.7	76.3	51.9	65.3	23.1	A	69.3	56.8	79.8	46.9
11	.1	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
12	.4	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
13	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
14	8.6	8.7	10.4	.0	8.2	7.7	5.1	9.7	12.5	6.8	5.1	7.4	3.8	18.2
15	33.6	38.2	37.2	32.0	48.1	39.7	28.5	38.2	.0	A	36.4	49.0	24.1	20.7
16	5.8	1.5	1.6	.0	2.0	6.8	10.3	12.4	1.8	7.0	3.1	4.1	9.2	6.9
17	.1	.0	.0	.0	.2	.5	.0	.2	.0	.2	.0	.0	.4	.0
18	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
19	.2	.0	.8	.0	.1	.0	.0	.0	4.5	1.1	.0	.0	.2	.0
20	1.0	11.5	11.3	10.0	7.5	9.8	8.3	11.5	10.4	9.5	8.1	7.2	7.5	8.7
DEK	49.8	59.9	61.5	42.0	66.2	64.5	52.2	72.0	29.2	A	52.7	67.7	45.2	54.5
21	2.4	37.5	A	18.4	22.0	24.0	19.7	18.3	.0	A	16.4	25.2	27.1	19.0
22	.0	.0	.1	.0	.1	.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.1
23	.1	.0	.0	6.0	.0	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
24	.0	.0	.0	.0	.4	.0	.0	.0	3.0	.2	.6	.0	.4	.0
25	5.2	5.1	4.6	5.2	3.6	5.2	4.4	5.3	6.8	4.5	4.3	7.6	4.1	4.8
26	11.3	10.6	9.3	.0	12.8	11.4	9.7	12.0	.6	15.1	8.9	5.3	9.2	7.8
27	2.9	3.4	3.0	.0	2.2	2.7	2.3	2.3	2.0	2.9	7.8	5.4	2.1	1.9
28	1.6	1.2	3.0	4.8	2.0	1.2	2.2	2.4	.0	2.1	1.9	1.4	2.0	1.4
29	.1	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	2.6	.0	.0
30	1.1	.0	.3	.0	.9	1.0	.7	.0	.0	1.2	1.3	.0	.0	.0
31	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
DEK	24.7	58.8	A	38.7	38.0	46.2	39.1	40.3	12.4	A	41.2	47.5	44.9	36.0
MND	133.8	180.8	A	186.5	146.6	187.0	143.2	177.6	64.7	A	163.2	172.0	169.9	137.4

M = MEERDAGSE SOM / OVERLAPPING  
S = DAG WAAROP MEERDAGSE SOM WERD GEMETEN  
A = AANGEVULDE WAARDE  
N = GETAL IN VOLGENDE KOLOM GEMETEN MET SNEEUWSCHIJF

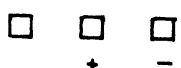
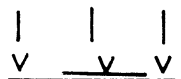
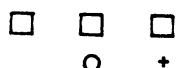
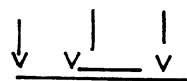
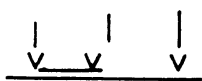
Tabel 2. Ongecorrigeerde neerslagsommen van een aantal stations in juli 1970.

## GESCHATTE WAARDEN

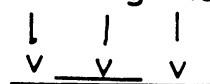
	11	12	13	14	15	16	21	22	23	24	25	26	31	32	33	34	35	36
1	6.4	.	.	.	.	.	11.8	.	12.8	.	.	.	1.5	.	.	6.4	.	.
2	.7	.	1.2	1.8	.	.	.	.	.	.	.	.	1.5	.	1.0	.6	.	.
3	.	.	.	.	10.5	.	.	.	10.0	.	.	.	.	.	.	3.7	.	7.6
4	.	.	.	6.2	.	.	.	.	6.2	5.9	.	4.5	.	.	.	3.0	.	4.3
5	.	.	.	.8	.	.	.	.	.6	.	.	.	.	.6	.	.4	.	.6
6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.0	.	.
7	.	.	.	.	.	.	.	.	.0	.	.	.	.	.	.	.0	.	.
8	.	.	26.8	.	.	.	.	.	.	.	.	33.7	.	.	22.4	.0	.	.
9	.	.	4.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4.1	1.6	.	.
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	.0	.	.	.	.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.0	.	.
12	.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.0	.	.
13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14	.	.	.	7.9	.	.	.	7.5	.	.	.	.	5.6	6.5	.	2.4	.	.
15	.	.	.	38.2	38.4	.	.	33.0	.	.	.	37.1	.	27.7	.	16.6	.	.
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8.0	3.3	.	.
17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.1	.	.
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.0	.	.
19	.	.	.0	.	.	.	.	.5	.	.	.	.	.	.	.3	.1	.	.0
20	10.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6.5	.	.
21	20.3	19.9	.	.	.	.	.	19.8	.	.	.	.	20.7	.	21.5	15.2	.	.
22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.1	.	.
23	.	.	.	.2	.	.0	.	.	.1	.	.	.	.	.	.	.0	.	.4
24	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.1	.	.	.	.	.	.	.
25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
26	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4.8	.	6.5
27	.	2.5	.	9.6	.	.	.	11.3	.	13.2	12.3	12.3	.	.	8.9	10.6	.	10.4
28	.	.	.	2.6	.	.	.	.	1.6	2.4	2.4	2.4	.	.	2.0	1.8	.	3.3
29	.	.	1.6	1.6	.	.	.	.	.	.	.	.2	.	.	1.3	1.5	.	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.5	1.7	.	.
31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.0	.	.

Tabel 3. Geschatte neerslagsommen van een aantal stations in juli 1970.

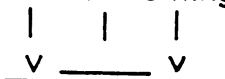
1 tijdfout



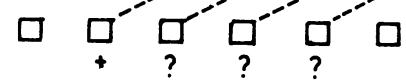
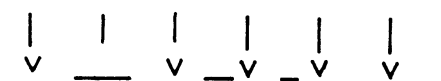
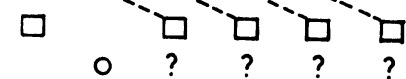
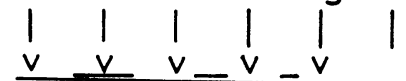
2 meting niet genoteerd



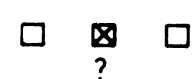
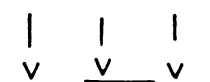
3 waarneming overgeslagen



4 datumverschuiving

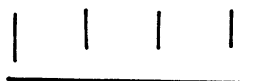


5 meet- reken- of schrijffout



Verklaring der tekens

tijdelijk met indeling meetperioden



periode met neerslag



neerslagmeting



registratie van de meting



aanduidingen van de invloed van de fout op de metingen

+ waarde te hoog

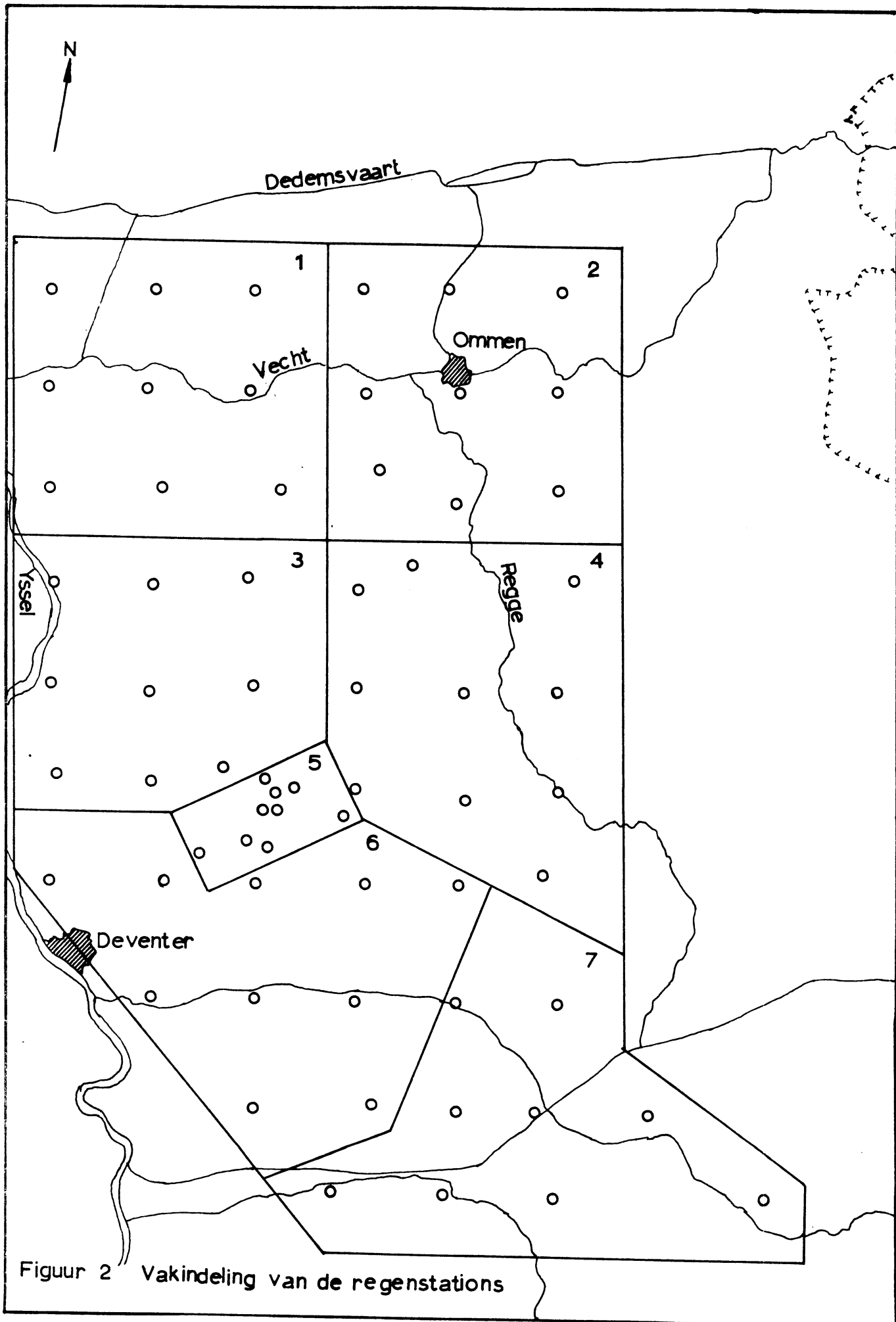
- waarde te laag

o geen neerslag

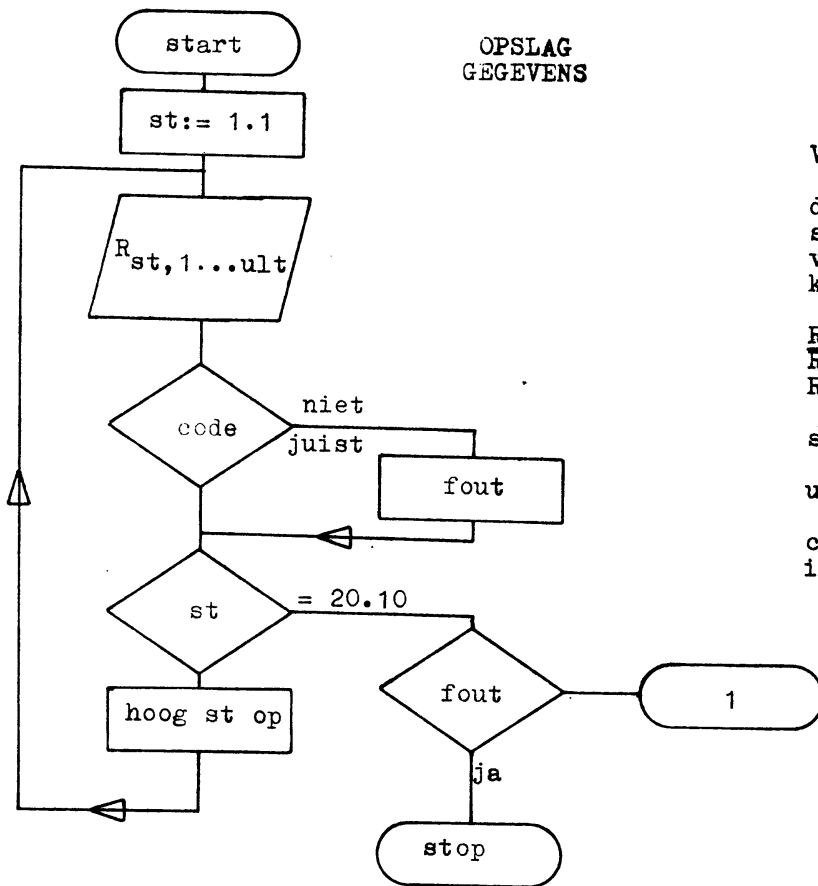
? afwijkende waarde

Figuur 1

fouten bij neerslagmetingen en hun invloed op de uitkomsten

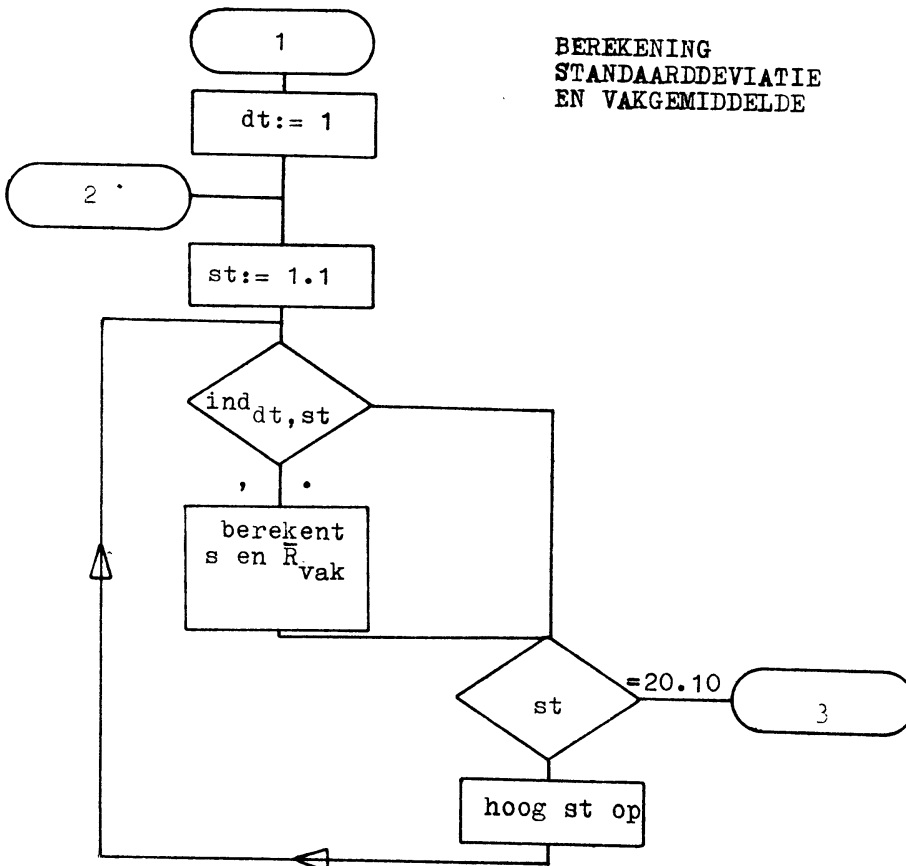


Figuur 2 Vakindeling van de regenstations



Verklaring der afkortingen

dt datum  
 st stationsnummer  
 vak vaknummer  
 k nummer van het station in het vak  
 R dagsom van de neerslag  
 $\bar{R}$  vakgemiddelde  
 R schatting van de neerslag  
 s standaarddeviatie van neerslag in een vak  
 u  $\frac{R-\bar{R}}{s}$   
 crit. uitschieterscriterium  
 ind indicatie van de neerslag

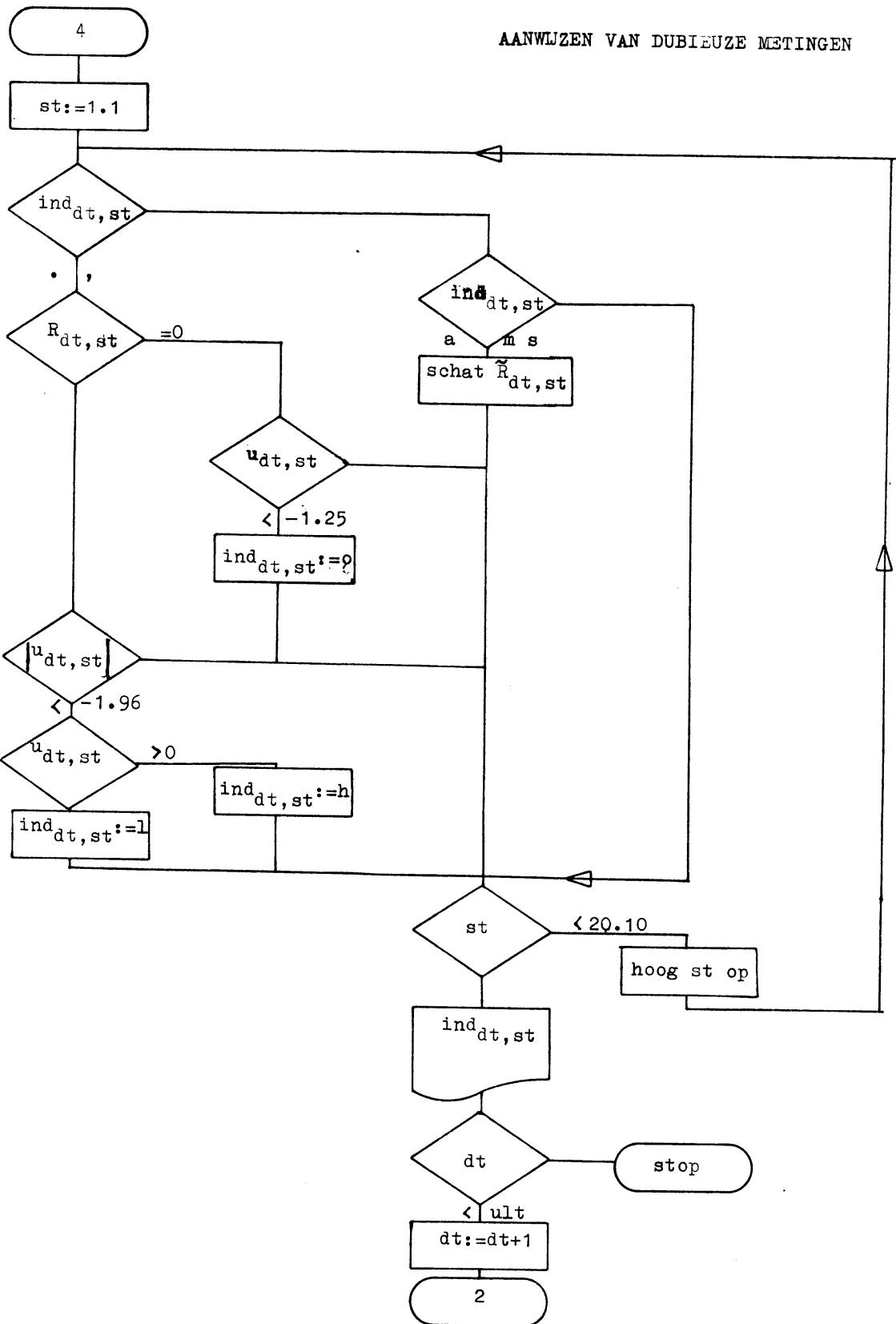


Figuur 3a

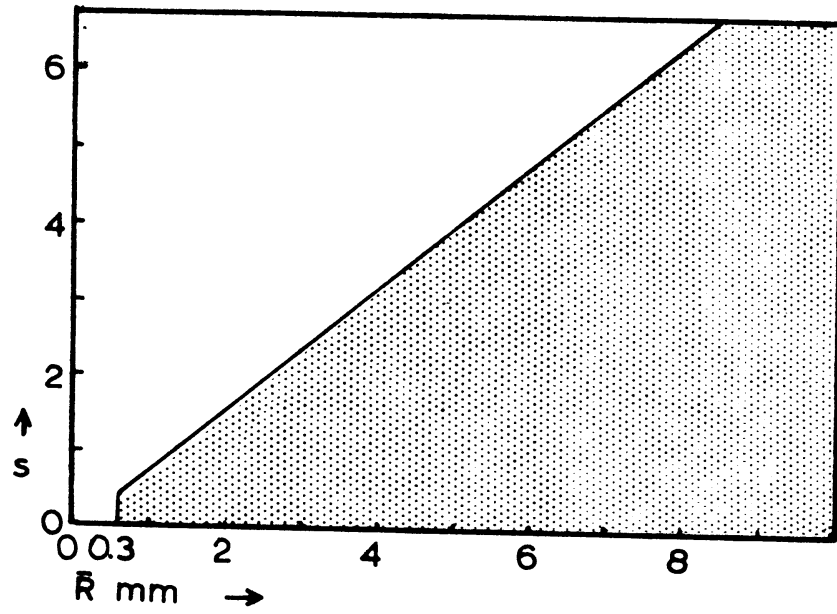




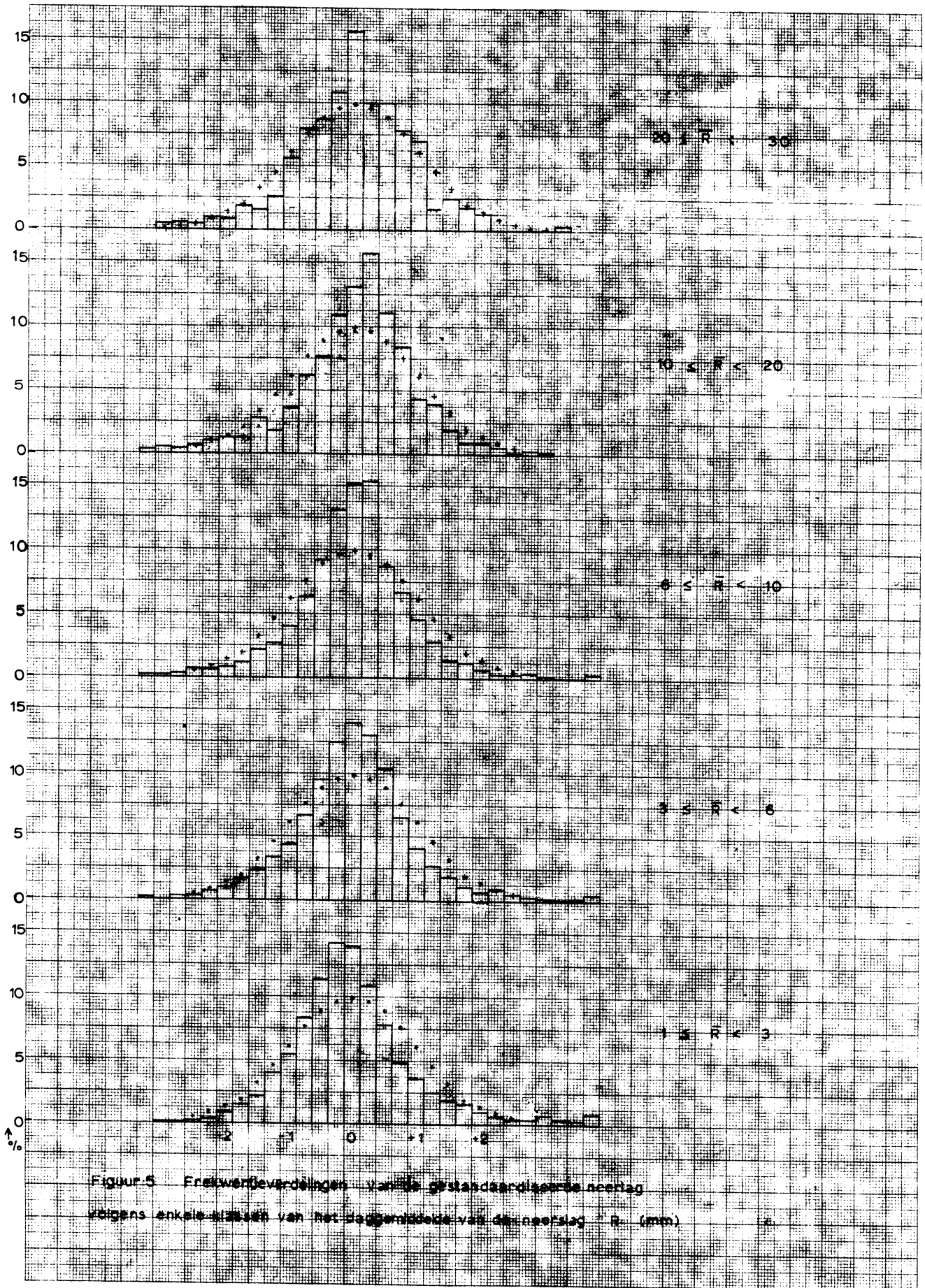
AANWIJZEN VAN DUBIEUZE METINGEN



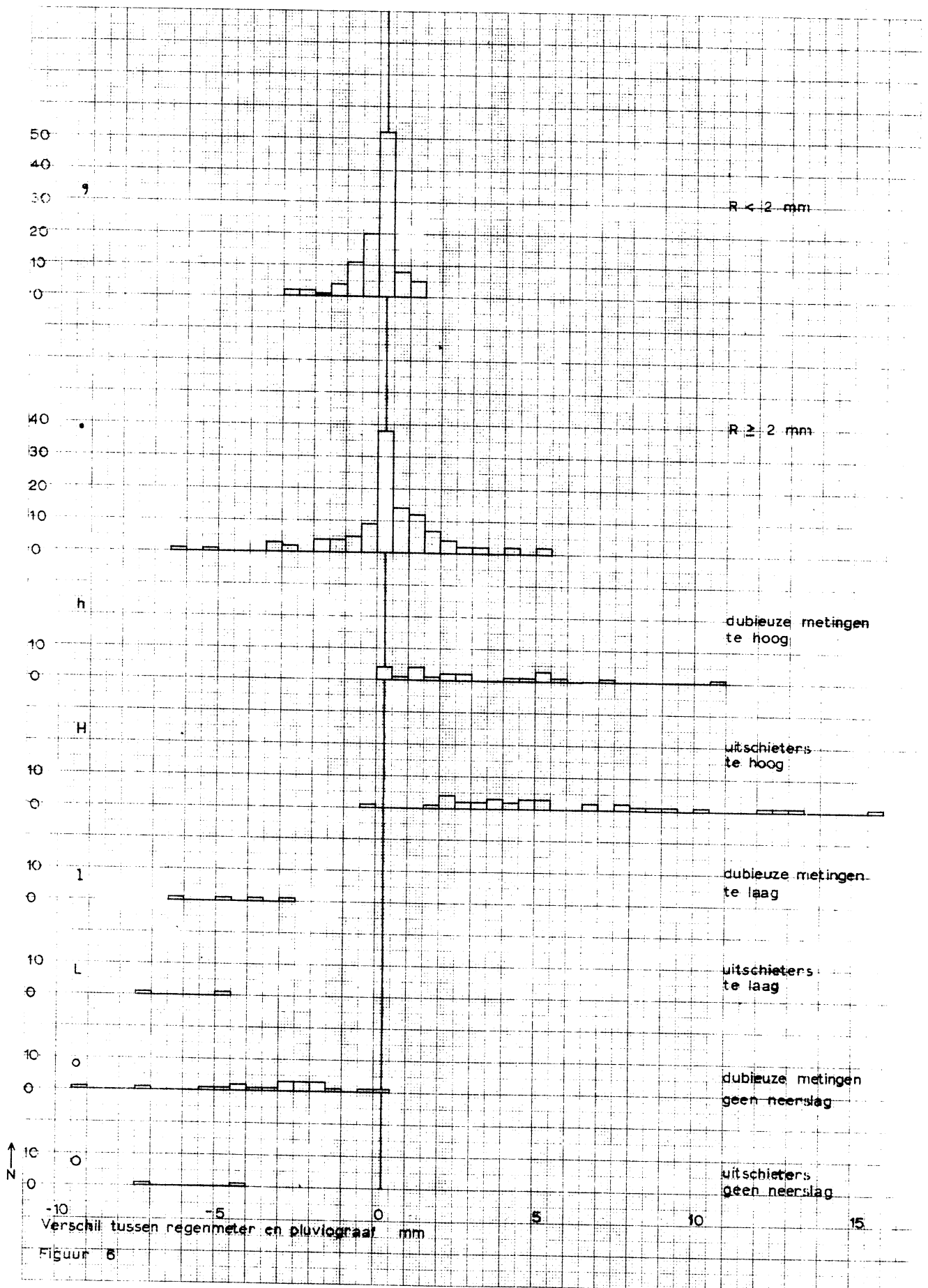
Figuur 3c

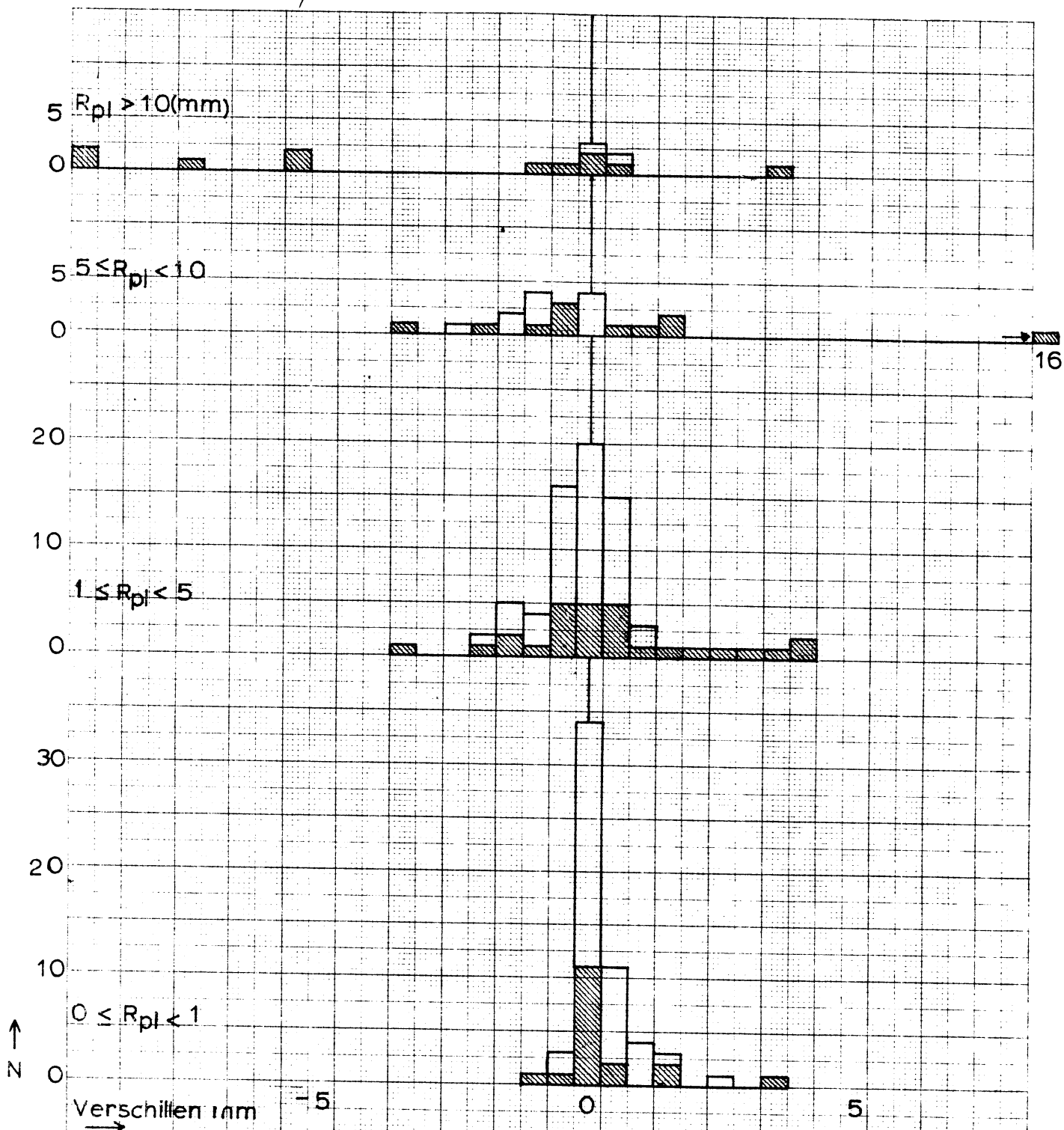


Figuur 4 Gebied (gearceerd), waarbinnen „geen neerslag” als dubieus wordt beschouwd



Figuur 5 Frekwentieverdelingen van de gestandaardiseerde neerslag volgens enkele klassen van het daggemiddelde van de neerslag  $R$  (mm)

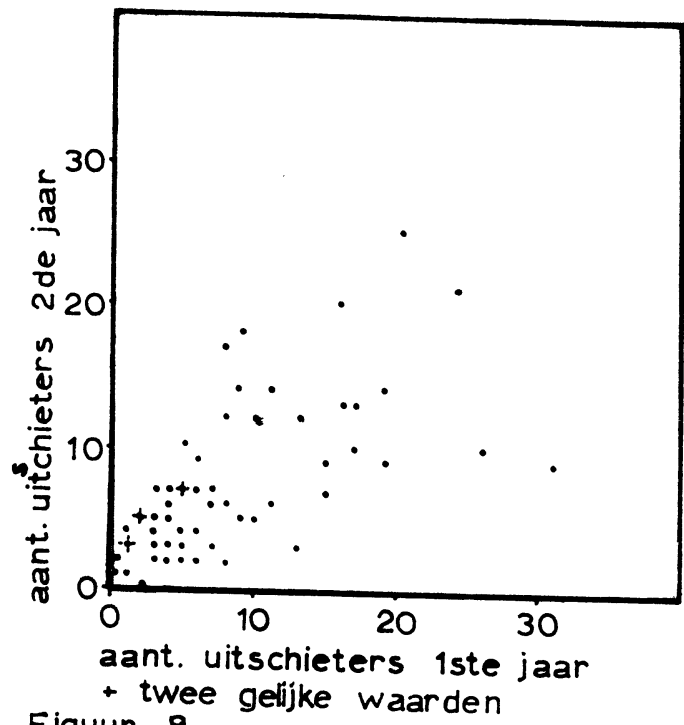




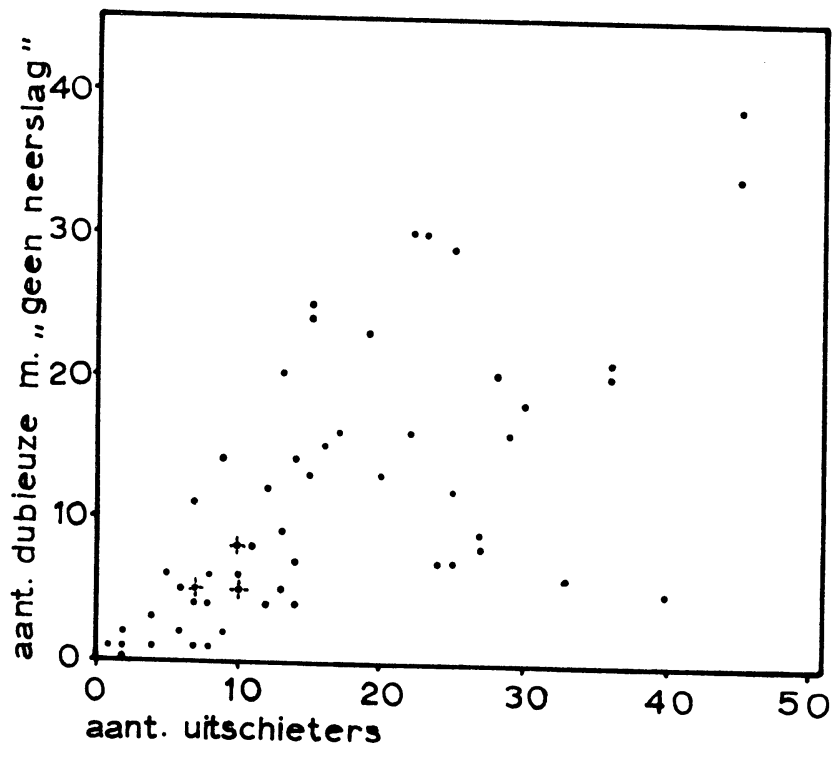
Figuur 7

Frekventieverdelingen van verschillen tussen  
 geschatte waarden en pluviograafmetingen  
 op dagen met dubieuze metingen of uitschieters.

- Jan. febr. 1971-1972
- ▨ jun. jul. aug. 1971-1972



Figuur 8



Figuur 9